مدیریت ایمنی در حمل و نقل شهری1

محمد صدیق باور

1391-1392

دانشگاه جامع علمی کاربردی شهرداری شیراز

بسم الله الرحمن الرحیم

۵-۱- مقدمه ای بر ایمنی راه
۵-۱-۱- هدف از طرح موضوع ایمنی، راه
۵-۱-۲- مدیریت ایمنی، راه
۵-۲- فرآیند تحلیل بهبودایمنی راه
۵-۲-۱- روش های شناسائی، جهت انتخاب اولویت مناطق سیاه
۵-۲-۲- اولویت بندی نقاط حادثه خیز
۵-۲-۳- تحلیل، تصادفات
۵-۲-۴- اولویت بندی طرح‌های ایمنی نقاط حادثه خیز بر اساس ارزیابی‌های اقتصادی
۵-۳- بازرسی ایمنی راه
۵-۳-۱- هدف از بازرسی،
۵-۳-۲- ترکیب اعضای تیم بازرسی، ایمنی،
۵-۳-۳- مراحل، مختلف بازرسی، ایمنی، راه در ایران
۵-۳-٤- بازرسی، ایمنی، راه برای انواع پروژه ها
۵-۳-۵- چک لیست ها
۵-۳-٦- فرآیند بازرسی، ایمنی، راه
۵-۳-۷- هدف اصلی، از نگارش، گزارش، بازرسی، ایمنی،
۵-۳-۸- ارزیابی، منافع حاصل، از بازرسی، راه
۵-۳-۹- برخی، از اقدامات ایمن، سازی راه
۵-٤- سیستم های حمل، و نقل، هوشمند،
۵-٤-۱- معماری
۵-٤-۲- ارزیابی،

۵-۱- مقدمه ای بر ایمنی راه[1]

۵-۱-۱- هدف از طرح موضوع ایمنی راه :

اولین مرگ ناشی از وسیله نقلیه موتوری در سال ۱۸۹٦ میلادی در لندن به وقوع پیوست. از آن تاریخ تاکنون ، تصادفات جاده جان ۳۰ میلیون نفر را گرفته است. در حال حاضر،سالانه بیش از ۱/۲۰۰/۰۰۰ نفر در سراسر دنیا در اثر تصادفات رانندگی جان خود را از دست می‌دهند و سهم کشور ما از این رقم چیزی در حدود ۳۰ هزار نفر می‌باشد.ازطرفی نباید به پدیده تصادفات به عنوان یک عامل طبیعی نگریسته شود و این تصور بوجود آید که نمی‌توان برای بهبود ایمنی کاری انجام داد و به عبارت دیگر همواره باید این جمله که تصادفات قابل پیشگیری هستند مدنظر قرار گرفته و طرحها و برنامه‌ها براساس آن پیاده شوند. از طرف دیگر تجربه کشورهای پیشرفته دنیا نشان داده که می‌توان با برنامه ریزی دقیق و مستمر ،تعداد و شدت تصادفات را به طور محسوسی کاهش داد.

بسیاری از کشورهای توسعه یافته اخیراً کشورهای در حال توسعه را در برنامه‌های ایمنی جاده ای از طریق کمکهای فنی و مطالعات مشاوره ای که اغلب توسط برنامه‌های ایمنی جاده ای از طریق برنامه کمکهای چند جانبه بین المللی تأمین بودجه می‌شوند، یاری می‌دهند. بعضی از مهمترین آنها طبق گزارش ارائه شده به هجدهمین کنفرانس جهانی P.I.A.R.C[2] بدین قرار می‌باشند :

- در انگلستان مؤسسه تحقیقات راه و ترابری (TRRL)[3] برنامه‌های خود را در مورد ایمنی راههای کشورهای در حال توسعه ادامه داده است. در این تجزیه و تحلیلی تصادفات با کامپیوتر ابداع شده و در مورد شش کشور مورد استفاده قرار گرفته است.
- در سوئد، یک برنامه تحقیقاتی توسط«سازمان توسعه بین المللی سوئد» در مورد مسایل ایمنی جاده ای در آفریقای جنوبی سرپرستی می شود.
- «شورای تحقیقات راه استرالیا» (ARRB)[4] در حال تلاش است که «پیشرفتهای اخیر در اقتصاد ریاضی» را برای تجزیه و تحلیل آمار تصادفات جاده ای به کار گیرد.

در سه سال گذشته دو سازمان بهداشت جهانی و بانک جهانی فعالیت‌های خود را در پیشگیری از تصادفات ترافیکی راه‌ها شدت بخشیده‌اند. این فعالیت منجر به تشکیل گروه پیشگیری از صدمات و خشونت‌های سازمان جهانی بهداشت در مارس سال ۲۰۰۰، تهیه و ادغام یک استراتژی ۵ ساله برای پیشگیری از صدمات حوادث ترافیکی راه‌ها در سازمان جهان بهداشت و حمایت بیشتر مالی و انسانی از فعالیت‌های پیشگیری از حوادث ترافیکی راه‌ها در سرتاسر جهان شد.

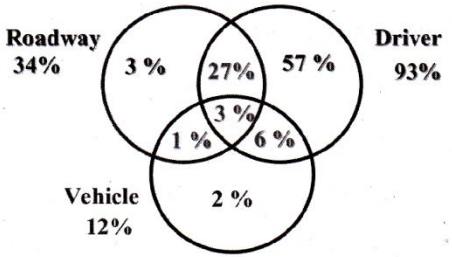
سازمان بهداشت جهانی و بانک جهانی، تخمین زده اند که در سال ۱۹۹۰، تصادفات جاده ای در بین بیش از صد عامل شناخته شده مرگ یا معلولیت در مقام نهم قرار دارد . پیش بینی شده است تا سال ۲۰۲۰، این عامل پس از نارسائی های قلبی وافسردگی های مزمن به مقام سوم مرگ و میر در جهان تبدیل شود. تحقیقات نشان داده است که علل تصادفات، حاصل تداخل پیچیده عوامل مربوط به وسیله نقلیه، جاده، محیط و عوامل انسانی است. بعضی کارشناسان تأکید می‌کنند که بیشتر برنامه‌های ایمن سازی که سعی در تغییر عملکرد و عادات انسانها دارند(مانند جلوگیری از رانندگی تحت نفوذ الکل و مواد مخدر، بستن کمربند ایمنی و بازدید فنی وسیله نقلیه) مشکل است که کاملاً به مرحله اجرا در آیند، اما بهبود ایمنی به شکل عملیات موردی مهندسی(مانند استفاده از ابزار کنترل سرعت و ترافیک، جداسازی ترافیک، طرح مهندسی تقاطعها و حذف نقاط تصادف خیز) ثابت شده است که عموماً مؤثرند.

هر تصادف[1] نتیجه یکسری اتفاقات[2] متوالی می باشد که بر اثر رویدادهای مشخصی اتفاق می افتد وهر اتفاق نیز به یکی از اجزاء سیستم ایمنی وابسته می باشد.بنابراین مطابق جدول شماره(۱) هر تصادف ،به دلیل از بین رفتن تعادل بین سه جزء سیستم ایمنی به وقوع می پیوندد.

اجزای سیستم ایمنی	اتفاقات	رویدادها
انسان	سرعت بالا	هنگام ورود به یک قوس
وسیله نقلیه	انتخاب وسیله	لاستیکهای ضعیف
راه و محیط اطراف	بارندگی	رطوبت و لغزنده بودن
نتیجه = تصادف		

جدول شماره (۱)- تفکیک اجزا و اتفاقات منجر به یک تصادف

براساس تحقیقات انجام شده و مطابق شکل شماره (۱)، نقش عامل انسانی در ترکیب با سایر اجزای ایمنی راه به میزان ۹۳٪ در بروز تصادفات تاثیرگذار می باشد .



شکل شماره (۱)-تفکیک عوامل ایجاد تصادفات

تجزیه و تحلیل تصادفات جاده ای در ایران به خوبی نشان می‌دهد که به طور کلی در تصادفات جاده ای ایران عامل انسانی در ۹۰ تا ۹۵درصد موارد به تنهایی یا مشترکاً با عوامل دیگری مسئولیت وقوع حادثه را به عهده داشته است. در سطح بین المللی نیز در سال ۱۹٦۸ حدود ۹۰/٦٪ از کل تصادفات ناشی از رانندگی نامناسب بوده است.

امروزه ،پذیرش ساده این موضوع که شخصی در یک حادثه رانندگی به راحتی کشته و یا معلول شود،با موانع جدی روبه رو است.رویکرد جوامع به صدمات ناشی از ترافیک تغییر یافته است به طوریکه واژه تصادف،(accident)،جای خود را به واژه برخورد،(crash) داده است.این نگرش براین مبنا استوار است که تصادف امری غیر قابل پیش بینی و اجتناب ناپذیر بوده و در حالیکه صدمات ناشی از تصادف،اتفاقاتی قابل پیشگیری ونیز قابل پیش بینی می باشند.

گزارش جهانی مشترک سازمان بهداشت جهانی و بانک جهانی در خصوص پیشگیری از صدمات ناشی از تصادفات جاده ای به طور جدی براین نکته تاکید دارند که برخوردهای ناشی از ترافیک قابل پیشگیری بوده و کشورها می بایست با اعمال این پیشگیری ها در برنامه ریزی های کلان خود اقدام نمایند.هم اکنون کاهش تلفات جاده ای به یک هدف استراتژیک در برنامهای بسیاری از کشورها تبدیل شده است.به طوریکه برای سال های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ کشورهای عربستان ۳۰ درصد،انگلستان ٤۰درصد،آمریکا۲۰درصد و فرانسه ۵۰درصد کاهش تلفات جاده ای را به عنوان هدف منظور داشته اند. در این راستا گزارش جهانی ٦ توصیه را به همه کشورها و خصوصا کشورهای در حال توسعه ارائه می نماید:

۱- تعیین یک نهاد هدایت کننده در دولت برای هدایت و هماهنگی اقدامات ملی در راستای ایمنی ترافیک،

۲- ارزیابی مشکلات ،سیاستها ،راهکارهای اساسی و ظرفیت های مرتبط با صدمات ناشی از تصادفات و پیشگیری از این صدمات،

۳- تدارک یک استراتژی ملی ایمنی راه و طراحی یک برنامه عملی در این راستا،

٤- تخصیص منابع انسانی و مالی در راستای مواجهه با مشکل،

۵- اجرای اقدامات خاص برای پیشگیری از وقوع تصادفات جاده ای و به حداقل رساندن اثرات و پیامدهای آن و ارزیابی تاثیر این اقدامات،

٦- حمایت از توسعه ظرفیت های ملی و همکاری های بین المللی.

۵-۱-۲- مدیریت ایمنی راه[1]

آسیب های ناشی از تصادفات جاده ای یکی از بدترین مشکلات سلامت است و تعداد تلفات جاده ای[2] در بیشتر کشورهای در حال توسعه، سریعا در حال رشد می باشد.

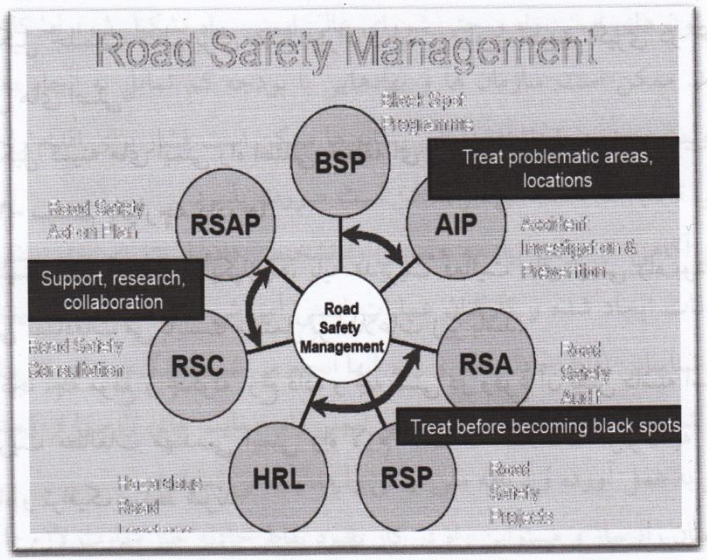
تشخیص گزینه های مختلف برای حل یک مشکل ایمنی بسیار مهم است. اکثر تصادفات را نمی توان فقط به یک علت نسبت داد اما آنها بیشتر نتیجه نهایی فعل و انفعال نادرست بین اجزای سیستم ایمنی راه هستند.تجربه نشان داده که اقدامات همزمان و هدف دار در مورد این اجزاء ، ممکن است راهبرد بسیار موثری باشد برای مثال ترکیب **مقررات جدید، فعالیت های ترویجی تبلیغی** و **نظارت پلیس** در افزایش استفاده از کمربند ایمنی یا کاهش رانندگی های خطر ساز، بسیار مفید بوده است. برنامه ایمنی راه(RSP)[3]به عنوان تنظیم کننده فعالیت های مورد نیاز کشورها برای رسیدن به یک هدف مشخص از پیش تعیین شده درکاهش تصادفات، تعریف می شود. این برنامه شامل دو جزء است:

۱- سازماندهی[4] اقدامات ایمنی راه

۲- اولویت های اجرائی اقدامات ایمنی راه[1]

بسیار مهم است که بدانیم برای مدیریت ایمنی راه،هیچ مدل جهانی وجود ندارد که بتوان آن را چشم بسته به کاربرد .به طور مثال در مدل ایمنی راه در کشور سوئد که به نام **منظره صفر کشور سوئد**[۲] معروف است،اهداف بلند مدت آن عبارت است از اینکه ،هیچ کس در سیستم حمل و نقل جاده ای کشته نمی شود و یا صدمه شدیدی نمی بیند. این اهداف بر پایه اصول کلی زیر تعریف می شوند:

یک سیستم ترافیک بایستی با نیازها، اشتباهات وآسیب پذیری[۳] استفاده کنندگان تطابق بیشتری پیدا کند. یک پارامتر اساسی در طراحی سیستم حمل و نقل جاده ای،همان سطح آسیبی است که انسان می تواند بدون آن که کشته شود یا به طور شدید مجروح شود تحمل نماید. همچنین سرعت خودرو به عنوان مهمترین عامل ایمنی تعریف می شودکه این عامل می بایست بر اساس استانداردهای فنی راه و وسایل نقلیه تعیین شده و نباید از سطح آسیب قابل تحمل توسط انسان نیز تجاوز نماید.در شکل شماره (۲) نمونه ای از ساختار مدیریت ایمنی راه و ارتباط بین اجزای آن بیان می شود.



شکل شماره (۲)- ساختار مدیریت ایمنی راه(در کشور سنگاپور)

۵-۱-۲-۱- سازماندهی اقدامات ایمنی راه

۵-۱-۲-۱-۱- ساختار سازمانی

به دلیل تعدد سازمان های تاثیر گذار در بهبود ایمنی راه ،نیاز به ایجاد ساختارهای نهادینه رسمی که بتواند هماهنگی لازم را ایجاد نمایند وجود داشته که از این نظر تشکیل شورای ملی ایمنی راه[۱] بسیار مفید می باشد.

شورای ملی ایمنی راه یک تشکیلات دایمی است که وظیفه اصلی آن ایجاد، تداوم و هماهنگی موثر تمام فعالیت های ایمنی راه می باشد. هیچ الگوی سازمانی ایده آلی برای این شورا وجود ندارد و بنابراین ضرورت دارد متناسب با خصوصیات ملی هر کشور تنظیم گردد. در عین حال بایستی خصوصیات زیر را نیز دارا باشد:

- ریاست شورا با یک فرد تراز اول سیاسی باشد
- عضویت مدیران ارشد سازمان های مرتبط با ایمنی راه در آن ،
- داشتن بودجه کافی و دبیرخانه دائم برای ارائه خدمات فنی و اداری،
- تشکیل جلسات منظم برای بحث پیرامون ایمنی راه و تصمیم گیری در خصوص خط مشی های اصلی
- تشکیل کمیته های ایمنی راه استانی، منطقه ای و محلی

۵-۱-۲-۱-۲- سیستم یکپارچه داده ها

وجود یک سیستم قابل اعتماد و یکپارچه، پایه مدیریت فعالیت های ایمنی راه بوده به طوریکه بانک اطلاعاتی تصادفات می بایست مشتمل بر اطلاعات زیر باشد:

تصادف در کجا ،چه موقع و چگونه رخ داده و چه کسی در وقوع آن نقش داشته است.

به منظورمدیریت مطالعات مهندسی ایمنی راه لازم است که اطلاعات مربوط به تصادفات به مشخصات راه و ترافیک مرتبط شوند.

۵-۱-۲-۱-۳- حمایت های سیاسی و اجتماعی

موفقیت برنامه ایمنی راه ارتباط زیادی به آگاهی جامعه نسبت به اهمیت مشکل و نیز به تعهد رهبران سیاسی برای بهبود وضعیت دارد.

بانک جهانی سه سطح مختلف برای آگاهی و توجه به ایمنی راه تعریف می کند :

سطح آگاهی ۱: در این کشورها آگاهی کمی نسبت به ایمنی وجود دارد. اطلاعات تصادفات ممکن است جمع آوری نشوند و سیستم های اطلاعاتی در این خصوص ابتدایی و قدیمی می باشند . درباره رفتار استفاده کنندگان در معرض خطر از راه اطلاعات کمی وجود دارد . تمایل عمومی دولت کم است هر چند تعدادی تلاش انفرادی(اغلب پزشکان) ممکن است وجود داشته باشد. مهندسان ترافیک کم هستند و در واقع هیچ کدام در خصوص ایمنی کار تخصصی انجام نمی دهند.

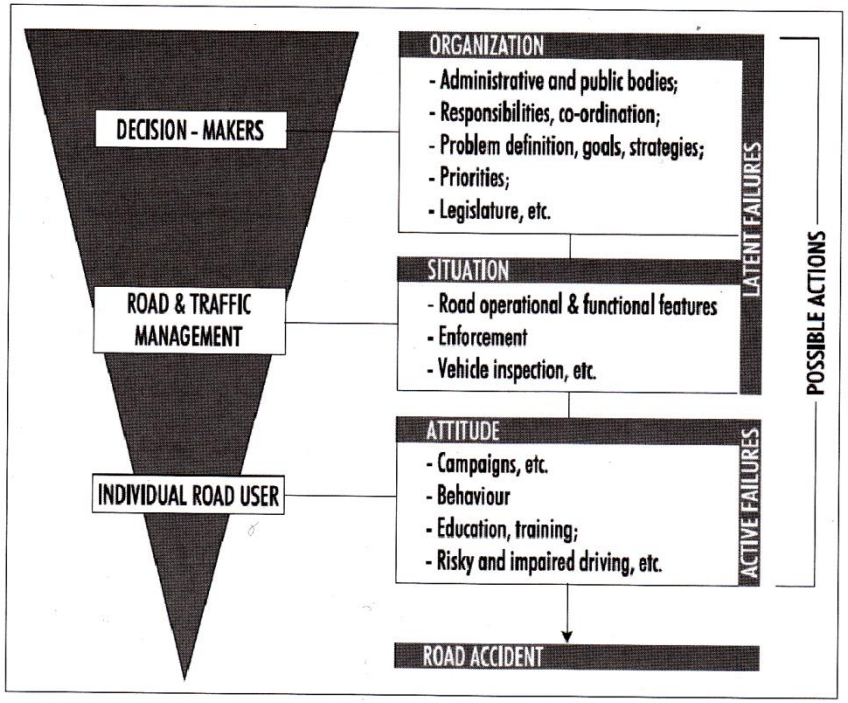
سطح آگاهی ۲: دولت این کشورها از مشکل ایمنی راه آگاهی دارد اما به آن اولویت کمی داده است. اطلاعات تصادفات پراکنده اما قابل دسترس هستند. هر از گاهی ممکن است کمیسیون های ایمنی راه و حتی شورای عالی ایمنی راه تشکیل شود اما کارآمدی لازم را ندارند. ممکن است سازمان ها و نهادهایی با بودجه کم تمایل به انجام بعضی کارها با مسوولیت محدود را داشته باشند . رسانه ها ممکن است فشار برای اقدام را شروع نمایند. بعضی تحقیقات دانشگاهی نیز ممکن است صورت پذیرد.

سطح آگاهی ۳: دولت نیاز به همیاری را تشخیص داده است . سیستم پیشرفته اطلاعات تصادفات ایجاد شده و کارکنان عملیات ایمنی آموزش های لازم را می بینند . تحلیل ها برای شناسایی نقاط حادثه خیز و رفع آنها انجام می شوند و گروه های کاربران در معرض خطر شناسائی می گردند. شورای عالی ایمنی راه حمایت های لازم را از کمیته های محلی ایمنی به عمل آورده و برنامه ملی ایمنی را هدایت می نماید.

مهندسان راه ساز و مسئولین راه در کار بهبود نقاط حادثه خیز مهارت لازم را دارند. تلاش ها برای بهبود آزمون های رانندگی و وسایل نقلیه انجام شده و آموزش های ترافیکی برای کودکان و بهبود قوانین توسعه می یابند. هسته ای از متخصصان حرفه ای ایمنی وجود دارد

نشخیص این مشکلات و توسعه راهبردها برای برخورد موثر با آنها جزیی از راهبرد مدیریت یمنی راه محسوب می گردد.

مطابق شکل شماره (۳) تصادفات جاده ای ممکن است از نارسایی پنهان تصمیم گیران و مدیران راه یا نارسایی آشکار استفاده کنندگان راه ناشی گردند.البته نارسایی در سطح تصمیم گیران اثرات بیشتری داشته زیرا آنها هم بر عملکرد ایمنی مدیران راه و هم بر کاربران راه تاثیر می گذارند.



شکل شماره (۳)- سطوح اقدامات ایمنی راه

۵-۱-۲-۱-٤- ابتکار عمل در تامین بودجه ایمنی راه

دولت ها باید پی به این واقعیت ببرند که می بایست مقدار کافی از بودجه خود رادر اجرای فعالیت های ایمنی راه سرمایه گذاری نماید. فقط دولتها می توانند مسئولیت توسعه راهبردی ایمنی راه را به طور کامل بپذیرند و هزینه های سازمان های مرتبط را تامین نمایند.

۵-۱-۲-۱-۵- توانایی فنی و فعالیت های تحقیقاتی

از آنجا که تصادفات جاده ای در نتیجه کافی نبودن تعامل بین اجزای مختلف سیستم ایمنی جاده اتفاق می افتند ، درتحقیق برای تحلیل این تعاملات تلاش می شود راه حل هایی ارایه گردد که با

رفتار انسانی	زیر ساختهای راه	تکنولوژی وسایل نقلیه	خط مشی حمل و نقلی و چارچوب قانونی[1]
سیستمهای نگهدارنده[2]	بهبودمناطق سیاه	ثبت کننده اطلاعات تصادف	تحلیل تصاد مستقل
الکل و سایر داروها	ایمنی در معابر برون شهری	ایمنی کامیون ها[3]	حمل و نقل کالاهای سنگین
سرعت رانندگی	ایمنی در تونل	ایمنی وسایل نقلیه خارج از رده[4]	قانون گذاری
آموزش[5] پایه ای راننده و تعلیم[6] پیشرفته به راننده	روش غیر صحیح رانندگی در بزرگراه ها		برنامه ریزی منطقه ای
ایمنی عابر پیاده	مدیریت ایمنی در نواحی شهری		تاثیرات انتخاب وسیله (تفکیک سفر)[7]
خستگی راننده	بازرسی ایمنی راه[8] (ممیزی ایمنی راه های موجود و آتی)		
رانندگان موتوری دو چرخ	کنترل نظارت بر ایمنی راه[9] (نظارت بر ساخت ایمن زیر ساختها در راههای موجود و کنترل آن حین ساخت)		
فاصله بینابینی(خودرو به دنبال هم)	ایمنی در نواحی در دست تعمیر[10] بزرگراه		
روشنائی مداوم در طول روز	خصوصیات مصالح روسازی راه		
آموزش ترافیک	توجه به کناره راه[11]		

جدول شماره (۲)- طبقه بندی اقدامات اولویت دار ایمنی راه

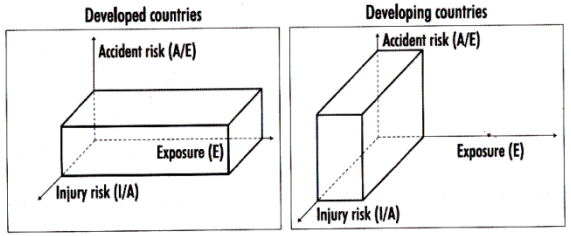
به منظورانتخاب اولویت ها،می بایست شناخت کاملی ازاقدامات مختلف ایمنی راه وجود داشته باشد. براین اساس، سه رویکرد مختلف تعریف می شود که عبارتند از : اصل 3E ، معادله کاهش صدمات ، ماتریس هادون .

- اصل 3E، شامل مثلث مهندسی ترافیک[1]،آموزش مقررات[2]واجرای آنها[3] بوده و همچنین E چهارمی که گاهی اوقات به سیستم اضافه می شود ،بیانگر یکی از موارد تشویق[4] ، خدمات اضطراری[5] و یا ارزیابی[6] می باشد.
- معادله کاهش صدمات

میزان صدمات راه،(I)، به عنوان تابعی از ظاهر شدن وسیله نقلیه درجریان ترافیک[7]، (E)، وقوع تصادف به ازای هر بار ظاهر شدن وسیله ،(A/E)و میزان صدمه به ازای وقوع هر تصادف،(I/A)، بیان می شود.به طوریکه خواهیم داشت:

$$I = E \times \frac{A}{E} \times \frac{I}{A}$$

با توجه بر شکل شماره (٤) مشخص می شود که در کشورهای توسعه یافته نسبت به کشورهای در حال توسعه، خطر وقوع تصادفات و نیز میزان صدمات وارده، کمتر بوده و این در حالیست که تعداد وسایل نقلیه بیشتری در معرض جریان ترافیک قرار می گیرند.



شکل شماره (٤)- مقایسه وقوع تصادفات و صدمه در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه

همچنین مشخص می گردد که به منظور کاهش میزان تلفات جاده ای ،ترکیبی از عوامل زیر موثر می باشد:

۱- **کمتر ظاهر شدن وسایل نقلیه در جریان ترافیک ،با انجام راهکارهای مدیریت تقاضای سفر[1] که به ترتیب اولویت عبارتند از :**

۱-۱- **توسعه وتشویق به استفاده از حمل و نقل عمومی و غیر موتوری شامل توسعه خطوط ویژه اتوبوس ،پیاده روی و دو چرخه سواری ،**

۱-۲- افزایش ضریب سرنشین از طریق اتومبیل اشتراکی ،ساعت کار متناوب ،دورکاری و پارک سوار،

۱-۳- ایجاد محدودیتهای حرکتی از طریق قیمت گذاری شبکه معابر و اخذ عوارض.

لازم به ذکر است که در کنار این اقدامات می بایست به طور همزمان مدیریت کاربری زمین نیز توجه گردد.

۲- کاهش وقوع تصادف به ازای هر وسیله نقلیه از طریق مدیریت سیستمهای حمل و نقل[2](TSM،برنامه ریزی لازم برای بهبود جریان ترافیک)و انجام اقداماتی که سبب بهبود تسهیلات حمل و نقلی می گردد(مدیریت عرضه سفر،TSM)[3] که این اقدامات عبارتند از:

انجام طرح های اصلاح هندسی استاندارد ،مدیریت سرعت و آرامسازی جریان ترافیک،مدیریت تصادفات از طریق پاکسازی سریع مناطق حادثه خیز ،رعایت سلسله مراتب عملکردی شبکه معابر جهت کنترل دسترسی ها،کانالیزه کردن جریان ترافیک از طریق خط کشی و یا موانع برجسته ،کنترل تقاطع های همسطح و غیر همسطح ،تجهیزات و علائم کنترل ترافیک و نیز سیستمهای کنترل دسترسی ورودی بزرگراهها[4] و تعمیر ، نگهداری و بازرسی راه .

۳- کاهش میزان صدمه به ازای هر تصادف،از طریق خدمات امداد رسانی[5] واقدامات پیشگیرانه راه[6]

- **ماتریس هادون[1]**

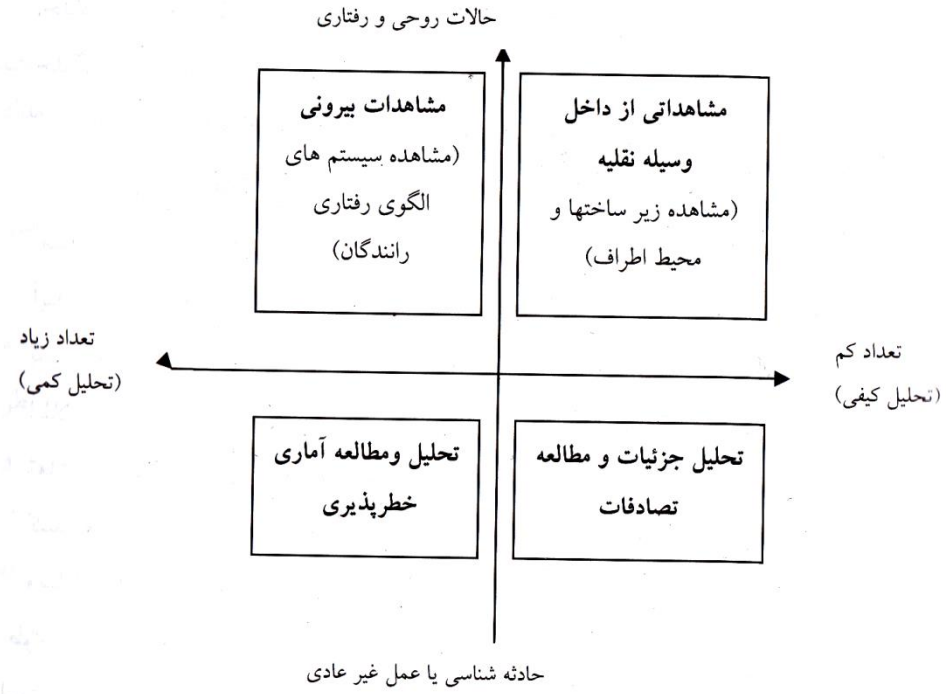
این ماتریس که توسط مهندس و فیزیکدانی به نام ویلیام هادون ارایه شد، دارای دو محور می باشد که محور قائم آن مربوط به اجزای مختلف سیستم ایمنی(انسان ، محیط، خودرو وعوامل اجتماعی– اقتصادی) و محور افقی آن شامل سه مرحله هر تصادف(قبل، حین و بعد از وقوع) می باشد. هرعضو ماتریس بیانگراقداماتی است که می تواند برای کاهش وقوع تصادفات یا شدت آنها اجرا شود.

اجزای سیستم ایمنی	قبل از تصادف	در هنگام تصادف	بعد از تصادف
انسان	خستگی ،بیماری ، کسالت و مصرف الکل	عکس العمل فیزیکی	در برابر ضربه مقاومت نماید
	کم توجهی،استرس و احساسات	ارزیابی ضعیف از مسافت و سرعت	کسب مهارت و تجربه
	سطح آموزش و فرهنگ	سرعت	....
	تجربه و مهارت	ترمز کردن	اقدام لازم حقوقی
وسیله نقلیه	شرایط فنی و عملکردی خودرو	نوع و رنگ و قدرت و کیسه هوا	مقاوم کردن وسایل نقلیه صدمه پذیر در برابر تغییر شکل
	ترمزها ،لاستیک و سیستم تعلیق و روشنائی	...	...
راه	طرح هندسی	**پوشش نواحی**	هشدار وقوع تصادف
	پروفیل طولی و عرضی	شانه ها و توقف اضطراری	
	مسیر افقی راه	شانه ها و نوار خطر	پاکسازی راه
	شرایط سطح راه	میانگاه	

جدول شماره (۳)- اجزای ماتریس هادون به منظور شناسائی اقدامات لازم جهت ایمنی راه

۵-۱-۳- عوامل ایمنی راه و مهندسی ایمنی[1]

تصادفات بعنوان پدیده های اتفاقی همراه با علل مختلف تعریف می شوند. این عوامل که باعث از بین رفتن تعادل بین اجزاء سیستم(انسان ،وسیله نقلیه و محیط) می گردند،دارای ماهیت قطعی[2] و تا حدی اتفاقی[3] می باشند. تحلیل تصادف ،فقط جهت درک ارتباط بین اجزای سیستم کافی نبوده بلکه لازم است که تحلیل شرایطی نیز انجام شود که در آن، سیستم خوب کار می کندو همچنین می بایست مطابق شکل شماره(۵) تحلیل های کمی[4](برای تعداد زیاد داده ها و مبتنی بر آمار) از تحلیل های کیفی[5] (برای تعداد کم اطلاعات و مبتنی بر مشاهدات) متمایز شوند.



شکل شماره (۵)- مقایسه روشهای تحلیل جزئیات ، کمی یا آماری و کیفی یا مشاهداتی

در ادامه هر یک از سه بخش تحلیل جزئیات،تحلیل آماری و مشاهده عینی تشریح می گردد.

- **در ارتباط با تحلیل جزئیات تصادفات اتفاق افتاده در محل .**

این تصادفات می توانند تا حدی اطلاعاتی از تصادفات آینده که ما انتظار رویارویی با آنها را داریم ایجاد نمایند.

سوال این است که تا چه اندازه پدیده های گذشته – تصادفاتی که ما می توانیم مطالعه کنیم- بدرستی پدیده های آینده ، تصادفاتی که ما به دنبال جلوگیری از آنها هستیم را بیان می کنند .حداقل این تصادفات می توانند به ما اطلاعات کافی از تصادفاتی را بدهند که ما به دنبال جلوگیری از آنها هستیم .

- **در ارتباط با تحلیل آماری تعدادی از تصادفات وابسته به کاربران (وسایل نقلیه و پیاده ها)**

مشابه حالت قبل ،اطلاعات تصادفات گذشته تنها می تواند به ما اطلاعاتی جزئی از تصادفات آینده را بدهد و تعداد تصادفات کمتر ،حداقل اطلاعات را ایجاد می کنند. ثانیا" هنوز توجه بسیار ویژه ای در اینجا نیاز است . تعداد زیاد تصادفات و تلفات جانی،فقط می توانند اطلاعات اندکی از ایمنی یک مکان[1] را ایجاد نمایندو تنها ،شاخص های خطرپذیری[2] (مانند تعداد تصادف بر میزان جریان ترافیک) قادرند که مناطق خطرناک[3] (سیاه)را شناسائی کنند.تعداد زیاد تصادفات فقط بیانگر خطر پذیری بالای ناشی از جریان ترافیک سنگین وسایل یا عابرین پیاده می باشد.

به طور مثال،در مقایسه با یک کیلومتر از یک راه فرعی ،تعداد بیشتری از تصادفات در طول یک کیلومتر از آزاد راهها اتفاق می افتد و این در حالیست که ایمنی درآزاد راهها نسبت به آن راه فرعی حداقل چهار تا پنج برابر بیشتر می باشد، زیرا که وجود جریان ترافیک سنگین تر در آزاد

راه دلیلی برای این حقیقت بوده و به عبارتی تعداد تصادف به ازای هر کیلومترسفر (تعداد تصادف بر میزان جریان ترافیک) در آزاد راه حداقل چهار تا پنج برابر کمتر می باشد.

هدف اصلی از مطالعات آماری تصادفات بر روی یک راه موجود اساسا می بایست کمیت خطرپذیری را تعیین نموده، خطر پذیری های ویژه را شناسائی نماید و گروه بندی های تصادف را که براساس جریان ترافیک سنگین مشخص می شوند، بررسی نماید. بنابراین شناخت میزان جریان ترافیک(وسیله یا عابر) و اختصاص یک شاخص خطر پذیری الزامی می باشند.

به طور مثال در راههای برون شهری،تعیین نرخ تصادفات[1] به صورت تعداد تصادف ثبت شده به ازای هر ۱۰۰ میلیون وسیله -کیلومتر بیانگر یک نشان خطر پذیری خوب می باشد.

لازم به ذکر است که در این روش اگر تعداد کمی از تصادفات مطالعه شوند،آنگاه هدف این تحلیل بطور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد و بنابراین کاربرد آن مطابق شکل برای تعداد تصادفات زیاد می باشد.

- **در ارتباط با مشاهده زیر ساخت ها ،محیط اطراف و نحوه استفاده (رفتار کاربران)**

اگرچه این حقیقت که اطلاعات تصادفات گذشته، تنها اطلاعاتی جزئی از خطرات آینده را به ما می دهند نباید باعث شود که ما فقط براساس درک مستقیم ذهنی ، یک ارزیابی از خطر داشته باشیم،لذا می بایست از اطلاعات عینی (قابل مشاهده) ناشی ازانجام مطالعات و تحقیقات کلی(و نه از اطلاعات محلی) نیز استفاده نمود.

بنابراین به طور خلاصه هر تحلیلی از ایمنی راه بر اساس دو منبع از اطلاعات، پایه ریزی شده که عبارتند از :مشاهدات و آمارتصادفات و همچنین می تواند تحلیلهای کمی وکیفی مربوط به مقدار اطلاعات قابل دسترسی را ترکیب نماید.

مطابق جدول شماره (٤) روند انجام تحلیل مرحله ای تصادفات[2] به منظور انجام تحلیل کیفی (مبتنی بر مشاهدات) مشخص می گردد.

	روند انجام تحلیل مرحله ای تصادفات
تحلیل خط مشی تصادف[1]	۱-بازرسی کل فرآیند، توجه ویژه دادن برای اعلام کردن به بخشهای درگیر و شاهدان، نمونه برداری از اتفاق با تعدادی عکس
	۲-مشخص کردن اتفاقاتی که در بروز حادثه تصادف نقش داشته اند.
	۳-توصیف اتفاقاتی که در کل خط مشی تصادف اتفاق افتاده و آنها را در فازهای مختلف قرار می دهند.
	٤-هدف برای تمرکز کردن در مرحله بر روی احیا کردن آنچه که در سیستم راه،انسان و وسیله کارشده است و یا در حال کار می باشد
	٥-تهیه یک برگ تحلیلی برای ثبت تحلیل خط مشی تصادف
تحقیق و بازجوئی از عوامل حادثه دیده[2] (بررسی و بازدید میدانی)	٦- تحقیق بر روی عوامل حادثه دیده و شدت آنها و در نتیجه تکمیل برگه های تحلیل . یک عامل حادثه دیده حالتی از ترکیب سیستم انسان،وسیله نقلیه و راه می باشد که برای وقوع تصادف شرط لازم است ولی کافی نمی باشد.به طوریکه اگر این عامل وجود نداشت ،آنگاه تصادف اتفاق نمی افتاد.
جائیکه مشاهدات درمحل و انجام تغییرات مجدد را ممکن می سازد	۷- جائیکه مشاهدات ثبت شده درمحل را به محل دیگر اختصاص می دهد و انجام هر نوع تغییرات لازم از تحلیل های قبلی را ممکن می سازد.

جدول شماره (٤)- روند ۷ مرحله متوالی تحلیل تصادفات

۵-۱-۳-۱-تعریف شاخص های خطر پذیری جهت اولویت بندی نقاط خطرناک در هر منطقه :

سه شاخص خطرپذیری جهت اولویت بندی نقاط خطرناک در هر منطقه عبارتند از :

۱- شاخص نوع تصادف[1] یا شدت تصادفات، این شاخص می تواند یک نوع تصادف شدید غیر عادی را در مقایسه با یک شاخص مبنا مشخص کند.

با توجه به ضریب همسنگ هر نوع از تصادفات ،شاخص میزان خسارت معادل شده در هر مکان، محاسبه می شود:

- ضریب همسنگ معادل یک در تصادفات خسارتی(PDO[2])
- ضریب همسنگ معادل ۳/۵ در تصادفات جرحی محدود
- ضریب همسنگ معادل ۹/۵ در تصادفات جرحی شدید و یا فوتی

لازم به ذکر است که تصادف جرحی شدید،شامل تصادفی است که سبب مجروح شدن حداقل یک نفر در محل حادثه شود، به طوری که نیاز به بستری شدن در بیمارستان داشته باشد، ولی کسی فوت نکرده باشد و تصادف جرحی سبک نیز به تصادفی اطلاق می شود که در اثر آن حداقل یک نفر زخمی‌شود و همه مجروحین به صورت سرپایی معالجه شوند.

۲- شاخص تراکم تصادف[3] یا تکرار تصادفات، این شاخص می تواند یک قسمت یابخشی از راه[4] (شامل قطعات تقسیم شده،link و تقاطع های احتمالی بین آنها،node) را که تعداد تکرار تصادف در آن به صورت غیر عادی نسبت به یک تراکم مبنا بیشتر است را مشخص نماید.

به طور مثال یک قطعه از راه با تراکم ۳ تصادف بر کیلومتر در سال در مقایسه با حالت تراکم مبنای ۱ تصادف بر کیلومتر می تواند به عنوان یک قطعه خطرناک غیر عادی

تعریف شود . این شاخص برای استفاده در روش"منطقه سیاه"[1] نیز کاربرد دارد که بیانگر تراکم تصادفات غیر عادی از طریق ترکیب با فاکتور شدت می باشد .

در فرانسه ،شرط آنکه یک ناحیه به عنوان یک منطقه سیاه تعریف شود آن است که بیشتر از ۱۰ تصادف خطرناک طی۵ سال در کل مسیری با حداکثر طول مسافت ۸۵۰ متر اتفاق افتد.

۳- شاخص نرخ تصادف[2] یا تاثیر حجم ترافیک ،این شاخص می تواند یک راه یا بخشی از راه[3] که تعداد تکرار تصادف در آن به صورت غیر عادی نسبت به ترافیک عبوری بیشتر است را مشخص نماید. نرخ تصادف نتیجه یک مقدار تراکمی است که با سطح سرویس ترافیک ارتباط داشته و بیانگر خطر در معرض جریان ترافیک قرار گرفتن وسیله نقلیه[4] می باشد. بنابراین خواهیم داشت:

$$Acc.r = \frac{N \times 10^8}{365 \times AADT \times L}$$

که در این رابطه ،N،تعداد تصادفات و،L،طول قطعه راه وAADT،ترافیک متوسط روزانه در طول یکسال می باشد. به عبارتی ،در راههای برون شهری، نرخ تصادفات به صورت تعداد تصادف ثبت شده به ازای هر ۱۰۰ میلیون وسیله -کیلومتر تعریف می شود.

۵-۲- فرآیند تحلیل بهبودایمنی راه :

به طور کلی مطابق جدول شماره (۵)مهمترین وظایف لازم جهت افزایش و بهبود ایمنی راه شامل چهار قسمت می باشند که به ترتیب عبارتند از :

- اطلاع و آگاهی ازعوامل اصلی ایجاد تصادفات،با توجه به مشاهدات عینی و ذهنی از سیستم های کنترلی، نظارتی و نیز اطلاعات آماری تصادفات[1] ،
- تحلیل ایمنی راه ، با توجه به شناسائی نقاط حادثه خیز از طریق آمار و نیز بازرسی میدانی و سپس رتبه بندی این نقاط،آنگاه انواع مشکلات ایمنی موجود در آنها تحلیل و مشخص می شود.

همانطور که قبلا اشاره شد بر اساس دو نوع اطلاعات آماری(کمی)و مشاهداتی(کیفی) ، روش مبتنی بر خصوصیات فیزیکی و شرایط بهره‌برداری از راه ،(روش کیفی) لازمه انجام بازرسی ایمنی راه[2] بوده و به عنوان یک اقدام پیشگیری[3] می باشد.

این درحالیست که روش مبتنی بر اطلاعات آماری تصادفات(روش کمی) را مدیریت نقاط پر تصادف (منطقه سیاه) [4] می نامند که به عنوان یک اقدام واکنشی[5] می باشد.

- برنامه ریزی جهت انجام اقدامات بهسازی راه،
- ارزیابی ایمنی راه (مدیریت ریسک[6]) که از طریق ارزیابی پیش بینی شده[7] و ارزیابی واقعی[8] انجام می شود .به عبارت دیگر این مرحله که بر اساس مطالعه قبل و بعد از انجام انجام اقدامات بهسازی صورت می گیرد ،شامل ارزیابی از طریق روش های مشاهداتی – رفتاری ، ارزیابی مبتنی بر آمار تصادفات و همچنین ارزیابی اقتصادی می باشد.

وظایف	معیارهای مناسب	فاکتورهای لازم برای موثر بودن اقدامات
اطلاع یافتن از عوامل اصلی ایجاد تصادفات و جمع آوری آمار	سیستم جمع آوری اطلاعات از ترافیک و تصادفات	سطوح ترافیک به ازای هر نوع کاربر و مطابق با مدت زمان و هدف سفر تصادفات : تعیین محل،چگونگی و تلفات
	مشاهده سیستم های الگوی رفتاری رانندگان	اندازه گیری سرعت - نظارت تصویری آمار پلیس از قانون شکنی
	سیستم نظارت بر مشخصات راه و کاربران	اندازه گیری زبری ، همواری و مقاومت دربرابر لغزندگی - جمع آوری اطلاعات کاربران و ساکنین محل - فرآیندهای شهری
تحلیل ایمنی (شناسائی نقاط مستعد حادثه ، رتبه بندی آنها و تشخیص مشکلات ایمنی)	تحلیل کمی (رویکرد واکنشی)	برداشت آمارها : شاخص ها و نرخ های تصادف - مقایسه با مقادیر مبنا - شناسائی مناطق سیاه از طریق آمار
	تحلیل کیفی (رویکرد پیشگیری)	- مطالعه جزئیات تصادفات - تحلیل مرحله ای تصادفات - بازرسی ایمنی
مطالعه اقدامات لازم جهت تکمیل و بهسازی راه	برنامه ریزی	مطالعه براساس انواع شبکه جاده ای(نوع شناختی) تعریفی از مشخصات اصلی یکنواخت برای هریک از انواع راه و منطبق باطرح های برنامه ریزی شهری
	اقدامات مفید و اصلاحی	در ابتدا اصلاح همه عناصری که در اختیار مدیر راه می باشد ،مانند: طرح اصلاحات هندسی - بررسی جریان ترفیک وحرکات تداخلی - تابلوهای راهنمائی و هدایت مسیر - تسهیلات ایمنی ... و سپس در مرحله بعدی : - حذف منابع مشکلات و اطمینان از اینکه هیچ خطائی ناشی از وضعیت جاده برای راننده وجود نداشته باشد.
ارزیابی (مطالعه قبل و بعد)	ارزیابی پیش بینی شده (برنامه ریزی شده)	مشخص کردن وضعیت اولیه و تنظم اهداف ایمنی برای پروژه های آتی (خطر پذیری قابل قبول و خطر پذیری مشخص شده)
	ارزیابی واقعی (به وقوع پیوسته)	مشخص کردن وضعیت بعد از باز گشائی و یا بهسازی راه : - قبل از بازگشایی راه : شناسایی نواقص یا کمبودها - بعد از بازگشایی راه ،حداقل پس از یکسال: بررسی اهداف پیش بینی شده و تفسیر کردن اختلافات

جدول شماره (۵) فرآیند ٤مرحله ای تحلیل بهبود ایمنی راه

بنابراین با توجه به چهار قسمت اشاره شده در خصوص وظایف لازم جهت افزایش و بهبود ایمنی راه ،با تفکیک اقدامات و معیارهای اشاره شده می توان آن ها را به دو نوع رویکرد پیشگیری و واکنشی تحلیل ایمنی راه خلاصه نمود:

۱- رویکرد پیشگیری[1] که مبتنی بر مشاهدات و خصوصیات فیزیکی و شرایط بهره برداری راه می باشد.

بازرسی ایمنی راه[2] :

بازرسی ایمنی راه یک فرآیند نظام‌مند و رسمی برای تجزیه و تحلیل مسایل و مشکلات ایمنی یک پروژهٔ جدید و یا یک راه موجود، توسط یک تیم بازرسی مجرب، مستقل و با صلاحیت از متخصصان ایمنی راه و با در نظر گرفتن ایمنی تمام کاربران راه است که در آن تیم بازرسی دربارهٔ نقاط بالقوهٔ تصادف‌خیز و عملکرد ایمنی پروژه‌ها گزارش می‌دهند.

۲- رویکرد واکنشی[3] که مبتنی بر اطلاعات آماری تصادفات بوده و آن را مدیریت مناطق سیاه نیز می نامند.

نقاط پر تصادف (مناطق سیاه) [4]

اصطلاح منطقه سیاه به روشی اطلاق می شود که عموما برای تشخیص مکان های پرتصادف بوده به طوریکه در این روش ،تصادفات را بر روی یک نقشه و با استفاده از سنجاق های[5] رنگی ،به منظور نمایش شدت آسیب هر حادثه با دقت نشانه گذاری می کنند.رنگ سیاه بیانگر تصادفات خسارتی بوده و وجود سهم بالای این تصادفات باعث ایجاد تمرکز نقطه چین های سیاه خواهد شد. امروزه علیرغم وجود نقشه و سیستم های اطلاعاتی جغرافیائی (GIS) [6] ،همچنان این روش متداول می باشد.

لازم به ذکر است که تاکنون هیچ تعریف رسمی از اصطلاح منطقه سیاه پذیرفته نشده است . اما گاها اصطلاح مکان های پر خطر[1] به عنوان یک مترادف برای منطقه سیاه به کار می رود.

منطقه سیاه به قطعه ای از راه گفته می شود که تعداد تکرار تصادفات غیر عادی در آن(شاخص تراکم تصادفات) و نیز شدت تصادفات نسبت به یک حالت مبنا بیشتر باشد.

در ایران، وزارت راه و ترابری معیار زیر را برای انتخاب نقاط حادثه خیز به ادارات کل راه و ترابری استان‌ها ابلاغ نموده است:

منطقه حادثه خیز مکانی است که در یک دوره سه ساله، حداقل ۱۰ تصادف یا در طول یکسال حداقل چهار تصادف در آن روی داده باشد.در جدول (٦) تعریف مناطق سیاه در کشورهای مختلف ارائه شده است.

کشور	تعریف نقطه حادثه خیز
آلمان	▪ قطعات راه با طول ۳۰۰ متر ▪ وقوع بیش از ۳ تصادف یکسان در طول یکسال ▪ وقوع بیش از ۵ تصادف در طول سه سال
انگلستان	▪ قطعه راهی به طول ۳۰۰ متر ▪ محلی که مجموع تصادفات جاده‌ای در آن بیش از ۱۲ تصادف در سه سال است.
اسپانیا	▪ قطعات راه به طول یک کیلومتر ▪ وقوع بیش از ۵ تصادف جرحی یا ۲ تصادف فوتی در یک سال ▪ وقوع بیش از ۱۰ تصادف جرحی یا ۵ تصادف فوتی در سه سال
هلند	▪ وقوع حداقل ۱۰ تصادف در مجموع ▪ وقوع حداقل ۵ تصادف با مشخصات مشابه ▪ دورهٔ تحلیل سه تا ۵ سال است.

جدول شماره (٦)تعاریف مناطق سیاه (حادثه خیز) در کشورهای مختلف

همانطور که ملاحظه می شود، در بسیاری از کشور ها از معیارهایی همچون تعداد تصادف یا تعداد کشته شدگان استفاده شده است. ذکر این نکته الزامی است که در بسیاری از موارد طول مقاطع تعریف شده است.

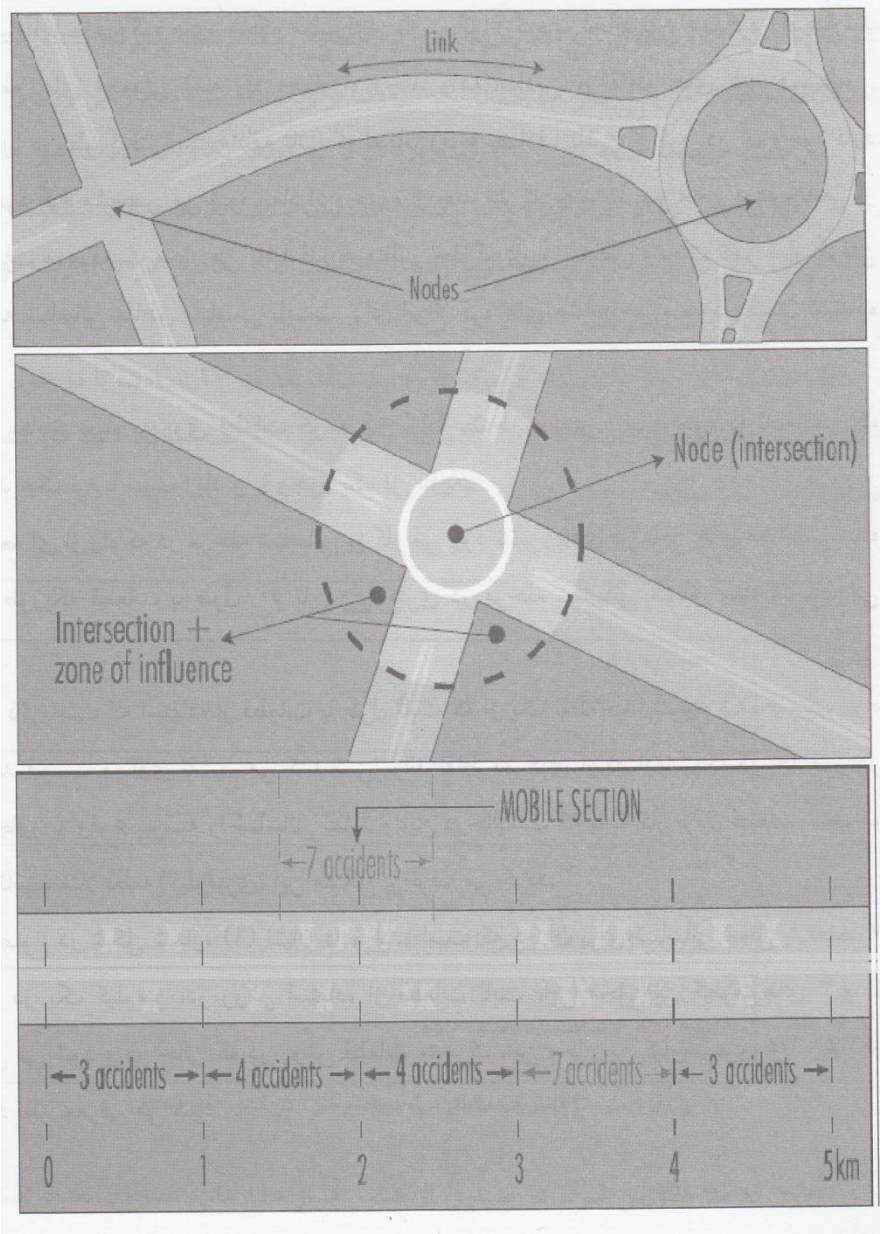
مناطق سیاه اغلب در گره های[1] شبکه معابر قرار دارند .انواع گره به لحاظ نوع عملکرد راه عبارتند از : تقاطع های معمولی (سه راه ،چهارراه وچند راهه)،میادین و تقاطع های غیر همسطح . همچنین با در نظر گرفتن یک منطقه تاثیر که امکان وقوع تصادف ناشی از گره ،در آن وجود دارد ،حوزه نفوذ گره مشخص می شود.ابعاد این حوزه از چند متر تا چندصد متر متغیر بوده وتابعی از خصوصیات و موقعیت محل می باشد.لذا به منظور جلوگیری از تبعیض وتحت تاثیر قرار گرفتن در مرحله شناسائی مناطق سیاه،می بایست برای انواع گره های مشابه حوزه نفوذ یکسان استفاده شود.

همچنین مناطق سیاه بر روی قطعات کوتاهی از راه(خطوط پیوندی[2]) نیز وجود دارند،مانند یک قوس تند ،یک تپه با سیب زیاد و یا وجود یک پل باریک.

طول قطعه ای از راه که در مرحله شناسائی به کار می رود تاثیر زیادی در محل های مشخص شده دارد به طوریکه قطعات با طول۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متری در مرحله شناسائی مناطق سیاه مناسب می باشند.

لازم به ذکر است که استفاده از قطعات با طول ثابت که از یک نقطه مبدا شروع شده و سپس راه را به چند قسمت مساوی تقسیم می کنند،نمی تواند نقاط تمرکزی از تصادفات که در حد مرز دو قطعه مجاور به وقوع پیوسته را شناسائی نماید و این درحالیست که با به کار بردن قطعات متحرک با طول ثابت، مثلا قطعه۱کیلومتری، این مشکل برطرف می گردد.

این موضوع در شکل شماره (٦) نشان داده شده است که در آن برای شناسائی محل با تعداد ۷ تصادف در یک کیلومتر ،در روش استفاده از قطعات ثابت ،این محل بین کیلومترهای ۳ و ٤ مشخص می شود و در حالی که در روش قطعات متحرک ،این محل بین کیلومترهای ۱/۵ و۲/۵ از راه مورد نظر ،معرفی می شود.



الف- مراحل بهبود ایمنی اهداف بالقوه (شامل مناطق سیاه و مکان های مستعد تصادف در طول یک راه):

به طور کلی ٦ مرحله بهبود ایمنی کلیه مکان های اهداف بالقوه خطرناک که احتمال بروز تصادف در آنها به دلایل غیر ایمن بودن وجود دارد به صورت متوالی در ۱۲ گام مطابق جدول شماره (۷) مشخص شده است.

لازم به ذکر است که منظور از اهداف بالقوه[۱] همان مناطق سیاه [۲]خطرناک و نیز مکان های مستعد[۳] یا بالقوه خطر تصادف می باشند. مناطق سیاه در طول هر راه از طریق آمارتصادفات و براساس تعریف منطقه سیاه شناسائی شده و این در حالیست که مکان های خطرناک بالقوه ای که مستعد تصادف می باشند و هنوز به یک منطقه سیاه تبدیل نشده اند، از طریق بازرسی ایمنی راه شناسائی می شوند.

پس از رتبه بندی این مکان های حادثه خیز ، انتخاب نهائی آنها جهت انجام بررسی بیشتر به منظور تشخیص مشکلات ایمنی و اقدامات لازم جهت بهبود آنها انجام می شود. سپس اولویت بندی اقدامات اصلاحی این مناطق با توجه به مطالعات اقتصادی و میزان تاثیرگذاری در افزایش ایمنی راه انجام شده و در نهایت اقدامات اصلاحی صورت می گیرد.

اما نکته قابل توجه آن است که ارزیابی ایمنی راه (مدیریت ریسک[٤]) بر اساس مطالعه قبل و بعد از انجام اقدامات بهسازی صورت می گیرد .

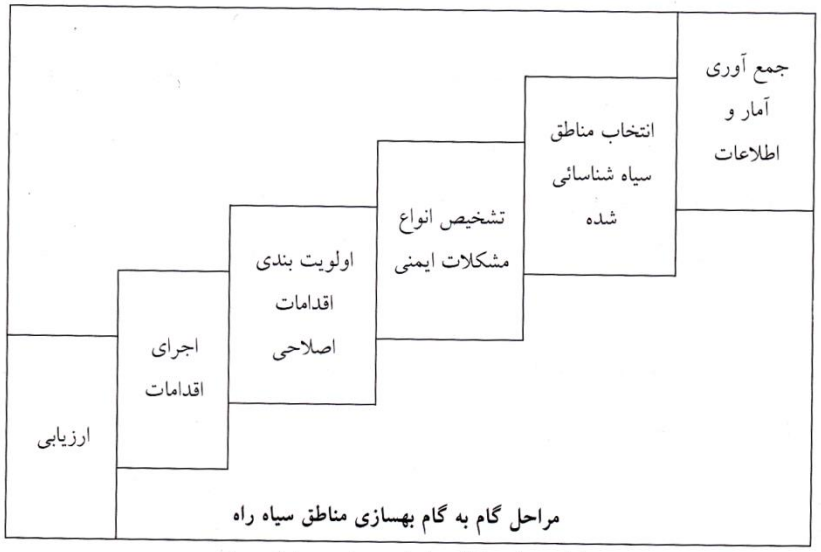
عموما دوره آرامش[٥] برای انجام مطالعات بعد[٦] از اجرای هر طرح جدید و به منظور ایجاد فرصت برای انطباق کاربران با شرایط جدید راه، حدود ۲ ماه پس از پایان اقدامات آن طرح در نظر گرفته می شود.

مرحله اول	جمع آوری آمار و اطلاعات[۱]		ثبت و ضبط تصادفات و ورود اطلاعات به کامپیوتر
مرحله دوم	**شناسائی مکان های . اهداف بالقوه[۲] (شامل مناطق سیاه و سایر مناطق مستعدخطرناک) (انتخاب نهائی مکانهای پرخطر تصادف از طریق آمار و نیز مشاهده)**	گام ۱	شناسائی مکان های با تعداد تصادفات زیاد(مناطق سیاه)بر اساس آمار و نیز پیش بینی آنها از طریق الگوی تصادفات[۳]
		گام۲	وزن دهی مکان ها بر اساس کلیه اطلاعات تصادفات آن مکان هااز طریق روشهای **۸گانه شناسائی انتخاب**(شناسائی کمی)
		گام ۳	بازدیدو مشاهده از مناطق سیاه انتخاب شده و نیز بازرسی ایمنی راه جهت شناسائی سایر مکان های مستعد خطرناک[٤] (شناسائی پیشگیرانه[٥])
		گام ٤	رتبه بندی مکان های حادثه خیز براساس شناسائیهای کمی(آماری) و کیفی(مشاهداتی) انجام شده ،جهت انتخاب نهائی آنها برای بررسی بیشتر
مرحله سوم	**تشخیص مشکلات ایمنی[٦]** (فرآیند ٤ مرحله ای)	گام ٥	جمع آوری سوابق[۷] و اطلاعات بیشتر از شکل تصادف و طبقه بندی مکان تصادف براساس طبقه بندی وعملکرد راه[۸]
		گام ٦	تحلیل تصادفات[۹]
		گام ۷	بازدید میدانی بیشتر جهت تشخیص نقش سایر عوامل[۱۰]
مرحله چهارم	**اولویت بندی**	گام ۸	انتخاب وکنترل راهکارها
		گام ۹	اولویت بندی اقدامات اصلاحی مناطق با توجه به مطالعات اقتصادی و میزان تاثیرگذاری در افزایش ایمنی راه
مرحله پنجم	**اجرا**	.	انجام اقدامات اصلاحی
مرحله ششم	**ارزیابی**	گام ۱۰	نظارت بر رفتار رانندگی در روز ها و ماه اول[۱۱]
		گام ۱۱	ارزیابی تاثیرات بر روی تصادفات[۱۲]
		گام ۱۲	ارزیابی اقتصادی براساس تحلیل سود- هزینه[۱۳]

جدول شماره (۷) معرفی فرآیند ۱۲ گانه بهسازی مکان های حادثه خیز

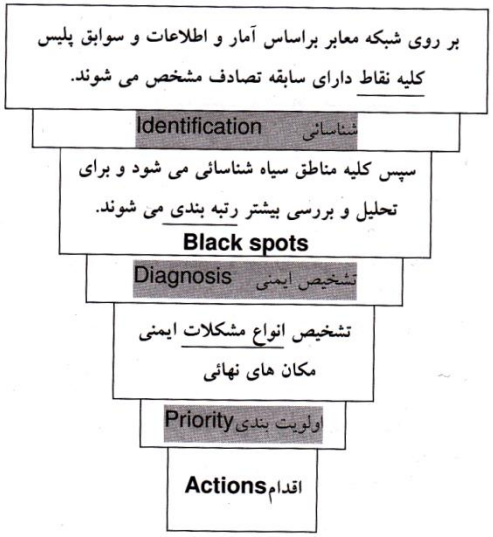
ب- فرآیند بهبود ایمنی مکان هائی که به مناطق سیاه تبدیل شده اند:

کل فرآیند ٦مرحله ای شناسائی و بهسازی مناطق سیاه مطابق شکل شماره(۸) مشخص شده است که در این روش با توجه به آمار و اطلاعات ثبت وضبط شده توسط پلیس ،کلیه نقاط تصادف دار بر روی شبکه معابر مشخص شده و سپس طبق تعریف کشوری منطقه سیاه ، بر روی رابطها و گره های منتهی به آنها در طول راه ،مناطق سیاه شناسائی می شوند ،آنگاه براساس ۸ روش کمی شناسائی ،مناطق سیاه نهائی براساس رتبه بندی و وزن دهی،انتخاب و شناسائی می شوند و سپس انواع مشکلات ایمنی آنها براساس مراحل ٤گانه (بررسی سوابق ، طبقه بندی، تحلیل وبازرسی) مشخص شده و اقدامات لازم جهت بهبود آنها تعیین می شود و سپس اقدامات اجرائی لازم با توجه به هزینه ها و با هدف بیشترین اثرگذاری، اولویت بندی می گردند. آنگاه این اقدامات اصلاحی، به مرحله اجرا درآمده و در نهایت ارزیابی آنها براساس انجام مطالعات قبل و بعد و نیز تحلیل سود-هزینه ، صورت می گیرد.



شکل شماره (۸) مراحل بهسازی مناطق سیاه

مطابق شکل شماره (۹) تعداد مناطق سیاه انتخاب شده نهائی(براساس اولویت بندی) به صورت تدریجی از بالا به پائین ،در هر مرحله ، کاهش می یابد.



شکل شماره (۹)فرآیند انتخاب نهائی مناطق سیاه جهت بهسازی

۵-۲-۱- روشهای شناسائی جهت انتخاب مناطق سیاه :

همانطور که پیشتر اشاره گردید،مناطق سیاه به عنوان یکی از اهداف بالقوه شناسائی مکان های مستعد تصادف بوده که ازطریق آمار و اطلاعات تصادفات موجود شناسائی می شوند و این در حالیست که سایر نقاط خطرناک نیز به منظور پیشگیری از وقوع تصادف ،از طریق بازرسی ایمنی و مشاهده میدانی شناسائی خواهند شد.

از طرفی به منظور انتخاب نقاط سیاه نهائی جهت بررسی و تحلیل بیشتر ،می بایست این مکان ها بر اساس کلیه اطلاعات موجود و قابل دسترس تصادفات آن مکان ها شناسائی شوند.لذا روشهای ۸گانه جهت انتخاب مناطق سیاه شناسائی شده عبارتند از :

روش مبتنی بر تکرار تصادفات- روش مبتنی بر نرخ تصادفات -روش مبتنی بر کنترل کیفیت (نرخ تصادفات بحرانی) - روش مبتنی بر شاخص میزان صدمه معادل- روش مبتنی بر.شاخص شدت تصادف - روش مبتنی بر ترکیب ضوابط -روش مبتنی برمدل پیش بینی تصادف - روش مبتنی بر مدل تجربی.

۵-۲-۱-۱- روش مبتنی بر تکرار تصادفات

در این روش برای کل تعداد j مکان شناسائی شده ،ابتدا تعداد تکرار تصادف در هر مکان تعیین می شود، f_j، سپس متوسط تعداد تکرارتصادفات محاسبه شده، f_{rp} وآنگاه مکان هائی که در آنها تعداد تکرار تصادفات از یک حد معینی، I_t، تجاوز کند برای تحلیل جزئیات شناسائی می شود.

$$f_{rp} = \frac{\sum f_j}{n} \qquad I_t = \alpha \times f_{rp} \cong 2 \times f_{rp}$$

۵-۲-۱-۲- روش مبتنی بر نرخ تصادفات

در این روش برای کل تعداد j مکان شناسائی شده ،ابتدا تعداد تکرار تصادف در هر مکان، f_j،در مدت زمان تحلیل برحسب سال، P،مشخص شده و سپس آمار حجم متوسط روزانه ترافیک سالیانه مکان jام، AADT=Q_j در گره ها و خطوط پیوندی مطابق شکل شماره( )محاسبه خواهد شد .

همچنین طول قطعه مکانjام برحسب کیلومتر، L_j تعیین می شود .لازم به ذکر است که اگر مکانjام در گره باشدآنگاه $L_j = 1$فرض می شود، سپس نرخ تصادفات در مکانjام برحسب تعداد تصادف بر میلیون وسیله نقلیه در کیلومتر محاسبه می شود، R_j .آنگاه متوسط نرخ تصادفات برای کلیه مکان ها(کل جامعه آماری)، R_{rp}،بر حسب تعداد تصادف بر میلیون وسیله نقلیه در کیلومتر، محاسبه خواهد شد ودر انتها مکان هائی که در آنها نرخ تصادفات از یک حد معینی، I_t، تجاوز کند برای تحلیل جزئیات شناسائی می شود.

$$R_j = \frac{f_j \times 10^6}{365.25 \times P \times L_j \times Q_j} \rightarrow \left(acc / M.Veh.Km \right)$$

$$R_{rp} = \frac{\sum f_j \times 10^6}{365.25 \times P \times \sum L_j \times Q_w}$$

$$Q_w = \sum \frac{Q_j \times L_j}{\sum L_j} \qquad I_t = \alpha \times R_{rp} = 2 \times R_{rp}$$

۵-۲-۱-۳- روش مبتنی بر نرخ تصادفات بحرانی (کنترل کیفیت)

در این روش برای کل تعداد j مکان شناسائی شده،پس از محاسبه متوسط نرخ تصادفات در هر مکان، R_j،و نیز در کل جامعه آماری ، R_{rp}،بر حسب تعداد تصادف بر میلیون وسیله نقلیه در کیلومتر، آنگاه نرخ بحرانی تصادفات در هر مکانjام تعیین شده، R_{cj} ، ودر انتها مکان هائی که در آنها نرخ تصادفات از حد بحرانی تجاوز کند برای تحلیل جزئیات شناسائی می شوند.

لازم به ذکر است که عدد ثابت k در این رابطه برای ضریب اطمینان ۸۵٪ برابر۱/۰۳۶ ،ضریب اطمینان ۹۰٪ برابر ۱/۲۸۲ وضریب اطمینان۹۵٪ برابر۱/٦٤٥ و در نهایت برای ضریب اطمینان۹۹٪ برابر ۲/۳۲٦ انتخاب می شود.

$$R_j = \frac{f_j \times 10^6}{365.25 \times P \times L_j \times Q_j} \rightarrow \left(acc / M.Veh.Km \right)$$

$$R_{rp} = \frac{\sum f_j \times 10^6}{365.25 \times P \times \sum L_j \times Q_w}$$

$$Q_w = \sum \frac{Q_j \times L_j}{\sum L_j}$$

$$R_{cj} = R_{rp} + K \sqrt{\frac{R_{rp} \times 10^6}{365.25 \times P \times L_j \times Q_j}} + \frac{1 \times 10^6}{730.5 \times P \times L_j \times Q_j}$$

$$R_j \geq R_{cj} \rightarrow sites \cdot are \cdot \det ected$$

۵-۲-۱-٤- روش مبتنی بر شاخص میزان خسارت معادل (شاخص EPDO[1])

در این روش برای کل تعداد j مکان شناسائی شده ،ابتدا تعداد تکرار تصادف در هر مکان، f_j ،و نیزتعداد تکرار هر نوعi از تصادف در هر مکانj، f_{ij}، مشخص می شود، سپس با توجه به ضریب همسنگ هر نوع از تصادفات ،شاخص میزان خسارت معادل شده در هر مکانjام، $EPDO_j$ محاسبه می شود:

- ضریب همسنگ معادل یک در تصادفات خسارتی(PDO[2])
- ضریب همسنگ معادل ۳/۵ در تصادفات جرحی محدود
- ضریب همسنگ معادل ۹/۵ در تصادفات جرحی شدید و یا فوتی

لازم به ذکر است که تصادف جرحی شدید،شامل تصادفی است که سبب مجروح شدن حداقل یک نفر در محل حادثه شود، به طوری که نیاز به بستری شدن در بیمارستان داشته باشد، ولی کسی فوت نکرده باشد و تصادف جرحی سبک نیز به تصادفی اطلاق می شود که در اثر آن حداقل یک نفر زخمی‌شود و همه مجروحین به صورت سرپایی معالجه شوند.

آنگاه متوسط مقدار شاخص میزان خسارت معادل در هر مکانjام تعیین شده، $\overline{EPDO_j}$ و در انتها متوسط آن برای کلیه مکان ها(کل جامعه آماری)، $\overline{EPDO_{rp}}$ ، محاسبه می شود. مکان هائی که در آنها مقادیر شاخص میزان خسارت معادل شده از یک حد معینی، I_t، تجاوز کند برای تحلیل جزئیات شناسائی می شوند.

$$EPDO_j = \sum W_j \times f_{ij}$$

$$\overline{EPDO_j} = \frac{EPDO_j}{f_j}$$

$$\overline{EPDO_{rp}} = \frac{\sum\sum W_j \times f_{ij}}{\sum f_j} \qquad I_t = \alpha \times \overline{EPDO_{rp}} \cong 2 \times \overline{EPDO_{rp}}$$

۵-۲-۱-۵-روش مبتنی بر شاخص میزان شدت (شاخص RSI[1])

در این روش برای کل تعداد j مکان شناسائی شده ،ابتدا تعداد تکرار تصادف در هر مکان، f_j ،و نیزتعداد تکرار هر نوعi از تصادف در هر مکانj، f_{ij}، مشخص می شود، سپس با توجه به متوسط هزینه وارده ناشی از هر نوع تصادف، C_i ، شاخص میزان شدت در هر مکانjام، RSI_j و نیز متوسط مقدار آن در هر مکانjام تعیین شده، $\overline{RSI_j}$ و در انتها متوسط آن برای کلیه مکان ها(کل جامعه آماری)، $\overline{RSI_{rp}}$ ، محاسبه می شود. مکان هائی که در آنها مقادیر شاخص میزان شدت از یک حد معینی، I_t، تجاوز کند برای تحلیل جزئیات شناسائی می شوند.

$$RSI_j = \sum f_i \times C_i$$

$$\overline{RSI_j} = \frac{RSI_j}{f_j}$$

$$\overline{RSI_{rp}} = \frac{\sum\sum C_i \times f_{ij}}{\sum f_j}$$

$$I_t = \alpha \times \overline{RSI_{rp}} \cong 2 \times \overline{RSI_{rp}}$$

- تعریف شدت تصادفات و ضرایب آن درکشورهای مختلف متفاوت است. یکی ازمطالعاتی که در این زمینه صورت گرفته مورد استفاده بسیاری از کشورها قرار گرفته است، مطالعات مربوط به ایالت جورجیای ایالات متحده می‌باشد که با استفاده از یک سیستم اندازه گیری تجربی، به دست آمده است. دسته بندی تصادفات در این روش به صورت زیر می‌باشد:

الف) تصادف قتلی: تصادفی که در آن حداقل یک نفر کشته شده باشد.

ب) تصادف جرحی (کلاس C,B,A)

تصادف جرحی کلاس A: تصادف جرحی که در آن مجروح و یا مجروحین تصادف، بستری شده‌اند و احتمال معلولیت برای حداقل یکی از آنها وجود دارد.

تصادف جرحی کلاس **B**: تصادف جرحی که در آن مجروح و یا مجروحین تصادف، بستری شده‌اند و احتمال معلولیت برای مجروحین وجود ندارد.

تصادف جرحی کلاس **C**: تصادف جرحی که مجروحین آن به صورت سرپایی مداوا شده‌اند.

ج) تصادف خسارتی: تصادفی است که درآن به کسی آسیب جسمی وارد نشده باشد و وسایل نقلیه درگیر در تصادف دچار صدمه شده باشند.

در این روش بنابر تجربیات حاصل از میزان تاثیر هر یک از انواع تصادف در میزان خسارات وارد شده، ضریب تاثیر هر نوع از تصادف، ارائه شده است. این ضرایب در جدول شماره (۸) آورده شده‌اند.

شدت تصادف	ضریب پیشنهادی
تصادف قتلی	۹
تصادف جرحی از کلاس A	٤
تصادف جرحی از کلاس B	۳
تصادف جرحی از کلاس C	۲
تصادف جرحی	۱

جدول شماره (۸) ضرایب تاثیر انواع تصادفات

در این روش متوسط شدت تصادفات برای هر موقعیت از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$I_S = \frac{۹\times T_f + ۴\times T_{ia} + ۳\times T_{ib} + ۲\times T_{ic} + T_d}{AC}$$

که در آن:

I_s: متوسط شدت تصادفات برای هر موقعیت، AC : تعداد کل تصادفات برای هر موقعیت،

T_f: تعداد تصادف قتلی، T_{ia} : تعداد تصادف جرحی نوع **A**،

T_{ib}: تعداد تصادف جرحی نوع **B**، T_{ic} : تعداد تصادف جرحی نوع **C** و

T_d: تعداد تصادف خسارتی می باشد.

- روش تعداد ، شدت تصادفات

این روش مشابه روش تعداد کشته ها عمل می نماید با این تفاوت که برای انواع تصادفات با توجه به شدت آنها، ضریب شدت را در نظر می گیرد. در این روش برای هر موقعیت یک شاخص ویژه با استفاده از فرمول زیر محاسبه می گردد:

$$I_S = ۹\times T_f + ۴\times T_{ia} + ۳\times T_{ib} + ۲\times T_{ic} + T_d$$

که در آن:

I_s: متوسط شدت تصادفات برای هر موقعیت، T_f : تعداد تصادف قتلی،

T_{ia}: تعداد تصادف جرحی نوع **A**، T_{ib}: تعداد تصادف جرحی نوع **B**،

T_{ic}: تعداد تصادف جرحی نوع **C** و T_d: تعداد تصادف خسارتی می باشد.

نقاطی که شاخص آنها بیش از دو برابر شاخص میانگین کل موقعیت ها باشد به عنوان نقاط حادثه خیز شناخته می‌شوند. مزایای این روش نسبت به روش تعداد تصادفات این است که علاوه برتعداد تصادفات، شدت آنها را نیز درنظر می گیرد. این روش به مانند روش تعداد تصادفات نسبت به حجم تردد هیچ گونه حساسیتی ندارد.

۵-۲-۱-٦- روش ترکیبی مبتنی بر تعداد تکرار ،نرخ و شدت تصادفات

در این روش برای کل تعداد j مکان شناسائی شده ،ابتدا تعداد تکرار تصادف در هر مکان، f_j،در مدت زمان تحلیل برحسب سال، P،مشخص شده و متوسط تعداد تکرارتصادفات محاسبه می شود، f_{rp}. سپس آمار حجم متوسط روزانه ترافیک سالیانه مکان jام، AADT=Q_j در گره ها و خطوط پیوندی تعیین خواهد شد .

همچنین طول قطعه مکان jام برحسب کیلومتر، L_j تعیین می شود .لازم به ذکر است که اگر مکان jام در گره باشدآنگاه $L_j = 1$ فرض می شود، سپس نرخ تصادفات در مکان jام برحسب تعداد تصادف بر میلیون وسیله نقلیه در کیلومتر محاسبه می شود، R_j .آنگاه متوسط نرخ تصادفات برای

کلیه مکان ها(کل جامعه آماری)، R_{rp}،بر حسب تعداد تصادف بر میلیون وسیله نقلیه در کیلومتر، محاسبه خواهد شد .

در انتها مکان هائی که در آنها حداقل نرخ و نیز تعداد تکرار تصادفات از حدود معینی، I_t، تجاوز کند برای تحلیل جزئیات شناسائی می شود.

$$f_{rp} = \frac{\sum f_j}{n}$$

$$R_j = \frac{f_j \times 10^6}{365.25 \times P \times L_j \times Q_j} \rightarrow \left(acc / M.Veh.Km \right)$$

$$R_{rp} = \frac{\sum f_j \times 10^6}{365.25 \times P \times \sum L_j \times Q_w}$$

$$Q_w = \sum \frac{Q_j \times L_j}{\sum L_j}$$

$$I_t = \alpha \times f_{rp} \cong 2 \times f_{rp}$$
$$I_t = \alpha \times R_{rp} = 2 \times R_{rp}$$

۵-۲-۱-۷- روش مبتنی بر مدلهای پیش بینی تصادفات

در روش های قبلی ،رویکرد شناسائی مکان های مورد نیاز جهت انجام تحلیل جزئیات مبتنی بر مقایسه سطح ایمنی در یک مکان مشخص با متوسط سطوح ایمنی در کل جامعه آماری مبنا بوده است.به طوریکه اگر مبنای مقایسه براساس معیار تعداد تکرار تصادفات باشد ،آنگاه عامل بالقوه برای سنجش میزان بهبودسازی هر مکان jام ، $P.I._j$ [1] ،عبارت است از:

$$P.I._j = f_j - f_{rp}$$

لازم به ذکر است که اگر تعداد کافی از مکان های با خصوصیات یکسان وجود نداشته باشند، آنگاه استفاده از f_{rp} دقت مناسب را نداشته و در این حالت مدل های پیش بینی تصادفات این مشکل را بر طرف می نمایند.

این مدل ها،تعداد تصادفات را بر اساس مقادیری از متغیرهای مستقل پیش بینی می کنند .یکی از متداول ترین این مدلها عبارت است از:

$$Accidents = a \times (traffic.volume)^b$$

در این رابطه مقادیر b از ۰/۸ تا ۱/۲ فرض می شود.

بنابراین پس از محاسبه تعداد تکرار تصادفات پیش بینی شده در هر مکان، f_{pj} ،آنگاه خواهیم داشت:

$$P.I._j = f_j - f_{pj}$$

برای تعیین حادثه خیز بودن یا نبودن یک منطقه (منطقه سیاه)نیز می توان از مدل پیش بینی استفاده کرد. بدین ترتیب با قرار دادن شرایط مطرح شده در آن تعاریف، عدد حادثه خیزی را بدست آورد. بنابر این مناطقی که عدد حادثه خیزی آنها بیشتر از این اعداد باشد به عنوان مناطق حادثه خیز شناخته می شوند (عدد حادثه خیزی همان شاخص اولویت بندی ارائه شده یا P.I. می باشد).

با توجه به پراکندگی نتایج بدست آمده در این روش، بهتر است تا با توجه بیشتر به شرایط کشورمان، این نتایج مورد بررسی و تجدید نظر قرار گیرند. به همین علت با بررسی چند نقطه که از نظر سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای – که سازمان متولی نقاط حادثه خیز است – شدت حادثه خیزی در آنها به میزان حداقل است، می توان حد حادثه خیزی را بدست آورد. بدین ترتیب می توان گفت اگر عدد حادثه خیزی برای نقطه ای از این حد بیشتر شود، آن نقطه حادثه خیز شناخته می شود.

این روند به کارشناسان این امکان را می دهد که نقاط دارای پتانسیل حادثه خیزی را نیز شناسایی کنند. به بیان دیگر ممکن است به علت تازه تأسیس بودن یک راه یا عدم وقوع تصادف در آن نقطه، به عنوان نقطه حادثه خیز تلقی نشود ولی به دلیل داشتن شرایط غیر ایمن هندسی، فیزیکی یا ترافیکی و یا قرارگرفتن در نقاط خاص جاده ای، پتانسیل تبدیل شدن به یک نقطه حادثه خیز را داشته باشد. با شناسایی نقاط دارای پتانسیل حادثه خیزی می توان با اقدامات پیشگیرانه مهندسی از تبدیل آن نقاط به نقاط حادثه خیز جلوگیری نمود.

حدود بدست آمده از این بررسی ها و مطالعات و پهنه بندی حادثه خیزی، در جدول (۹) آورده شده است.

حدود عدد حادثه خیزی	وضعیت ایمنی در هر نقطه
P.I.≥۰/۲	حادثه خیز[1]
۰/۱<P.I<۰/۲	دارای پتانسیل حادثه خیزی[2]
P.I. ≤ ۰/۱	ایمن

جدول شماره(۹) حدود و پهنه بندی نقاط حادثه خیز

انتظار می رود که با توسعه مدلهای پیش بینی تصادف بتوان تاثیر عناصر طراحی هندسی وسایر پارامترها را بتوان در ایمنی راه سنجید.در توسعه مدلهای پیش بینی تصادف بایستی به سه سوال اساسی پاسخ داده شود:

- چه متغیرهایی را بایستی در توسعه مدل در نظرگرفت؟
- چه تابع ریاضی را بایستی برای نشان دادن تاثیر متغیرها به کار برد؟
- چگونه می توان تشخیص داد که آیا تابع انتخاب شده برای نشان دادن تاثیر متغیرها مناسب است؟

در واقع مدلسازی آماری تصادفات عبارتست از برازش تابع ریاضی مناسب روی آمار و اطلاعات موجود در مورد تصادفات اتفاق افتاده در گذشته در قطعه ای از راه. نتیجه این کار،معادله ای است که عبارت سمت چپ آن بیانگر نرخ ویا شدت تصادفات بوده وتابعی از متغیرهای بکاررفته در مدل می باشد که در سمت راست معادله آمده است.از این معادله در دو مورد می توان استفاده نمود:

۱. برای پیش بینی نرخ ویا شدت تصادفات در قطعه ای از راه.
۲. برای تخمین تغییرات مورد انتظار در نرخ تصادفات در صورت تغییر در هر یک از متغیرها.

برای هر یک از اهداف فوق ،محاسبات بسیار نزدیک به هم می باشند.برای هدف اول،بایستی مقادیر متغیرهای بکاررفته در مدل در معادله مدل قرار داده شوند.در نتیجه این کار، مقدار نرخ تصادفات مورد انتظار بدست می آید.برای هدف دوم ،می بایست این کار دوبار انجام شود و در هر مرتبه ،تنها مقدار متغیر مورد نظرتغییر داده شود. بنابراین فرایند کاربرد مدلهای پیش بینی تصادف عبارتند از:

۱- مکانیابی تمام تصادفات گزارش شده در دوره زمانی تحلیل
۲- تعیین زیر مجموعه های مختلف از مکانهایی که دارای ویژگیهای مشابهی هستند وانتظار می رود که دارای عملکرد ایمنی مشابهی باشند.(جوامع مرجع)[1].

۳- بررسی هر جامعه مرجع به لحاظ،

- توسعه مدلهای پیش بینی تصادف ،
- محاسبه فراوانی تصادف هر مکان با استفاده از مدل پیش بینی (f_{pj})
- محاسبه پتانسیل بهبود هر مکان (P.I.) و نیز رتبه بندی مکانها با پتانسیل بهبود آنها .

در یک جمع بندی می توان گفت ،هرگاه تعداد مکان های مشابه مناسب و کافی برای انتخاب جامعه آماری وجود نداشته باشد آنگاه می بایست به جای استفاده از متوسط تعداد تکرار تصادفات در جامعه آماری از تعداد تکرار تصادفات پیش بینی شده از مدل در هر مکان استفاده نمود.

همچنین ممکن است به دلیل ماهیت اتفاقی بودن تصادفات ،دوره زمانی کوتاه در وقوع تکرار آنها (کم بودن تعداد تکرار تصادفات در هر مکان)،نیز باعث شود که مقدار متوسط تکرارها در کل جامعه بسیار متغیر شده و تغییرات زیادی در مقادیر $P.I._j$ مکان های مختلف ایجاد شود،که در این صورت به منظور کاهش این تغییرات ممکن است از روش انتخاب جهت دار[1]و یا همان انتخاب غیر اتفاقی ،برای شناسائی مناطق مستعد جهت بهسازی استفاده شود.

به عنوان مثال براساس علم احتمالات در پرتاب یک تاس اگر فقط سه مرتبه پرتاب تاس ملاک عمل قرار گیرد(یک بار پرتاب در هر مرتبه) ،آنگاه میانگین اعداد آمده در سه پرتاب ،عددی بین ۱ تا ٦ خواهد شد و این در حالیست که اگر در مرتبه اول از پرتاب تاس ،بیشمار پرتاب تا رسیدن به شماره نظیر همان مرتبه ،یعنی عدد یک، انجام شود و به همین ترتیب در مرتبه دوم برای رسیدن به عدد دو، تعداد نامحدود پرتاب صورت گیرد و در مرتبه سوم نیز برای رسیدن به عدد سه ،تعداد پرتاب های نامحدودی را انجام دهیم ،آنگاه میانگین اعداد به دست آمده در سه مرتبه ،برابر ۲ خواهد شد که آن را میانگین درازمدت[2] می نامند.

به طور مشابه تعداد تصادفات اتفاق افتاده در هر مکان با دوره زمانی محدود یک ساله (f) همانند یکبار پرتاب تاس در هر مرتبه بوده و تعداد تکرار تصادفات در هر مکان در

یک دوره زمانی نامحدود چند ساله(m)نیز همانند مقدار میانگین دراز مدت در پرتاب تاس می باشد.

در روش انتخاب معنی دار یا جهت دار که به منظور حل مشکل اتفاقی بودن ماهیت تصادفات[1] و نیز کوتاه بودن دوره زمانی ، استفاده می شود،با توجه بر اینکه وقوع تصادفات غیر یکنواخت و مستقل از یکدیگر بوده لذا برای تعیین احتمال وقوع تصادفات در یک زمان معین و محدود از توزیع پواسون استفاده می شود.

$$p(x = f) = \frac{e^{-m} \times m^{f}}{f!}$$

ازطرفی با توجه بر توزیع پواسون ،مقدار میانگین درازمدت جامعه آماری ،برابر مقدار مورد انتظار تصادفات در هر مکان می باشد.

همچنین در روش انتخاب جهت دار یا غیر تصادفی[2] مکان های خطرناک برای تحلیل جزئیات ،به منظور ایجاد دقت کافی می بایست،دو گروه از این مکان ها مشخص شوند که عبارتند از:

- مکان های خطرناک غیر ایمن شناخته نشده(برای تحلیل جزئیات)
- و نیز مکان های خطرناک معمولی شناخته شده.

لازم به ذکر است که محققان استفاده از روش های تجربی بیز[3] (EB)را به منظور کاهش تغییرات اتفاقی بودن تصادفات به عنوان جایگزین روش انتخاب جهت دار[4] مکان های مستعد جهت تحلیل و بهسازی توصیه می کنند.

مثال – به منظور[1] شناسائی مکان های خطرناک غیر ایمن در بین ۱۰۰۰ منطقه سیاه با سطوح ایمنی به شرح ذیل :

- ۹۰۰ منطقه دارای سطح ایمنی ۱ تصادف در هر دوره زمانی مربوطه
- ۹۰ منطقه دارای سطح ایمنی ۳ تصادف در هر دوره زمانی مربوطه
- ۱۰ منطقه دارای سطح ایمنی ٦ تصادف در هر دوره زمانی مربوطه

مطلوبست شناسائی کلیه مناطق با حداقل سطح ایمنی ۵ تصادف در دوره زمانی مربوطه،به عنوان نقاط پرخطر برای تحلیل بیشتر جزئیات ؟

با توجه بر اطلاعات داده شده در ۹۰۰ منطقه ،مقدار مورد انتظار تعداد تصادفات در دوره زمانی مورد نظر برابر یک می باشد و بنابراین احتمال اینکه در مدت زمان یکسال ،تعداد تصادفات در هر یک از این مناطق ،حداقل برابر ۵ تصادف گردد $p(f \geq 5)$ ،طبق توزیع پواسون ۰.۰۰۳۷ خواهد شد و در نتیجه تعداد کل مکان های شناسائی شده ،۳ مکان می گردد که طبق جدول زیر برای سایر مکان ها خواهیم داشت:

تعداد تصادفات مورد انتظار در هر دوره زمانی (m)	تعداد مکان های خطرناک (۲)	احتمال وقوع حداقل ۵ تصادف دردوره زمانی یکسال براساس توزیع پواسون (۳)	تعداد مکان های خطرناک شناسائی شده با حداقل ۵ تصادف در یکسال (۴)=(ستون۳)*(۲ستون)
۱	۹۰۰	۰.۰۰۳۷	۳
۳	۹۰	۰.۱۸۴۷	۱۷
۶	۱۰	۰.۷۱۴۹	۷
جمع	۱۰۰۰		۲۷

بنابراین در کل ۲۷ مکان خطرناک غیرایمن برای تحلیل جزئیات شناسائی شده اند و لازم به ذکر است که از این تعداد ۲۰ مکان (۱۷+۳)به عنوان مکان های خطرناک غیر ایمن نبوده (مکان های خطرناک معمولی)که شناسائی شده اند و فقط ۷ مکان از آن خطرناک غیر ایمن بوده که شناسائی هم شده است.(حدود ۷۰٪) همچنین ۳ مکان خطرناک غیر ایمن دیگر(۷-۱۰)وجود داشته اند که شناسائی نشده است. (حدود ۳۰٪)

۵-۲-۱-۸- روش مبتنی بر تاثیرات تجربی بیز[1] (EB)

این روش به منظور محاسبه تعداد تکرار تصادف تعدیل شده در هر مکان، f_{EBj} ، از ارتباط سابقه آن مکان با سوابق تصادفات چندین مکان دیگر که خصوصیات یکسانی دارند، استفاده می نماید.این تعداد تکرار تصادفات تعدیل شده یک تقریب بهتری از متوسط تعداد تکرار تصادفات در درازمدت خواهد بود.

بنابراین پس از محاسبه تعداد تکرار تصادفات پیش بینی شده در هر مکان، f_{pj} ،آنگاه خواهیم داشت:

$$P.I._j = f_{EBj} - f_{pj}$$

به طور کلی دو روش تجربی عبارتند از :روش گشتاورها و روش رگرسیون.

روش گشتاورها مبتنی بر متوسط تعداد تکرار تصادف در کل مکان های جامعه آماری و نیز محاسبه واریانس آنها می باشد.

$$f_{rp} = \frac{\sum f_j}{n} \qquad S^2 = \frac{\sum (f_j - f_{rp})^2}{n-1}$$

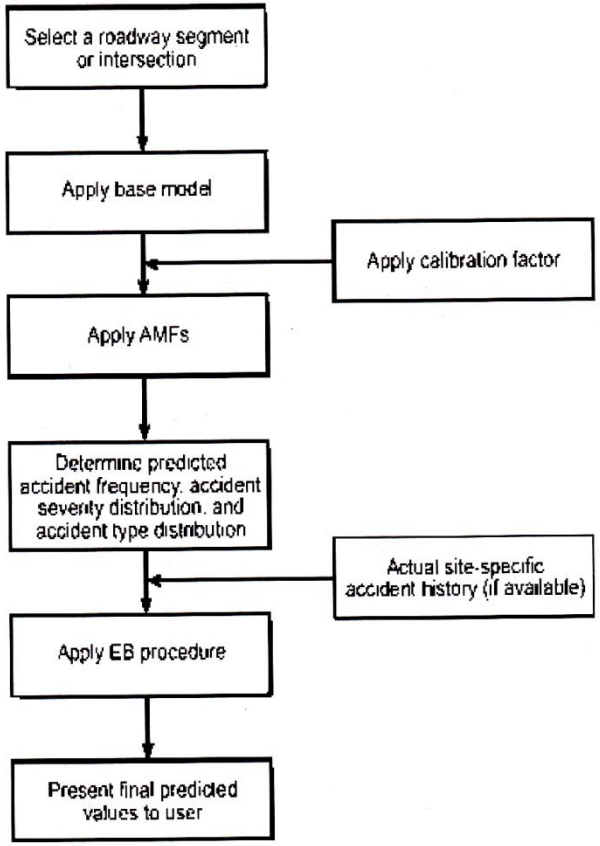
$$f_{EBj} = f_j + \frac{f_{rp}}{S^2}(f_{rp} - f_j)$$

$$P.I._j = f_{EBj} - f_{pj}$$

۵-۲-۱-۸-۱- فرآیند تعدیل مدل های پیش بینی تصادف توسط روش تجربی بیز :

در مدل پیش بینی تصادفات ،ابتدا راه مورد نظر به قطعات[2] همگن تقسیم می شود.قطعات همگن،بخش هائی از راه می باشند که تغییر عمده ای به لحاظ مشخصات فنی راه نداشته باشند.بنابراین هر یک از قوس های افقی موجود به عنوان یک مقطع انتخاب می شوند.تقاطع های همسطح[3] و غیر همسطح[4] موجود در طول راه نیز جداگانه انتخاب خواهند شد. مطابق مراحل

مشخص شده در شکل شماره (۱۰) پس از تعیین قطعاتی از راه و نیز تقاطع های طرفین هر قطعه ،می بایست در حالت ایده آل مدل پایه[1] پیش بینی تصادفات، $E[N]_b$ تعریف شود.سپس با توجه به ضریب کالیبره، C_{rs} درهر قطعه از راه یا C_{int} در تقاطع ها)و نیز ضرایب تصحیح تصادفات[2]، AMF_n که تابعی از تغییرات طرح هندسی و کنترل ترافیک می باشد، تعداد تصادفات پیش بینی شده و پراکندگی شدت و نوع آنها در سال تعیین می شود، $E[N]$. آنگاه توسط روش تجربی بیز و براساس تعداد تصادفات واقعی اتفاق افتاده در سوابق آن محل، پیش بینی تعداد تصادفات تصحیح شده نهائی انجام می شود.



شکل شماره (۱۰)-فرآیند تعدیل مدل های پیش بینی تصادفات به روش تجربی بیز

مدل کلی پیش بینی تعداد تصادفات در سال برای یک تقاطع و یا قطعه ای از طول راه عبارت است از:

$$E[N] = E[N]_b \times C_{rs/\text{int}} \times AMF_1 \times AMF_2 \times ..... \times AMF_n$$

که در آن

$E[N]$،تعداد تصادف پیش بینی شده در سال،

$E[N]_b$،تعداد تصادف پایه پیش بینی شده در سال،(مدل پایه)

AMF_n،ضرایب تصحیح تصادفات ناشی از تغییرات ترافیک و هندسه راه،

C_{rs} و C_{int}،ضرایب کالیبره قطعه مورد نظر راه یا تقاطع می باشند.

این ضرایب کالیبره برای انواع مختلف تقاطع های همسطح دارای مقادیر متفاوت بوده و مقادیر آن در راه هائی که به طور متوسط ،تعداد تصادفات بیشتری را نسبت به راه هائی که در مدل پیش بینی استفاده می شوند تجربه کنند، بزرگتر از یک بوده و در بخش هائی از راه که به طور متوسط ،تعداد تصادفات کمتری را نسبت به راه هائی که در مدل پیش بینی استفاده می شوند تجربه کنند، کوچکتر از یک می باشد.

لازم به ذکر است که برای پیش بینی تصادفات در هر بخشی از طول راه[1] که شامل m جزء تشکیل دهنده (تقاطع ها و قطعات[2])می باشد،خواهیم داشت:

$$E[N]_{\text{section}} = \sum_{j=1}^{m} E[N]_j$$

مثال – در یک طولی از راه دو خطه شامل دو تقاطع و قطعه ای به طول ۰/۵کیلومتر واقع در بین آنها ،تعداد تصادفات پیش بینی شده در یکی از این تقاطعها ۱/۵ تصادف در سال و در دیگری ۲/۲ برآورد شده است.همچنین مدل پیش بینی تصادف در آن قطعه ،عدد ۰/۳ تصادف در سال را پیش بینی می کند.مطلوبست تعداد تصادفات پیش بینی شده در کل طول راه؟

$$E[N]_{\text{section}} = 1.5 + 2.2 + 0.3 = 4 \, crashes \; / \; yr$$