

دانشگاه پیام نور

ایمنی ترافیک

دکتر شاهین شعبانی حامد سیفی

«امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.»^۱

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه‌ی فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه‌ی الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پربار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه‌ی مطالعه‌ی هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره‌ی دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه‌ی دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه‌ی بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

۱. پیام مقام معظم رهبری به مناسبت آغاز هفته کتاب ۷۲/۱۰/۴

سوره‌ای که بر آن فرستاده‌ی عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «اقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه‌ی انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره‌ی جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه‌ی مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه‌ی خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگاه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست مطالب

یازده

پیشگفتار

۱	فصل اول: مفاهیم ایمنی راه
۱	هدف کلی
۱	هدف‌های یادگیری
۱	مقدمه
۲	۱-۱ مفاهیم اساسی ایمنی
۲	۱-۱-۱ تعاریف
۳	۱-۱-۲ مدل‌های ایمنی و ریسک
۶	۱-۱-۳ تصادفات؛ اساس مبحث ایمنی ترافیک
۱۴	۱-۲ معضلات ناشی از فقدان ایمنی
۱۵	۱-۲-۱ تلفات جاده‌ای در مقایسه با سایر مشکلات بهداشت عمومی
۱۵	۱-۲-۲ اثرات اقتصادی و اجتماعی تصادفات
۱۷	۱-۳ روند ایمنی
۱۷	۱-۳-۱ نرخ‌های ایمنی در جهان
۲۱	۱-۳-۲ نرخ‌های ایمنی در ایران
۲۳	۱-۴ اولویت‌های سازمان بهداشت جهانی در ایمنی راه
۲۵	خلاصه فصل اول
۲۵	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول
۲۷	فصل دوم: مدیریت ایمنی راه
۲۷	هدف کلی
۲۷	هدف‌های یادگیری
۲۷	مقدمه
۲۸	۲-۱ سیستم مدیریت ایمنی راه

۲۸	۱-۱-۲ چارچوب سیستم مدیریت ایمنی راه
۳۰	۲-۱-۲ اصول اساسی سیستم مدیریت ایمنی راه
۳۴	۳-۱-۲ ابزار مدیریت ایمنی زیرساخت‌ها
۳۷	۲-۲ رویکرد سیستم ایمن
۳۸	۱-۲-۲ ایمنی و سیستم فعلی حمل‌ونقل
۳۹	۲-۲-۲ رویکرد اخلاقی و هدف بلندمدت
۴۰	۳-۲-۲ رویکرد متفاوت در رسیدگی به تصادفات
۴۲	۴-۲-۲ سیستم ایمن: تشخیص مسئولیت مشترک
۴۵	۵-۲-۲ توسعه یک رویکرد سیستم ایمن
۴۶	۶-۲-۲ اجزای سیستم ایمن
۵۱	خلاصه فصل دوم
۵۲	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل دوم
۵۳	فصل سوم: راه ایمن
۵۳	هدف کلی
۵۳	هدف‌های یادگیری
۵۳	مقدمه
۵۴	۱-۳ ویژگی‌های راه ایمن
۵۴	۱-۱-۳ طرح هندسی و مشخصات مناسب رویه راه
۵۴	۲-۱-۳ ارائه اطلاعات لازم و به‌موقع به کاربران راه (خود معرفی راه)
۵۴	۳-۱-۳ حاشیه و حریم ایمن (بخشندگی راه)
۵۵	۴-۱-۳ محدود نمودن حرکات پرخطر کاربران راه
۵۵	۵-۱-۳ تأمین نیازهای ایمنی انواع کاربران راه به‌ویژه کاربران آسیب‌پذیر
۵۵	۶-۱-۳ یکپارچگی و اعمال تدریجی تغییرات در اجزای راه
۵۵	۷-۱-۳ تطابق مشخصات راه با نوع و عملکرد راه
۵۶	۲-۳ ملاحظات فنی
۵۶	۱-۲-۳ فاصله دید
۶۶	۲-۲-۳ راستای افقی
۷۰	۳-۲-۳ راستای قائم
۸۱	۴-۲-۳ مقاطع عرضی
۸۳	۵-۲-۳ تقاطع‌ها
۹۲	۶-۲-۳ تبادل‌ها
۹۷	خلاصه فصل سوم
۹۷	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل سوم
۹۹	فصل چهارم: عامل انسانی
۹۹	هدف کلی

۹۹	هدف‌های یادگیری
۹۹	مقدمه
۱۰۰	۴-۱ اهداف و اصول دانش عوامل انسانی و ویژگی‌های انسانی و ماشینی
۱۰۱	۴-۱-۱ ویژگی‌های انسان
۱۰۲	۴-۱-۲ ویژگی‌های ماشین
۱۰۲	۴-۲ رفتار انسانی به صورت کلی و توانایی‌های حسی انسان‌ها
۱۰۵	۴-۳ فرمول‌های مفید مربوط به عوامل انسانی
۱۰۹	۴-۴ عامل انسانی و تصادفات جاده‌ای
۱۱۰	۴-۴-۱ پیشگیری از تصادفات
۱۱۰	۴-۴-۲ سهم انسان در تصادفات
۱۱۱	۴-۴-۳ عوامل انسانی اصلی در تصادفات
۱۲۵	خلاصه فصل چهارم
۱۲۵	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم
۱۲۷	فصل پنجم: ایمنی وسیله نقلیه
۱۲۷	هدف کلی
۱۲۷	هدف‌های یادگیری
۱۲۷	مقدمه
۱۲۸	۵-۱ لزوم استانداردهای ایمنی برای وسایل نقلیه
۱۳۰	۵-۲ فناوری وسایل نقلیه و کاهش تلفات جاده‌ای
۱۳۱	۵-۳ سیستم‌های ایمنی پیشرفته در وسایل نقلیه
۱۳۱	۵-۳-۱ کیسه هوا
۱۳۴	۵-۳-۲ کمربند ایمنی
۱۳۵	۵-۳-۳ سیستم یادآوری کمربند ایمنی
۱۳۷	۵-۳-۴ سیستم دید در شب
۱۳۸	۵-۳-۵ سیستم هشدار برخورد در جلو
۱۳۸	۵-۳-۶ سیستم هشدار خروج از خط
۱۳۹	۵-۳-۷ سیستم پایداری الکترونیکی
۱۴۰	۵-۳-۸ تطبیق هوشمند سرعت
۱۴۲	۵-۳-۹ سیستم کنترل سرعت انطباقی
۱۴۲	۵-۳-۱۰ سیستم ترمز ضد قفل
۱۴۳	۵-۳-۱۱ دستیار ترمز اضطراری
۱۴۴	۵-۳-۱۲ eCall
۱۴۵	۵-۳-۱۳ سیستم‌های قفل الکل
۱۴۶	۵-۳-۱۴ جعبه‌های سیاه/ثبت‌کننده‌های درون خودرویی اطلاعات
۱۴۷	خلاصه فصل پنجم
۱۴۷	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل پنجم

۱۴۹	فصل ششم: حاشیه ایمن راه
۱۴۹	هدف کلی
۱۴۹	هدف‌های یادگیری
۱۴۹	مقدمه
۱۵۰	۱-۶ اصطلاحات و تعاریف
۱۵۳	۲-۶ انواع خطرات حاشیه راه و عرض ناحیه عاری از مانع
۱۵۳	۱-۲-۶ اهمیت و خطرات حاشیه راه
۱۵۳	۲-۲-۶ علل خروج وسیله نقلیه از راه
۱۵۴	۳-۲-۶ ایمن‌سازی حاشیه راه
۱۵۵	۴-۲-۶ موانع خطرآفرین در حاشیه راه
۱۵۵	۵-۲-۶ شرایط حاشیه راه
۱۵۹	۳-۶ روش‌های ایمن‌سازی حاشیه راه
۱۶۳	۴-۶ انواع حفاظ‌ها
۱۶۳	۱-۴-۶ انواع حفاظت‌های ایمنی از دیدگاه محل نصب
۱۶۴	۱-۱-۴-۶ حفاظ‌های ایمنی میانی
۱۶۷	۲-۱-۴-۶ حفاظ‌های ایمنی میانی
۱۷۲	۳-۱-۴-۶ حفاظ پل
۱۷۶	۵-۶ طراحی حفاظ کناری
۱۷۶	۱-۵-۶ ایمن‌سازی دو سر حفاظ‌ها
۱۷۷	۲-۵-۶ شرایط محل نصب
۱۸۳	۳-۵-۶ بالای‌شدن حفاظ ایمنی کناری
۱۸۵	۴-۵-۶ محاسبه طول حفاظ موردنیاز
۱۹۰	۶-۶ معیارهای انتخاب حفاظ
۱۹۰	۱-۶-۶ قابلیت عملکرد
۱۹۷	۲-۶-۶ وضعیت محل نصب
۱۹۷	۳-۶-۶ سازگاری
۱۹۷	۴-۶-۶ هزینه نگهداری
۱۹۷	۵-۶-۶ سوابق عملکردی
۱۹۷	۷-۶ مثال طراحی حفاظ
۲۰۶	خلاصه فصل ششم
۲۰۶	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل ششم
۲۰۹	فصل هفتم: رابطه حجم و سرعت ترافیک با ایمنی
۲۰۹	هدف کلی
۲۰۹	هدف‌های یادگیری
۲۰۹	مقدمه
۲۱۰	۱-۷ حجم ترافیک (مواجهه) و ایمنی

۲۱۰	۱-۱-۷ رابطه بین حجم ترافیک و تصادفات
۲۱۲	۲-۱-۷ نرخ‌های تصادف برای انواع مختلف مواجهه
۲۱۲	۳-۱-۷ انواع نرخ تصادف
۲۱۵	۲-۷ سرعت و ایمنی
۲۱۶	۱-۲-۷ متغیرهایی که بر انتخاب سرعت تأثیر می‌گذارند
۲۱۹	۲-۲-۷ رابطه سرعت و تصادفات
۲۲۹	۳-۲-۷ آرام‌سازی ترافیک
۲۳۰	خلاصه فصل هفتم
۲۳۰	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هفتم
۲۳۳	فصل هشتم: مدیریت نقاط پر تصادف
۲۳۳	هدف کلی
۲۳۳	هدف‌های یادگیری
۲۳۳	مقدمه
۲۳۴	۱-۸ فرایند مدیریت نقاط پر تصادف
۲۳۴	۱-۱-۸ تعریف
۲۳۵	۲-۱-۸ روش‌های شناسایی نقاط پر تصادف
۲۳۶	۳-۱-۸ تشخیص علل تصادفات
۲۴۳	۴-۱-۸ اقدامات و راهکارهای پیشنهادی
۲۵۶	۵-۱-۸ اولویت‌بندی
۲۵۹	۶-۱-۸ اجرا
۲۶۰	۷-۱-۸ پیگیری و ارزیابی اقدامات اصلاحی اجراشده
۲۶۳	خلاصه فصل هشتم
۲۶۳	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هشتم
۲۶۵	فصل نهم: کاربرد ITS در مدیریت حوادث ترافیکی
۲۶۵	هدف کلی
۲۶۵	هدف‌های یادگیری
۲۶۵	مقدمه
۲۶۶	۱-۹ تعریف ITS و مدیریت حوادث ترافیکی
۲۶۶	۱-۱-۹ تعریف ITS
۲۶۷	۲-۱-۹ تعریف مدیریت حوادث
۲۶۷	۲-۹ اصول برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و طراحی ITS
۲۶۷	۱-۲-۹ روابط جریان ترافیک
۲۶۹	۲-۲-۹ موج شوک
۲۶۹	۳-۲-۹ طبقه‌بندی ازدحام
۲۷۰	۴-۲-۹ واگرایی برای ازدحام غیرمتناوب

۲۷۶	۵-۲-۹ ازدحام متناوب
۲۷۷	۳-۹ به کارگیری ITS در ارتقای ایمنی راه
۲۷۹	۱-۳-۹ تأثیر حوادث بر ظرفیت
۲۷۹	۲-۳-۹ تصادفات ثانویه
۲۸۰	۳-۳-۹ تصادفات در منطقه عملیات اجرایی
۲۸۰	۴-۹ مدل‌های تأثیر حوادث آزادراهی
۲۸۳	۱-۴-۹ فراوانی و شدت حوادث
۲۸۵	۲-۴-۹ جمع‌آوری اطلاعات برای توسعه مدل حادثه
۲۸۶	۵-۹ ارتباط محدودیت ظرفیت و ایمنی ترافیک
۲۸۷	۱-۵-۹ مدل کوهورت یا مدل دسته‌ای
۲۸۹	۲-۵-۹ زمان صرفه‌جویی‌شده برای هر حادثه
۲۹۲	۳-۵-۹ طبقه‌بندی حوادث
۲۹۲	۴-۵-۹ رویکردهای مدیریت حوادث
۲۹۳	۵-۵-۹ توزیع ترافیک برای شرایط حادثه
۲۹۶	۶-۵-۹ سطوح مختلف فاصله مکانی مسیر واگرایی ترافیک از محل حادثه
۳۰۵	۶-۹ اقدامات مقابله با حوادث ترافیکی
۳۰۷	۱-۶-۹ بهبود تشخیص حادثه و تأیید آن
۳۱۲	۲-۶-۹ بهبود پاسخ به حادثه، پاک‌سازی و بازیابی از طریق ITS
۳۱۵	۷-۹ سنجش اثربخشی اقدامات مقابله
۳۱۵	۱-۷-۹ درجه دستیابی به فناوری‌ها، عملکردها و نقش‌های مدیریت پیشنهادی
۳۱۵	۲-۷-۹ معیارهای عمومی
۳۱۷	۳-۷-۹ مدل برای ارزیابی اثربخشی مدیریت حادثه
۳۱۹	۴-۷-۹ منافع برای بهبود مدیریت حادثه با استفاده از ITS
۳۲۱	خلاصه فصل نهم
۳۲۱	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل نهم
۳۲۳	پاسخنامه
۳۲۵	منابع

پیشگفتار

ایمنی ترافیک یکی از شاخه‌های علم ایمنی و از زیرشاخه‌های مهندسی عمران است که به شناسایی مشکلاتی که منجر به وقوع حوادث ترافیکی یا همان تصادفات می‌شود پرداخته و اقدامات کاهشی یا محدودکننده برای مقابله با معضل تصادفات را ارائه می‌نماید. تصادفات و تبعات اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی ناشی از آن بدون شک یکی از چالش‌های جدی قرن ۲۱ در جوامع بشری محسوب می‌شود. این مسئله هر ساله جان میلیون‌ها نفر را در دنیا می‌گیرد، افراد زیادی را دچار جراحت و ناتوانی دائمی می‌کند و هزینه‌های سرسام‌آوری را بر جوامع تحمیل می‌کند. در ایران وضعیت ایمنی راه را از نظر آماری می‌توان به دو دوره تقسیم کرد. دوره بعد از جنگ تحمیلی تا سال ۱۳۸۶ که روند صعودی در تصادفات و شاخص‌ها مشاهده می‌شود و دوره بعد از سال ۱۳۸۶ که برخی رخدادها در کنار برنامه‌ریزی و انجام اقدامات مؤثر توسط متولیان امر منجر به روند نزولی در آمار گردید.

قطعاً تربیت نیروی علمی و متخصص برای انجام پژوهش و کار حرفه‌ای در حوزه ایمنی راه یکی از رسالت‌های مراکز و مؤسسات دانشگاهی است. در این راستا تألیف کتابی که بتواند مفاهیم، اصول علمی و تجربیات مفید را به دانشجویان و مخاطبین منتقل نماید از اقدامات مهم محسوب می‌شود.

این کتاب با موضوع ایمنی ترافیک که حاصل مطالعه، پژوهش و تجربیات اجرایی بیش از ۲۰ سال نگارندگان است برای استفاده دانشجویان (مقطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا)، محققین، کارشناسان و علاقه‌مندان و با بهره‌گیری از منابع

معتبر و منطبق با سرفصل‌های وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تألیف شده است. البته به دلیل گستردگی مطالب در حوزه ایمنی راه و ترافیک قطعاً مطالب این کتاب تنها بخشی از دانش ایمنی را جهت آشنایی دانشجویان و علاقه‌مندان ارائه می‌نماید و در صورت علاقه‌مندی و کسب جزئیات فنی، لازم است به سایر منابع معتبر به‌ویژه آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌ها مراجعه گردد.

به‌طور قطع هیچ نگارشی بدون ایراد نیست. لذا از خوانندگان این اثر تقاضا دارد نقطه نظرات خود را با دفتر تدوین دانشگاه پیام‌نور برای انجام ویرایش در نسخه‌های بعدی در میان بگذارند.

در انتها بر خود لازم می‌دانم از تمامی کسانی که در تألیف این اثر ما را یاری نمودند به‌ویژه آقای مهندس محمد کوهی تشکر و قدردانی نمایم. امید است این اثر مورد اقبال اساتید، محققین و دانشجویان قرار گیرد.

دکتر شاهین شعبانی

مردادماه ۱۳۹۹

فصل اول

مفاهیم ایمنی راه

هدف کلی

در این فصل مفاهیم علمی ایمنی و همچنین معضلات ناشی از فقدان ایمنی راه مورد بررسی قرار می گیرد.

هدف های یادگیری

- انتظار می رود که دانشجو پس از مطالعه این فصل بتواند:
۱. انواع مدل های رویداد حادثه را تعریف و توضیح دهد.
۲. مفهوم تصادف و چگونگی رخداد آن را تشریح نماید.
۳. معضلات ناشی از فقدان ایمنی راه را برشمرد.
۴. روند ایمنی راه در ایران و جهان طی مهروموم های گذشته را توضیح دهد.

مقدمه

ایمنی به معنی حالت و وضعیت حفاظت شده در برابر هرگونه آسیب و صدمه جانی ناشی از حوادث است. ایمنی درواقع یک پدیده علمی است و جزئی جدایی ناپذیر از تمامی شاخه های علوم از جمله مهندسی، پزشکی و علوم انسانی است. این مفهوم علمی، خود از نظامات علمی دیگر در قالب پژوهش و روش شناسی با هدف یافتن روش ها و راهکارهای پیشگیری از حوادث و خسارت های ناشی از آن تشکیل می شود.

از مهم‌ترین این نظامات می‌توان به مهندسی، روان‌شناسی، جامعه‌شناسی و مدیریت اشاره نمود. فقدان برقراری ایمنی منجر به وقوع پیامدهای نامطلوب‌شده و به انسان و جامعه خسارت‌های قابل‌توجه و بعضاً جبران‌ناپذیری وارد می‌کند.

در شاخه مهندسی مبحث ایمنی از گستردگی زیادی برخوردار است. در این کتاب به ایمنی در مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک و به‌طور ویژه به مقوله ایمنی راه پرداخته‌شده است. تصادفات پیامد اصلی ناشی از فقدان ایمنی در مهندسی راه بوده و همواره یکی از دغدغه‌های جدی در سطح جهان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه و کمتر توسعه‌یافته محسوب می‌شود. این مسئله هر ساله جان میلیون‌ها نفر را در دنیا می‌گیرد، افراد زیادی را دچار معلولیت می‌کند و هزینه‌های سرسام‌آوری را بر جوامع تحمیل می‌کند. این کتاب با موضوع ایمنی ترافیک ضمن پرداختن به مفاهیم اساسی ایمنی و همچنین عوامل اصلی مؤثر در وقوع تصادفات، روش‌های علمی تحلیل وضعیت ایمنی راه را نیز بیان نموده و در انتها به برخی راهکارها و اقدامات ایمن‌سازی و مقابله با حوادث ترافیکی نیز پرداخته است. اما در ابتدا در این فصل به‌منظور دستیابی به نگرشی واحد در مقوله ایمنی و تصادفات به تعریف واژه‌های کلیدی و بیان مفاهیم اساسی در ایمنی راه و همچنین بررسی روند ایمنی راه در کشور و جهان پرداخته‌شده است.

۱-۱ مفاهیم اساسی ایمنی

۱-۱-۱ تعاریف

ایمنی (Safety): حالت و وضعیت حفاظت‌شده در برابر هرگونه آسیب و صدمه جانی ناشی از حوادث

خطر (Hazard): شرایط، شرایط و موقعیت بالقوه و نامحسوس و یا عمل نایمنی که می‌تواند منجر به حادثه شود (مبنای بروز حادثه را خطر نامند).

حادثه (Accident): رویدادی ناخواسته و غیرمنتظره که منجر به آسیب و خسارت می‌شود. حوادث را به دو دسته کلی طبیعی (Natural) و انسان‌ساز (Man made) طبقه‌بندی می‌کنند.

حادثه طبیعی: حادثه با منشأ وقوع طبیعی و خارج از اراده انسان که معمولاً به‌سختی قابل پیش‌بینی و پیش‌گیری است. مانند زلزله، سیل، طوفان و....

حادثه انسان‌ساز: حادثه با منشأ وقوع انسانی که در اثر خطا یا اشتباه انسان به وقوع می‌پیوندد. این گونه حوادث معمولاً هم قابل پیش‌بینی و هم پیشگیری هستند. تصادفات از متداول‌ترین حوادث انسان‌ساز محسوب می‌شوند.

خسارت (Loss): آسیب ناشی از یک حادثه که ممکن است جانی، مالی و یا زیست‌محیطی باشد.

سانحه (Incident): رویدادی ناخواسته و غیرمنتظره که به وقوع حادثه نزدیک می‌شود ولی خسارت مستقیمی به بار نمی‌آورد (یا خسارت بسیار ناچیز و قابل صرف‌نظر کردن است).

ریسک (Risk): مجال وقوع یک حادثه با پیامد مشخص که برحسب احتمال و شدت وقوع اندازه‌گیری می‌شود.

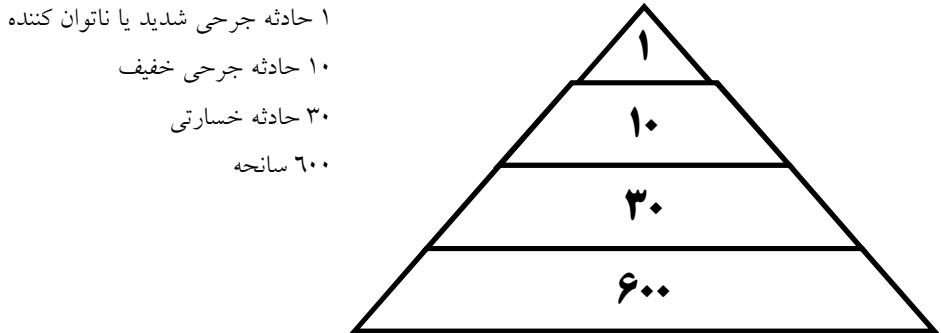
امنیت (Security): حالت و وضعیت حفاظت‌شده در برابر هرگونه آسیب و صدمه جانی ناشی از حوادث عمدی مانند ترور، تهدید و تخریب. برخی از افراد این واژه را به جای ایمنی به کار می‌برند که با توجه به تفاوت معنایی نباید این اشتباه را مرتکب شد.

۱-۲ مدل‌های ایمنی و ریسک

در ادبیات ایمنی و ریسک، مدل‌هایی توسط نظریه‌پردازان این شاخه به‌تدریج ارائه‌شده‌اند که مبنای تحلیل و قضاوت کارشناسان ایمنی هستند. در این بخش تعدادی از مهم‌ترین و متداول‌ترین مدل‌ها معرفی شده‌اند:

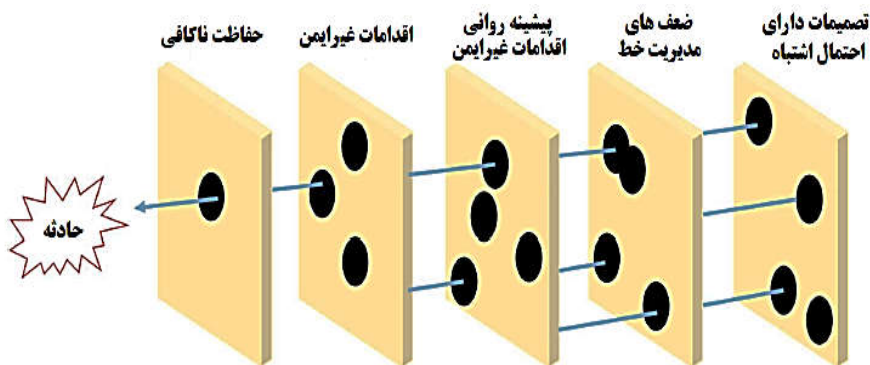
مدل هرم برد: مدل هرم حوادث برد^۱ برای نشان‌دادن رابطه بین انواع حوادث توسط فرانک برد در سال ۱۹۶۶ و از تحلیل حدود ۱/۷ میلیون پرونده تصادفات از ۳۰۰ شرکت بیمه‌ای به‌دست آمد. بر این اساس نشان داده شد که به ازای هر یک عدد حادثه با جراحت جدی (فوت یا نقص عضو)، ۱۰ حادثه جرحی، ۳۰ حادثه خسارتی و ۶۰۰ سانحه رخ می‌دهد (Davies et. al. 2003). شمای کلی مدل هرم حوادث برد در شکل (۱-۱) نشان داده‌شده است. پیام مهم این مدل این است که برای کاهش جراحت و صدمات ناشی از تصادفات باید نسبت به کنترل و کاهش وقوع سوانح اقدام نمود. نتایج

مطالعات برد در سال ۱۹۸۵ به عنوان تئوری انتشار یافت. این مدل به مدل هاینریش نیز معروف است زیرا اولین بار این کار توسط ویلیام هربرت هاینریش در سال ۱۹۳۱ انجام شد و برد آن را مجدداً انجام و نتایج آن را به صورت رسمی منتشر نمود (Anderson&Denkl, 2010).



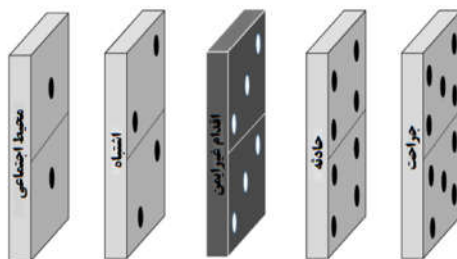
شکل ۱-۱. مدل هرم حوادث برد (Piarc, 2003)

مدل پنیر سویسی^۱: این مدل در سال ۱۹۹۰ توسط جیمز ریزن استاد دانشگاه منچستر ارائه شد (Reason, 1990). در این مدل سیستم های انسانی به اجزای مختلفی تقسیم و هر جز به صورت یک برش پنیر سویسی (دارای خلل و فرج) نشان داده شده است. برش های پنیر به صورت ردیفی پشت سر هم قرار داده می شوند. فرورفتگی های روی برش پنیر اگر سوراخ باشند نشان دهنده ضعف و نقص آشکار در غیراین صورت نمایشگر ضعف پنهان در سیستم هستند. بدین ترتیب اگر ضعف های آشکار در تمامی بخش ها وجود داشته و همراستا شوند خطر از میان سوراخ برش های پنیر عبور نموده و حادثه رخ خواهد داد. تعبیر دیگر در مدل این است که برش های مختلف پنیر نمایشگر موانع و لایه های دفاعی یا پیشگیری هستند که در صورت عملکرد صحیح و ایمن قادر به جلوگیری از وقوع حادثه هستند. مدل در شکل (۱-۲) نشان داده شده است.

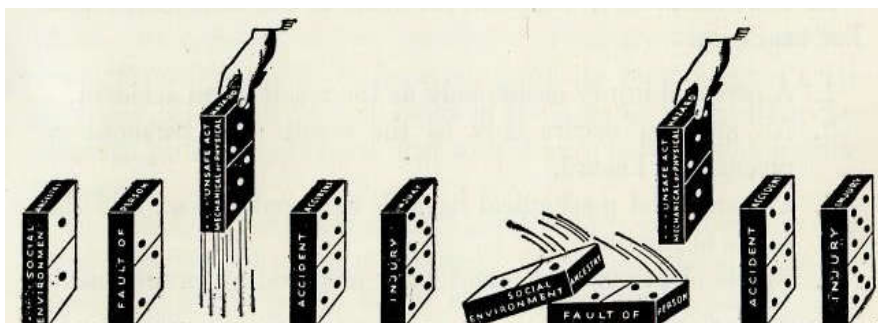


شکل ۱-۲. روند شکست سیستم‌های پیچیده (Reason, 2008)

مدل زنجیره حوادث یا دومینو^۱: این مدل در اوایل دهه ۳۰ میلادی توسط ویلیام هربرت هاینریش، محقق پیشگام در حوزه ایمنی شغلی و پس از بررسی و تحلیل حجم زیادی از داده‌های حوادث شغلی و در پی انتشار کتاب «پیشگیری از حوادث صنعتی» معرفی شد. در این مدل فرض شده که عوامل مختلفی که در بروز حادثه نقش دارند همچون زنجیره‌ای از مهره‌های دومینو پشت سر هم قرار دارند که با فروافتادن اولین مهره، تمامی مهره‌ها فرو می‌افتند (شکل ۱-۳). یعنی یک رویداد می‌تواند زنجیره‌ای از وقایع را به وجود آورد که نتیجه آن بروز حادثه است. وقایع در این مدل، ترتیبی هستند نه همزمان. یعنی یک رویداد باید رخ دهد تا رویدادهای بعدی اتفاق افتد. این فرضیه بیانگر این نکته است که اگر یکی از عوامل (یک مهره) حذف گردد زنجیره وقایع قطع شده و حادثه اتفاق نمی‌افتد (شکل ۱-۴).



شکل ۱-۳. پنج عامل در توالی منجر به تصادف (Heinrich, 1942)



شکل ۱-۴. قطع زنجیره وقایع با حذف یک عامل (Heinrich, 1931)

ماتریس هادون^۱: ماتریس هادون متداول‌ترین الگوی مداخلات پیشگیری و مقابله با صدمات ناشی از تصادفات است. ماتریس هادون که توسط مهندس و فیزیکدانی به نام ویلیام هادون در سال ۱۹۷۰ ارائه شد، دارای دو محور است. محور قائم، مربوط به اجزای مختلف سیستم ایمنی راه (انسان، وسیله‌نقلیه، راه/محیط) و محور افقی شامل سه مرحله وقوع هر تصادف (قبل، حین و بعد) است. سلول‌های ماتریس، مجموعه عوامل مؤثر در تصادف و یا به تعبیر دیگر مجموعه مداخلات پیشگیری و مقابله با تصادف است. محدودیت ماتریس هادون آن است که مشخص نمی‌کند چگونه اقدامات مختلف می‌توانند موجب پیشگیری و یا کاهش تبعات ناشی از تصادفات شوند. به کمک ماتریس هادون می‌توان راهبردها و اقدامات مناسب کاهش تصادف را شناسایی نمود.

۱-۱-۳ تصادفات؛ اساس مبحث ایمنی ترافیک

تصادف شاخص اصلی در مبحث ایمنی ترافیک است. به‌طوری‌که هرکجا صحبت از ضرورت ایمنی ترافیک می‌شود باید گزارشی از تحلیل فراوانی و شدت تصادفات و نوع برخورد برای یک دوره زمانی خاص، یک موقعیت مفروض و مجموعه‌ای از شرایط عملکردی و هندسی انجام شود. این بخش شامل بررسی کلی مفاهیم پایه‌ای مربوط به تصادفات است.

جدول ۱-۱. ماتریس هادون برای شناسایی عوامل و یا مداخلات ایمنی

مرحله	انسان	راه و محیط	وسيله نقلیه
	اطلاعات و آگاهی، نگرش ها، عوامل روان شناختی، اعمال قانون توسط پلیس	طراحی ایمن راه (هندسی)، تقاطع ها و تبادله ها، اینیه فنی، روسازی راه، علائم و تأسیسات ایمنی)، روش های کنترل شرایط محیطی (بارش، یخبندان، مه، طوفان شن، وزش باد، نور خیره کننده خورشید)، مدیریت سرعت، تسهیلات عابرین پیاده	تناسب عملکرد وسیله نقلیه با نوع و مشخصات راه، معاینه فنی (به ویژه سیستم چراغ ها و ترمز وسیله نقلیه)، فناوری های هوشمند خودکنترلی وسیله نقلیه مانند سرعت و فاصله
	تجربه و مهارت در رانندگی، عوامل روان شناختی، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی	طراحی ایمن حاشیه راه، شکننده کردن موانع حاشیه راه، حفاظ ها و تجهیزات ایمنی حاشیه راه	تجهیزات حفاظت از سرنشین (کیسه هوا، کمربند ایمنی)، سایر تجهیزات ایمنی مانند سپر، ارگونومی (طراحی داخلی و خارجی وسیله نقلیه)
	آموزش در زمینه کمک های اولیه، همراه داشتن دارو و لوازم کمک های اولیه	ایجاد پایگاه های امداد و نجات در راه، مدیریت ازدحام ناشی از حوادث	وجود تجهیزات و وسایل ایمنی همراه مانند کپسول آتش نشانی و مثلث یا مخروط ایمنی، دسترسی آسان به تجهیزات و وسایل ایمنی همراه،

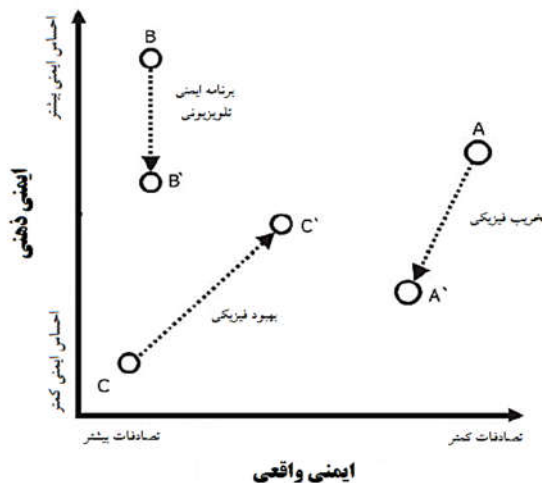
- **ایمنی واقعی و ذهنی:** ایمنی واقعی اشاره به وضعیت بالفعل دارد. حوادث نتیجه بالفعل شدن خطرات محیطی هستند. بنابراین ایمنی واقعی را با شاخص های کمی مانند فراوانی، شدت و یا نرخ حوادث بیان می کنند که مستقل از برداشت ها، قضاوت ها و ذهنیات مشاهده گران و کاربران است (AASHTO, 2010). در مقابل، ایمنی ذهنی تعریف می شود که مربوط به درک چگونگی احساس ایمنی یک فرد در سیستم حمل و نقل است (AASHTO, 2010). ارزیابی ایمنی ذهنی برای یک مکان مشابه بین مشاهده گر ها و کاربران سیستم متفاوت است. بنابراین مسافران، رانندگان یا کارشناسان ممکن است نظرات متفاوت اما معتبری در مورد ایمن یا نایمن بودن یک مکان داشته باشند. متولیان راه اطلاعات همه این گروه ها را برای تعیین سیاست ها و روش های کاهش فراوانی یا شدت تصادفات در راه جمع آوری و تحلیل می کنند.

شکل (۵-۱) تفاوت بین ایمنی واقعی و ذهنی را نشان می‌دهد. حرکت به راست بر محور افقی نمودار، افزایش در ایمنی واقعی (کاهش در تصادفات) را نشان می‌دهد. حرکت به بالا بر محور عمودی، افزایش در ایمنی ذهنی (یعنی افزایش درک ایمنی) را نشان می‌دهد. سه مثال زیر، تفاوت بین ایمنی واقعی و ذهنی را به صورت واضح تر نشان می‌دهد:

تغییر بین نقاط A تا A' ، بدتر شدن صریح و روشن در هر دو ایمنی ذهنی و واقعی را نشان می‌دهد. برای مثال، حذف روشنایی از یک تقاطع ممکن است تصادفات را افزایش دهد و درک رانندگان از ایمنی در شب را نیز کاهش دهد.

تغییر بین نقاط B تا B' ، کاهش درک ایمنی در یک شبکه حمل و نقل را نشان می‌دهد. برای مثال، پخش برنامه تلویزیونی در خصوص تبعات منفی رانندگی تهاجمی ممکن است باعث شود شهروندان ایمنی کمتری در این نوع از رانندگی احساس نمایند. حال اگر این برنامه در کاهش تصادفات ناشی از رانندگی تهاجمی مؤثر نباشد، ایمنی ذهنی را بدون تغییر در تعداد تصادفات، کاهش می‌دهد.

تغییر از نقطه C به C' ، مثالی از اصلاح هندسی و بهبود فیزیکی در راه (مانند اضافه کردن خطوط گردش به چپ) را نشان می‌دهد که نتیجه آن کاهش تصادفات و افزایش ایمنی ذهنی است.



شکل ۵-۱. تغییرات در ایمنی واقعی و ذهنی (AASHTO, 2010)

• **تعریف تصادف:** همان‌طور که قبلاً گفته شد تصادف^۱ یک حادثه انسان‌ساز است و در وقوع تصادف عوامل مختلفی دخیل هستند. تصادف را می‌توان برخورد وسیله‌نقلیه با یک یا چند وسیله‌نقلیه، انسان، حیوان یا شیء ثابت تعریف نمود. ولی این تعاریف از جامعیت کافی برای بیان تمامی ویژگی‌های تصادف برخوردار نیستند. تعریف باید علاوه بر جامع‌بودن مانع نیز باشد. یعنی قابل تفسیر نباشد. بهترین تعریف علمی از تصادف به شرح زیر است:

تصادف یک رویداد ترافیکی ناخواسته، غیرمنتظره، نسبتاً نادر و چندعاملی است که در اثر تسلیم‌شدن یک یا چند کاربر راه اتفاق افتاده و منجر به آسیب و خسارت می‌شود.

درواقع در تعریف فوق ۷ ویژگی مهم تصادف برشمرده شده است. ترافیکی‌بودن اشاره به رویدادهای مرتبط با آمدو شد دارد به‌طوری‌که یک‌طرف رویداد همیشه عابر یا وسیله‌نقلیه در حال حرکت قرار دارد. ناخواسته‌بودن تصادف را از حوادث عمدی و امنیتی تفکیک می‌کند. غیرمنتظره‌بودن یعنی علیرغم تلاش‌های علمی که برای پیش‌بینی زمان و مکان‌های مستعد وقوع تصادف انجام می‌شود ولی اطلاع دقیقی از محل و زمان وقوع یک تصادف مشخص قبل از وقوع آن در دست نیست. نادربودن اشاره به این دارد که تصادفات سهم کمی از کل رویدادهای اتفاق افتاده در سیستم حمل‌ونقل را شامل می‌شوند. چندعاملی‌بودن یعنی دخیل‌بودن عوامل مختلف در وقوع یک تصادف. این موضوع در مدل زنجیره وقایع نیز بیان شد. تسلیم‌شدن کاربر در لحظه وقوع تصادف به معنای عدم امکان انجام مانور فرار یا توقف ایمن است. لذا تسلیم‌شدن شرط قطعی وقوع تصادف است. نتیجه و پیامد نهایی تصادف حتماً شامل خسارت جانی، مالی یا هر دو است.

در هر صورت تصادف یک رویداد احتمالی قابل‌پیشگیری و پیش‌بینی است. شرایطی که در یک رویداد منجر به تصادف می‌شود، ممکن است در رویدادی مشابه منجر به تصادف نشود. در گذشته فوت و جراحت ناشی از تصادف را امری مرتبط با قضا و قدر می‌دانستند. این نگرش باعث توقف یا اهمال در اندیشیدن و تلاش در جهت شناسایی و رفع مشکلات منجر به وقوع تصادف می‌شد. امروزه این نگرش منسوخ‌شده و بجای آن بر قابل‌پیشگیری بودن تصادفات و پیامدهای ناشی از آن تأکید

می‌شود. به‌طوری‌که در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته در دو دهه گذشته چشم‌انداز صفر کشته تصادفات به‌عنوان هدف راهبردی در دستور کار قرار گرفته و به موفقیت‌های چشم‌گیری نیز در این راستا دست‌یافته‌اند.

• **فراوانی و شدت تصادف:** فراوانی تصادف به‌صورت تعداد تصادفات رخ داده در یک مکان و محدوده مشخص در یک دوره زمانی معین (سال)، تعریف می‌شود.

$$(1-1) \quad \text{فراوانی تصادف} = \frac{\text{تعداد تصادفات}}{\text{مهر و موم‌های دوره}}$$

همان‌گونه که تصادفات رویدادهایی تصادفی هستند، فراوانی تصادفات مشاهده‌شده در یک مکان مفروض طبیعتاً در طول زمان دائماً در حال تغییر است. بنابراین فراوانی تصادف مشاهده‌شده طی یک دوره کوتاه، شاخصی معتبر از متوسط فراوانی تصادف مورد انتظار تحت شرایط مشابه طی یک دوره زمانی طولانی نیست. اگر تمام شرایط در یک‌راه تحت کنترل باشد (برای مثال حجم ترافیک ثابت باشد، طرح هندسی تغییر نکند، و غیره)، متوسط فراوانی تصادف طولانی‌مدت می‌تواند اندازه‌گیری شود. باین‌حال چون دستیابی به این شرایط ثابت به‌ندرت اتفاق می‌افتد، متوسط فراوانی تصادفات طولانی‌مدت واقعی نامشخص است و باید آن را تخمین زد. تصادفات در سطوح جراحت یا خسارت، متفاوت هستند. استاندارد ملی آمریکا ANSI D16. 1-1996 جراحت را به‌صورت «آسیب بدنی یک شخص» تعریف می‌کند. سطح جراحت یا خسارت ناشی از یک تصادف، در این کتاب به‌صورت «شدت تصادف» یاد می‌شود. هرچند یک تصادف ممکن است سبب جراحاتی با شدت‌های مختلف شود، باین‌حال، عبارت شدت تصادف اشاره به شدیدترین جراحت ناشی از یک تصادف دارد.

شدت تصادف را به‌صورت کلی به سه دسته فوتی، جرحی و خسارتی تقسیم می‌کنند. تصادف فوتی حداقل دارای یک نفر فوت‌شده در صحنه تصادف و یا تا ۳۰ روز پس از وقوع تصادف است. تصادف جرحی فاقد هرگونه فوت‌شده ولی دارای حداقل یک نفر مجروح است. تصادف خسارتی فاقد هرگونه مجروح و فوت‌شده و فقط شامل خسارت مالی است.