



مدیریت ایمنی در حمل و نقل شهری 2

محمد صدیق باور

1391-1392

دانشگاه جامع علمی کاربردی شهرداری شیراز

بنابراین مدل پایه پیش بینی تصادفات در هر قسمتی از راه با توجه به مقادیر پیش فرض، به صورت زیر تعریف می شود:

$$E[N]_b = a \times ADT^b \times L \times f$$

که در آن؛

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

ADT ، حجم ترافیک متوسط روزانه بر حسب وسیله نقلیه در روز،

a و b ، ضرایب کالیبره و f ضریب کالیبره ناشی از شرایط محلی،

هرگاه ضریب $b = 1$ فرض شود آنگاه ضریب a بر حسب تعداد تصادف بر میلیون وسیله نقلیه - مایل خواهد بود.

ADT ، حجم ترافیک متوسط روزانه بر حسب وسیله نقلیه در روز،

L ، طول قسمتی از راه بر حسب مایل می باشد.

ب- مدل پایه پیش بینی تعداد تصادفات در سال، در تقاطع ها:

با توجه به انواع تقاطع های همسطح در راه های دو خطه برون شهری و روش های کنترل آنها مدل های پایه پیش بینی تصادفات تعریف می شوند:

- تقاطع های همسطح سه راهی کنترل شده با تابلوهای حق تقدم:

$$N_{bi} = \exp(-11.28 + 0.79/\ln ADT_1 + 0.49/\ln ADT_2 + 0.19RHRI + 0.28RT)$$

ADT_1 = average daily traffic volume (veh/day) on the major road;
 ADT_2 = average daily traffic volume (veh/day) on the minor road;
 $RHRI$ = roadside hazard rating within 76 m (250 ft) of the intersection on the major road [see description of the variable RHR in equation (5)]; and
 RT = presence of right-turn lane on the major road (0 = no right-turn lane present; 1 = right-turn lane present).

- تقاطع های همسطح چهار راهی کنترل شده با تابلوهای حق تقدم:

$$N_{bi} = \exp(-9.34 + 0.60/\ln ADT_1 + 0.61/\ln ADT_2 + 0.13 ND_1 - 0.0054SKEW_4)$$

ND_1 = number of driveways on the major-road legs within 76 m (250 ft) of the intersection; and
 $SKEW_4$ = intersection angle (degrees) expressed as one-half of the angle to the right minus one-half of the angle to the left for the angles between the major-road leg

حله اول- تعریف مدل پایه پیش بینی تصادفات در هر سال

الف- مدل پایه پیش بینی تعداد تصادفات در سال، برای هر قسمت از طول راه:

$$N_{br} = \text{EXPO} \exp(0.6409 + 0.1388\text{STATE} - 0.0846\text{LW} - 0.0591\text{SW} + 0.0668\text{RHR} + 0.0084\text{DD})$$

$$(\sum W H_i \exp(0.0450 \text{DEG}_i)) (\sum W V_j \exp(0.4652 V_j)) (\sum W G_k \exp(0.1048 \text{GR}_k))$$

N_{br} = predicted number of total accidents per year on a particular roadway segment;
 EXPO = exposure in million vehicle-miles of travel per year = $(ADT)(365)(L)(10^{-6})$;
 ADT = average daily traffic volume (veh/day) on roadway segment;
 L = length of roadway segment (mi);
 STATE = location of roadway segment (0 in Minnesota, 1 in Washington);
 LW = lane width (ft); average lane width if the two directions of travel differ;
 SW = shoulder width (ft); average shoulder width if the two directions of travel differ;
 RHR = roadside hazard rating; this measure takes integer values from 1 to 7 and represents the average level of hazard in the roadside environment along the roadway segment.
 DD = driveway density (driveways per mi) on the roadway segment;
 W_{hi} = weight factor for the i^{th} horizontal curve in the roadway segment; the proportion of the total roadway segment length represented by the portion of the i^{th} horizontal curve that lies within the segment. (The weights, W_{hi} , must sum to 1.0.);
 DEG_i = degree of curvature for the i^{th} horizontal curve in the roadway segment (degrees per 100 ft);
 WV_j = weight factor for the j^{th} crest vertical curve in the roadway segment; the proportion of the total roadway segment length represented by the portion of the j^{th} crest vertical curve that lies within the segment. (The weights, WV_j , must sum to 1.0.);
 V_j = crest vertical curve grade rate for the j^{th} crest vertical curve within the roadway segment in percent change in grade per 31 m (100 ft) = $|g_{j2} - g_{j1}|/j$;
 g_{j1}, g_{j2} = roadway grades at the beginning and end of the j^{th} vertical curve (percent);
 l_j = length of the j^{th} vertical curve (in hundreds of feet);
 WG_k = weight factor for the k^{th} straight grade segment; the proportion of the total roadway segment length represented by the portion of the k^{th} straight grade segment that lies within the segment. (The weights, WG_k , must sum to 1.0.); and
 GR_k = absolute value of grade for the k^{th} straight grade on the segment (percent).

جایگذاری مقادیر پیش فرض داده شده در رابطه کلی مدل پیش بینی، خواهیم داشت:

Lane width (LW)	3.6 m (12 ft)
Shoulder width (SW)	1.8 m (6 ft)
Roadside hazard rating (RHR)	3
Driveway density (DD)	3 driveways per km (5 driveways per mi)
Horizontal curvature	None
Vertical curvature	None
Grade	Level (0 %)

$$N_{br} = (ADT) (L) (365) (10^{-6}) \exp(-0.4865)$$

- تقاطع های همسطح چهار راهی کنترل شده با چراغ راهنمایی شده.

$$Nbi = \exp(-5.46 + 0.60/n ADT_1 + 0.20/n ADT_2 - 0.40 PROTLT - 0.018PCTLEFT_2 + 0.11VEICOM + 0.026 PTRUCK + 0.041ND_1)$$

PROTLT = presence of protected left-turn signal phase on one or more major-road approaches; = 1 if present; = 0 if not present

PCTLEFT₂ = percentage of minor-road traffic that turns left at the signal during the morning and evening hours combined

VEICOM = grade rate for all vertical curves (crests and sags) within 76 m (250 ft) of

PTRUCK = the intersection along the major and minor roads percentage of trucks (vehicles with more than four wheels) entering the intersection for the morning and evening peak hours combined

ND₁ = number of driveways within 76 m (250 ft) of the intersection on the major road.

بنابراین مدل پایه پیش بینی تصادفات در تقاطع ها به صورت زیر تعریف می شود:

$$E[N]_b = a \times ADT_{major}^{b1} \times ADT_{mainor}^{b2} \times f$$

لازم به ذکر است که در این مدل، اگر یکی از معابر منتهی به تقاطع دارای $ADT = 0$ باشد، آنگاه

پیش بینی تصادفات برابر صفر خواهد شد، درحالیکه ممکن است تصادفات جلو به عقب در یک

معبر وجود داشته باشد و این نقص مدل است. لذا برای جلوگیری از این خطا مدل پیش بینی د

تقاطع ها به صورت زیر تصحیح می گردد:

$$E[N]_b = a \times (ADT_{major} + ADT_{mainor})^b \times f$$

در این مدل نیز هرگاه ضریب $b = 1$ فرض شود آنگاه ضریب a بر حسب تعداد تصادف بر میلیود

وسیله نقلیه -مایل خواهد بود.

همچنین مدل پایه در قسمت رمپ تقاطعهای غیر همسطح به صورت زیر تعریف می شود:

$$E[N]_b = a \times ADT_{ramp}^b \times f$$

مرحله دوم-تعریف ضرایب تصحیح تصادفات، AMF

ضرایب تصحیح تصادفات تابعی از عوامل هندسی و شرایط کنترل ترافیک (دسترسی) بوده و

مقادیر آن از ۰/۵ تا ۲ متغیر می باشد. هر ضریب برای شرایط پایه و اسمی فرموله شده است و

مقدار آن برابر با یک می باشد. بنابراین اگر شرایط به گونه ای باشد که تصادفات از مقادیر اسمی

بیشتر شود، آنگاه ضریب تصحیح بزرگتر از یک و در غیر اینصورت کمتر از یک می شود.

مطابق جدول شماره (۱۰) از جمله عوامل تاثیرگذار در ضرایب تصحیح تصادفات در قسمتی از

طول راه عبارتند از :

AMF_1 ضریب عرض راه، AMF_2 ضریب عرض و نوع شانه راه، AMF_3 ضریب شعاع و طول

قوس های افقی، AMF_4 ضریب دور یا برپندی در قوس های افقی، AMF_5 ضریب شیب طولی

راه، AMF_6 ضریب شلوغی و تراکم راه، AMF_7 ضریب خطوط سبقت جداگانه، AMF_8 ضریب

خطوط چپگرد مشترک^۲ و AMF_9 ضریب ریسک خطر پذیری کناره راه ...

به طور مثال با افزایش شعاع قوس افقی (R برحسب فوت) و طول آن (L_c برحسب مایل) و نیز استفاده

از منحنی اتصال ($S=1$)، ضریب تصحیح مربوطه کاهش می یابد:

$$AMF_4 = \frac{1.55 L_c + \frac{80.2}{R} - 0.012 S}{1.55 L_c}$$

همچنین عوامل تاثیر گذار در تقاطع ها مطابق جدول عبارتند از: زاویه برخورد، روش کنترل تقاطع

، خطوط چپگرد مجزا، خطوط راستگرد مجزا، مسافت دید توقف و ...

همچنین ضریب کاهش تصادفات^۳، CRF، به عنوان شکل جدیدی از ضریب تصحیح تعریف می

شود و خواهیم داشت:

$$AMF = 1 - CRF$$

مرحله سوم-استفاده از مدل تجربی بیز

در روش تجربی بیز، براساس سابقه تعداد تصادفات واقعی اتفاق افتاده هر محل، تعداد تصادفات تصحیح شده نهائی پیش بینی می شود.

اخیرا استفاده از روش کامل بیز^۱ (FB) نسبت به روش تجربی، از طریق مدل های سلسله مراتبی چند سطحی^۲ مرسوم گشته و برتری بیشتری نسبت به آن دارد. هر دو روش تجربی و کامل بیز، به منظور تخمین بهتر، اطلاعات تقاطع های مشابه را با روش میانگین وزنی ترکیب می کنند. در صورت استفاده از روش کامل بیز به مدل پیش بینی تصادفات نیازی نمی باشد.

همانطور که اشاره شد برای قطعه ای از راه با حجم ترافیک مشخص، طول، هندسه و کنترل دسترسی معلوم، تعداد تصادف پیش بینی شده قبل از انجام هرگونه تغییرات در هندسه آن از طریق $E[N]$ محاسبه می شود.

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

همچنین پس از ایجاد هر گونه تغییرات در هندسه راه، تعداد تصادف پیش بینی شده پس از تغییرات، $E[N]_{after}$ محاسبه می شود.

$$E[N]_{after} = E[N]_b \times C_{rs/int} \times AMF_1 \times AMF_2 \times \dots \times AMF_n$$

اختلاف بین تعداد تصادفات پیش بینی شده قبل و بعد از تغییرات، بیانگر میزان تاثیر پذیری طرح، ناشی از تغییرات صورت گرفته می باشد.

$$\Delta N = E[N]_{after} - E[N]$$

حال چنانچه سوابق تصادفات در مورد قطعه راه مورد نظر موجود بوده، به طوریکه در مدت زمان y

سال گذشته، (دو تا سه سال گذشته)، تعداد X تصادف گزارش شده باشد، آنگاه نسبت $\frac{X}{y}$ بیانگر

متوسط تعداد تصادفات قطعه راه مورد نظر خواهد بود. این مقدار میانگین با مقدار پیش بینی شده

$E[N]$ شباهت داشته اما به ندرت با هم برابر می باشند. زیرا اولاً وقوع X تصادف گذشته کاملاً

Table 1. AMFs Provided in the Workbook.

Facility Component	Application	Accident Modification Factor	
Freeway	Geometric design	Grade Outside shoulder width Median width	Lane width Inside shoulder width Shoulder rumble strips
	Roadside design	Utility pole offset	
Rural highway	Geometric design	Horizontal curve radius Grade Outside shoulder width Median width Centerline rumble strip Superelevation	Spiral transition curve Lane width Inside shoulder width Shoulder rumble strips TWLTL median type ¹ Passing lane
	Roadside design	Horizontal clearance Utility pole offset	Side slope Bridge width
	Access control	Driveway density	
Urban street	Geometric design	Horizontal curve radius Shoulder width TWLTL median type	Lane width Median width Curb parking
	Roadside design	Utility pole offset	
	Access control	Driveway density	
	Street environment	Truck presence	
Interchange ramp	Geometric design	Only base models for various ramp configurations are available.	
Rural intersections - signalized	Geometric design	Left-turn lane Number of lanes	Right-turn lane Alignment skew angle
	Access control	Driveway frequency	
	Other	Truck presence	
Rural intersections - unsignalized	Geometric design	Left-turn lane Number of lanes Median presence Intersection sight distance	Right-turn lane Shoulder width Alignment skew angle
	Access control	Driveway frequency	
	Other	Truck presence	
Urban intersections - signalized	Geometric design	Left-turn lane Number of lanes	Right-turn lane Lane width
Urban intersections - unsignalized	Geometric design	Left-turn lane Number of lanes Shoulder width	Right-turn lane Lane width Median presence

جدول شماره (۱۰) عوامل تاثیرگذار در ضرایب تصحیح تصادفات

اتفاقی بوده و ثانیا قطعه راه مورد نظر حداقل یک یا دو خصوصیت انحصاری دارد که باعث می شود آن را از سایر قطعات مشابه راه، مجزا نماید. بنابراین تعداد تصادفات پیش بینی شده در قطعه راه مورد نظر، $E[N/X]$ ، از طریق میانگین وزنی مقادیر $E[N]$ و $\frac{X}{y}$ محاسبه می شود؛

$$E[N/X] = E[N] \times W + \frac{X}{y} (1 - W)$$

$$W = \left(1 + \frac{E[N] \times y}{k \times L} \right)^{-1}$$

همچنین برای تعیین بیشترین تاثیرپذیری تعداد تصادفات در قطعه راه مورد نظر پس از انجام تغییرات خواهیم داشت:

$$E[N/X]_{after} = E[N/X] \times \frac{E[N]_{after}}{E[N]}$$

در نتیجه اختلاف بین تعداد تصادفات پیش شده قبل و بعد از تغییرات، بیانگر میزان تاثیر پذیری طرح، ناشی از تغییرات صورت گرفته می باشد.

$$\Delta N = E[N/X]_{after} - E[N/X]$$

شرط استفاده از روش تجربی بیز برای تعدیل و تصحیح مدل پیش بینی آن است که اجزای راه (قطعات راه، تقاطع های همسطح و رمپ غیر همسطح) تحت تاثیر تغییرات فیزیکی زیاد مانند تغییر در تعداد معابر منتهی به تقاطع یا تغییرات اساسی در تعداد خطوط و ... نباشند. دلیل این محدودیت، دسترسی به آمار تصادفات گذشته بوده که احتمالا نمی تواند نشانگر این تغییرات باشد. بنابراین با داشتن آمار تصادفات دو تا سه سال گذشته و عدم وجود تغییرات زیاد در اجزای راه، آنگاه براساس روش بیز، تعداد تصادفات پیش بینی تعدیل شده برابر است با:

$$E[N/X] = E[N/X]_t \times \frac{E[N]}{E[N_t]}$$

لذا به منظور محاسبه تعداد تصادفات پیش بینی تعدیل شده، $E[N/X]$ ، ابتدا می بایست براساس حجم ترافیک متوسط روزانه در سال جاری و نیز شرایط هندسی وضع موجود راه (در طول دوره تحلیل)، مقدار $E[N]$ محاسبه شود:

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

آنگاه مجدداً، براساس حجم ترافیک متوسط روزانه در سال t ام (گذشته) و نیز شرایط هندسه مربوط به آن سال خواهیم داشت:

$$E[N_t] = E[N]_b \times C_{rs/int} \times AMF_1^t \times AMF_2^t \times \dots \times AMF_n^t$$

به طور مشابه (همانند مطالعه قبل و بعد) خواهیم داشت:

$$E[N/X]_t = E[N]_t \times W + \frac{X}{y} (1 - W)$$

$$W = \left(1 + \frac{E[N]_t \times y}{k \times L} \right)^{-1}$$

لازم به ذکر است که در این رابطه y فاصله زمانی مربوط به سال های گذشته بوده که به X تصادفات گزارش گردید و در سال t ام گذشته پیش بینی انجام شد.

همچنین ضریب k بیانگر پراکندگی برحسب (برمایل) و L طول قطعه راه بر حسب مایل بود؛ در تقاطع ها برابر صفر می باشد.

بنابراین در نهایت از طریق روش تجربی بیز، تعداد تصادفات پیش بینی شده پس از تصحیح تعدیل با استفاده از اطلاعات و سوابق گذشته تصادفات، محاسبه می شود:

$$E[N/X] = E[N/X]_t \times \frac{E[N]}{E[N_t]}$$

به عبارت دیگر در مقایسه با احتمال شرطی و قانون بیز می توان نوشت:

$$p[N/X] = p[N] \times \frac{p[X/N]}{p[X]} \approx E[N/X] = E[N] \times \frac{E[N_t/X_t]}{E[N_t]}$$

۵-۲-۱-۸-۲- مقدمه ای بر مدل های آماری پیش بینی تصادفات :

همانطور که اشاره گردید معمولترین شاخص هایی که به عنوان خروجی مدل های پیش تصادف می باشند، تعداد تصادفات در هر سال و نیز نرخ تصادف و به عبارتی تعداد تصادفات هر یک میلیون وسیله نقلیه - کیلومتر خواهد بود. به طور کلی مراحل مدلسازی عبارتند از:

- تعیین اهمیت هر پارامتر و تاثیر آن در نرخ تصادفات،
- کنترل رابطه بین پارامترهای مختلف،

• تجزیه و تحلیل رابطه بین دو پارامتر و تعامل بین تمامی پارامترها و در نتیجه تبیین حساسیت مدل‌های توسعه یافته نسبت به متغیرهای مختلف،

• توسعه مدل‌های رگرسیونی که قابلیت پیش بینی نرخ تصادفات را دارا هستند و نرخ تصادفات را به پارامترهای گفته شده در بالا مربوط می کنند.

هدف از یک مدل آماری، یافتن رابطه بین تابع پیش‌بینی تعداد تصادفات^۱، SPF_i ، $E(Y_i) = \mu_i$ و پارامترهای وابسته به راه $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iq}$ می‌باشد، که در آن Y_i یک متغیر تصادفی بیانگر تعداد تصادفات در هر قطعه از مسیر است. بطور کلی برای n قطعه مورد بررسی در ساخت مدل، در ارتباط با هر تقاطع $i = 1, 2, \dots, n$ ، یک مجموعه شامل q پارامتر که توصیف‌کننده طرح هندسی، کنترل ترافیک، حجم ترافیک و دیگر خصوصیات وابسته به آن راه می‌باشند، به راه موردنظر اختصاص داده می‌شود.

رابطه بین تعداد تصادفات موردانتظار در قطعه i و q پارامترهای مسیری یعنی $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iq}$ می‌تواند به شکل یک مدل خطی به فرم ذیل باشد:

$$Function(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_q x_{iq}$$

که در این رابطه ضرایب رگرسیون یعنی $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_q$ ، از طریق اطلاعات و آمار محاسبه می‌شوند. روش مناسب برای بدست آوردن ضرایب رگرسیون به فرض انجام شده درباره توزیع Y_i وابسته می‌باشد.

در این قسمت به بررسی مدل‌های رگرسیون خطی چندمتغیره، رگرسیون لگاریتم طبیعی^۲ و لگاریتم-خطی^۳ و آزمون‌های مربوط به هر یک پرداخته می‌شود.

۱- مدل رگرسیون خطی چندمتغیره

ساده‌ترین نوع مدل‌های خطی تعمیم‌یافته می‌باشد که بصورت زیر بیان می‌شود:

$$Y_i = x_i \beta + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

که در آن:

Y_i : متغیر تصادفی بیانگر تعداد تصادفات در قطعه i

β : ضرایب مجهول رگرسیون می‌باشد که از روش کمترین مربعات برای تعیین β استفاده می‌شود.

به طور مثال تابع عملکرد تصادفات^۱ با استفاده از یک مدل رگرسیون خطی، تعداد تصادفات در مدت سه سال را برای هر قطعه از راه به طول L_i و قبل از انجام تغییرات در آن، تخمین می‌زند لذا با توجه به تعداد تصادفات و اطلاعات قابل دسترس، تعداد تصادفات پیش‌بینی شده در دوره سه ساله برای قطعه i ام راه برابر است با:

$$SPF_i = \beta_0 + \beta_1 \times L_i + \beta_2 \times AADT_i$$

۲- مدل رگرسیون لگاریتم طبیعی^۲

مدل رگرسیون لگاریتم طبیعی بر این فرض استوار است که لگاریتم طبیعی Y_i از یک توزیع نرمال با میانگین μ_i و واریانس σ^2 پیروی می‌کند. به عبارت دیگر فرض بر این است که تابع موردنظر از توزیع لگاریتم طبیعی پیروی می‌کند. مدل رگرسیون لگاریتم طبیعی زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که داده‌ها غیرمنفی باشند و زمانی استفاده از این مدل پیشنهاد می‌گردد که توزیع داده‌ها دارای چولگی مثبت است و میانگین داده‌ها نسبتاً بزرگ می‌باشد. این مدل همچنین تضمین می‌کند که μ_i یعنی تعداد تصادفات موردانتظار مثبت باقی بماند. در این مدل، رابطه بین تعداد تصادفات موردانتظار در قطعه i و q متغیر پیش‌بینی کننده، بصورت ذیل نوشته می‌شود:

$$\ln(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_q x_{iq}$$

یا بعبارت دیگر به شکل نمایی، به صورت ذیل نوشته می‌شود:

$$\mu_i = \exp(\beta_0) \exp(\beta_1 x_{i1}) \exp(\beta_2 x_{i2}) \dots \exp(\beta_q x_{iq})$$

۳-۱- مدل پواسون

هنگامی که تعداد متوسط تصادفات در یک قطعه از راه کم باشد، آنگاه فرض توزیع لگاریتم طبیعی معتبر نمی‌باشد. در این شرایط مدل پواسون می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. این مدل به خوبی می‌تواند وقوع پیشامدهای گسسته و کمیاب را مدل کند.

رابطه بین تعداد تصادفات موردانتظار در قطعه i و q پارامترهای مسیری یعنی $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iq}$ در این

$$\ln(\mu_i) = \beta_0 + \sum_{j=1}^q \beta_j x_{ij} \quad \text{مدل به شکل ذیل می‌باشد:}$$

در عین حال، در این مدل فرض می‌شود که تعداد تصادفات در مدل، از توزیع پواسون با میانگین μ_i پیروی می‌کند.

آنگاه احتمال اینکه یک قطعه با مجموعه‌ای معین از متغیرهای پیش‌بینی کننده یعنی $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iq}$ تصادف را تجربه کند، به صورت ذیل بیان می‌شود:

$$P(Y_i = y_i, \mu_i) = \mu_i^{y_i} e^{-\mu_i} / y_i!$$

نکته قابل توجه اینکه، توزیع پواسون تنها یک پارامتر دارد، که همانا میانگین μ_i می‌باشد. محدودیت این مدل آن است که واریانس و میانگین توزیع با هم برابر می‌باشند. به عبارت دیگر محدودیت استفاده از مدل رگرسیون پواسون، یکسان بودن پراکنش داده‌ها با متوسط آنها می‌باشد. اما در بسیاری از موارد، داده‌های مشاهده شده نشان‌دهنده پراکندگی زیاد داده‌های تصادف می‌باشند. بعبارت دیگر، پراکنش داده‌ها از آنچه که موردانتظار مدل پواسون است، بزرگتر می‌باشد.

با فرض توزیع پواسون، ضرایب رگرسیون یعنی $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_q$ ، بوسیله روش درست‌نمایی ماکزیمم، شبه درست‌نمایی یا روش کمترین مربعات تعمیم‌یافته محاسبه می‌شوند.

۳-۲- مدل دوجمله‌ای منفی

چنانچه اشاره شد، محدودیت توزیع پواسون آن است که می‌بایست میانگین با واریانس توزیع برابر باشد. پروژه‌های قبلی در زمینه تحقیق تصادفات نشان داده است که همواره این چنین فرضی صادق نیست. با فرض اینکه مدل پواسون برای مدلسازی تصادفات استفاده شود و واریانس یا پراکندگی داده‌ها از میانگین تخمین‌زده شده توزیع داده‌های تصادفات تجاوز کند، در این حالت

در این مدل فرض می‌شود که لگاریتم تعداد تصادفات از توزیع نرمال با میانگین μ_i و واریانس σ^2 پیروی می‌کند. ضرایب $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_q$ ، ضرایب رگرسیون خطی می‌باشند که بوسیله روش کمترین مربعات خطا محاسبه می‌شوند.

آزمون‌های آماری مدل رگرسیون لگاریتم طبیعی:

الف) آزمون F ،

ب) آزمون‌های ضرایب رگرسیون بطور مجزا،

ج) ضریب همبستگی (R^2)،

ضریب همبستگی یکی از معیارهای دیگر برای آزمون خوبی برازش مدل و برای مقایسه اعتبار نتایج الگوهای رگرسیونی که دارای متغیرهای مستقل مختلف هستند، می‌باشد.

مشکل R^2 به عنوان معیار خوبی برازش رگرسیون این است که R^2 به انحرافات بیان شده و بیان نشده y مربوط است و از اینرو تعداد درجات آزادی مساله مطرح نمی‌شود. برای رفع این مشکل کافی است که به جای انحراف، پراکنش‌ها بکار برده شود که در نتیجه آن R^2 معیار خوبی رگرسیون به تعداد متغیرهای مستقل در الگو بستگی نخواهد داشت، به این جهت ضریب همبستگی اصلاح‌شده ($\bar{R}^2$) تعریف می‌شود.

از اینرو $\bar{R}^2$ معیار مطلوبتری نسبت به R^2 برای اندازه‌گیری خوبی برازش رگرسیون است و مقدار آن بین صفر تا یک می‌باشد. هرچه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد، نشان دهنده مناسب بودن مدل است.

۳-۳- مدل رگرسیون لگاریتم خطی^۱

مدلهای پواسون و دوجمله‌ای منفی، دو مدل لگاریتم خطی می‌باشند، که می‌توانند برای اعمال به فراوانی داده‌های تصادفات در تقاطعات همسطح استفاده شوند. شکل کلی این مدلها به شرح ذیل می‌باشد:

گفته می‌شود که داده‌ها دارای پراکندگی زیاد هستند. این حالت با فرض برابری میانگین و واریانس در توزیع پواسون مغایر است. لذا در این شرایط از توزیع دوجمله‌ای منفی استفاده می‌شود. توزیع دوجمله‌ای منفی، توزیع گسسته‌ای است که مدل دیگری برای داده‌های با پراکندگی زیاد نظیر داده‌های تصادفات را فراهم می‌کند.

برخلاف توزیع پواسون، توزیع دوجمله‌ای منفی دو پارامتر دارد. چنانچه برای مدل پواسون در بالا ذکر شد، رابطه بین تعداد تصادفات موردانتظار در قطعه i و q پارامترهای مسيرمربوطه باز هم بصورت ذیل است:

$$\text{Function}(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_q x_{iq}$$

در عین حال، در اینجا فرض براین است که تعداد تصادفات Y_i از توزیع دوجمله‌ای منفی با پارامترهای α و k پیروی می‌کند (که $0 \leq \alpha \leq 1$ ، $k \geq 0$).

احتمال اینکه قطعه i تعریف‌شده با مجموعه معینی از متغیرهای پیش‌بینی کننده $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iq}$ ، $Y_i = y_i$ تصادف را تجربه کند، می‌تواند به صورت ذیل بیان شود:

$$\Pr(Y_i = y_i, \alpha, k) = \frac{(y_i + k - 1)!}{y_i! (k - 1)!} \times \frac{\alpha^{y_i}}{(1 + \alpha)^{y_i + k}}, \quad y_i = 0, 1, 2, \dots$$

میانگین و واریانس توزیع دوجمله‌ای منفی داده‌های تصادف می‌تواند براساس پارامترهای α و k بصورت ذیل بیان شود:

$$\text{میانگین} = E(Y) = \mu_i = k \alpha$$

$$\text{واریانس} = \text{Var}(Y) = k\alpha + k\alpha^2 = \mu_i + \frac{\mu_i^2}{k}$$

در این رابطه جزء μ_i به تابع واریانس پواسون برمی‌گردد و مقدار $\frac{\mu_i^2}{k}$ جزء اضافی برآمده از ترکیب توزیع پواسون با توزیع گاما است که توزیع دوجمله‌ای منفی را ایجاد می‌کند.

همانند مدل پواسون، ضرایب مدل رگرسیون $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_q$ ، از طریق روش ماکزیمم درستنمایی محاسبه می‌شوند. علاوه بر این روشهای دیگری از قبیل شبه درستنمایی، کمترین مربعات وزنی، تکنیک‌های تخمینی لحظه‌ای و تخمین براساس رگرسیون قابل استفاده است.

۵-۲-۱-۹- شناسایی الگوهای تصادفات براساس توزیع دو جمله‌ای:

اگر در کل n مکان شناسایی شده، تعداد تکرار تصادفات در هر مکان، f_j ، و نیز تعداد تکرار هر نوع i از تصادف در هر مکان j ، f_{ij} ، باشد، آنگاه در هر مکان مشخص j ، اگر کل تصادفات آن $n = f_j$ باشد، آنگاه احتمال وقوع تعداد معینی تصادف، $K = f_{ij}$ ، براساس توزیع احتمال گسسته دوجمله‌ای برابر است با:

$$P(k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \Rightarrow P(f_{ij}) = \frac{f_j!}{f_{ij}! (f_j - f_{ij})!} \times p^{f_{ij}} (1-p_i)^{f_j - f_{ij}}$$

$$P(F_{ij} < f_{ij}) = \sum_{k=0}^{f_{ij}-1} \frac{f_j!}{K! (f_j - K)!} \times p_j^k (1-p_i)^{f_j - k}$$

$$P(F_{ij} \geq f_{ij}) = 1 - P(F_{ij} < f_{ij})$$

The Federal Highway Administration (FHWA) is currently developing an Interactive Highway Safety Design Model (IHSDM) for use by highway designers to incorporate more explicit consideration of safety into the highway design process.

IHSDM will consist of a set of computer tools that can work interactively with the Computer-Aided Design (CAD) systems used by many agencies to design highway improvements. The components of the IHSDM will include a Crash Prediction Module (CPM), Roadside Safety Module (RSM), Intersection Diagnostic Review Module (DRM), Design Consistency Module (DCM), Policy Review Module (PRM), Driver/Vehicle Module (D/VM), and Traffic Analysis Module (TAM). Initial

priority in IHSDM development is being given to evaluation of rural two-lane highway.

۵-۲-۲-اولویت بندی نقاط حادثه خیز

۵-۲-۲-۱-بررسی شاخص های اولویت بندی نقاط حادثه خیز هر منطقه

سه شاخص اصلی تصادفات جهت اولویت بندی نقاط حادثه خیز استفاده می شود. این شاخص ها عبارتند از:

تکرار تصادفات^۱، شدت تصادفات^۲ و حجم وسایل نقلیه در معرض خطر^۳.

همانطور که در ماتریس ارزیابی خطر؛ مطابق جدول شماره (۱۱) مشخص است، با توجه به مطالعات صورت گرفته در کشور نیوزیلند، ضرایب وزنی خاصی برای هر بازه از شاخص های مطرح شده، در نظر گرفته شده است.

بر اساس این روش با بررسی هر نقطه یا مقطع، امتیاز مربوط به شاخص های تکرار، شدت و حجم وسایل انتخاب می شود و با ضرب کردن این ۳ عدد در یکدیگر، عدد مربوط به خطر تصادف در هر نقطه بدست می آید. هر قدر که این عدد بزرگتر باشد، خطر تصادف در آن نقطه بیشتر خواهد بود و به تبع آن در اولویت اصلاح و بررسی قرار می گیرد.

در این روش می توان تا همین مرحله پیشرفت و اولویت مورد نظر را شناسایی کرد ولی طراحان آن بر پایه روش مطالعه قبل و بعد^۴ و بر اساس پیش بینی تغییرات امتیاز هر شاخص، که پس از اجرای تمهیدات مهندسی و رفع مشکل نقاط به وقوع خواهد پیوست، اولویت بندی را تکمیل می نمایند.

بدین ترتیب با پیش بینی میزان هزینه رفع و اصلاح نقطه حادثه خیز و تغییرات عدد خطر تصادف، کار ادامه می یابد. در ابتدا با تقسیم عدد خطر تصادف قبل از انجام اصلاحات فرضی بر عدد خطر تصادف بعد از انجام اصلاحات فرضی، میزان کاهش یا به عبارت دیگر نسبت کاهش را بدست می آوریم. سپس با فرمول زیر نسبت های اولویت بندی حاصل می شود:

$$۱۰۰ \times (\text{هزینه رفع و اصلاح نقطه}) / (\text{نسبت کاهش عدد خطر تصادف}) = \text{عدد اولویت بندی}$$

لازم به ذکر است که هر چه عدد اولویت بندی یک نقطه بزرگتر باشد، اولویت اصلاح با آن نقطه خواهد بود. همچنین آن دسته از نقاط که به طور همزمان دارای هزینه تصادفات کمتر و میزان کاهش عدد خطر تصادف بیشتر باشند، در اولویت بررسی و اصلاح قرار می گیرند.

معیار	شرح	امتیاز درجه بندی
تکرار تصادفات	بالا: بیش از ۳ تصادف در هر سال اتفاق افتاده باشد.	۱۰۰
	متوسط: بین ۱ تا ۲ تصادف در هر سال اتفاق افتاده باشد.	۵۰
	پایین: بین ۱ تا ۵ تصادف در ۵ سال گذشته اتفاق افتاده باشد.	۳۰
	خیلی پایین: هیچ تصادفی رخ نداده باشد.	۱۰
شدت تصادفات	تصادفات منجر به فوت	۱۰۰
	تصادفات منجر به جراحت شدید	۱۸/۸
	تصادفات منجر به جراحت سطحی	۲/۲
	تصادف خسارتی	۰/۵
حجم وسایل نقلیه در معرض خطر	۱۰۰۰۰ و بیشتر	۱۰۰
	۵۰۰۰ - ۱۰۰۰۰	۷۵
	۲۵۰۰ - ۵۰۰۰	۳۷/۵
	۱۰۰۰ - ۲۵۰۰	۱۷/۵
	۵۰۰ - ۱۰۰۰	۷/۵
	۲۵۰ - ۵۰۰	۳/۸
	۱۰۰ - ۲۵۰	۱/۸
	۱۰۰ و کمتر	۱

۵-۲-۲-۲-اولویت بندی در هر منطقه نسبت به سایر مناطق کشور

- شاخص های مرتبط با تعداد وسایل نقلیه

این گروه از شاخص ها، آمار تصادف را در مقاطع طولی از راه یا در محورهای مختلف نسبت به میزان تردد آنها تعیین می کنند. برخی از شاخص هایی که در این گروه قرار می گیرند عبارتند از:

- نرخ مرگ و میر یا تصادفات به ازای صد میلیون وسیله نقلیه - کیلومتر طی شده

- نرخ مرگ و میر یا تصادفات به ازای ده میلیون وسیله نقلیه - ساعت

- نرخ مرگ و میر یا تصادفات به ازای یک میلیون وسیله نقلیه ورودی

- شاخص های جمعیتی

این گروه از شاخص ها برای مقایسه وضعیت تصادفات در یک منطقه و یا کشور با مناطق یا کشورهای دیگر تعریف می شوند.

شاخص نرخ تعداد کشته ها به ازای ۱۰۰ هزار نفر جمعیت در این مجموعه مورد بررسی قرار خواهد گرفت .

- شاخص هزینه تصادف^۱

از آنجا که تعیین هزینه تصادفات جاده ای بحث پیچیده و گسترده ای است، به ندرت این معیار به عنوان شاخص در تعیین نقاط حادثه خیز مورد استفاده قرار می گیرد. تعیین هزینه های تصادفات ممکن است به منظور ارزیابی منابع از دست رفته "پس از وقوع حادثه" یا به منظور استفاده در محاسبات "قبل از وقوع حادثه"، یعنی ارزیابی سرمایه گذاریها و برنامه ریزی تخصیص منابع در پروژه های حمل و نقل مورد استفاده قرار گیرد. شش عنصر اصلی تشکیل دهنده هزینه تصادفات جاده ای به اختصار عبارتند از:

۱- هزینه جان افراد فوت شده و هزینه معلولیت های دائمی

۲- هزینه جراحات جسمانی (غیر از معلولیت های دائمی)

۳- هزینه درد، غم، جراحات روانی و صدمات روحی

۴- هزینه اشیاء منهدم شده یا خسارت دیده ای که دارای قیمت مشخصی در بازار هستند.

۵- هزینه اوقات تلف شده و از بین رفته در تصادفات جاده ای

هر یک موارد فوق الذکر ممکن است به شکل مستقیم یا غیر مستقیم هزینه را بوده و خود دارای اجزاء فرعی دیگری نیز باشند. به هر حال، این مطلب نیز مورد قبول پژوهشگران واقع شده که برآورد این هزینه ها عموماً پایین تر از مقدار واقعی آنها می باشد و این مطلب ناشی از کمبود اطلاعات است.

- شاخص نرخ تعداد کشته ها به ازای ۱۰۰ هزار نفر جمعیت

در این روش، با استفاده از آمار جمعیتی هر استان و تعداد افراد کشته شده در تصادفات هر استان با استفاده از فرمول (۲-۱۶) نرخ مورد نظر ارائه می شود:

$$N = \frac{T \times 10^5}{P}$$

که در آن:

N: نرخ تعداد کشته به ازای ۱۰۰ هزار نفر جمعیت،

T: تعداد افراد کشته شده در تصادفات هر استان و

P: جمعیت هر استان می باشد.

۵-۲-۳-فرآیند تشخیص مشکلات ایمنی^۱

پس از شناسایی مناطق حادثه خیز بالقوه، شامل مناطق سیاه و مکان های مستعد تصادف و اولویت بندی آنها، حال می بایست براساس یک فرآیند ۴ مرحله ای تشخیص تصادفات، اولاً نوع مشکلات ایمنی در هر نقطه و ثانیاً اقدامات چاره ساز اصلاحی مناسب برای آنها مشخص گردد. مطابق شکل شماره (۱۱) فرآیند ۴ مرحله ای تشخیص عبارتند از: (بررسی تاریخچه و سوابق^۲ هر مکان، طبقه بندی مکانها^۳، تحلیل تصادفات^۴، بررسی^۵ و بازدید میدانی از هر مکان)

به منظور حصول اطمینان از عملکرد ترافیک به صورت ایمن چند اصل اساسی باید در نظر گرفته شوند:

- حذف ویژگیهای مخاطره آمیز راه (مانند افزایش شعاع قوس)
- فراهم کردن حفاظت مناسب برای تمام وسایل نقلیه و استفاده کنندگانی که وسیله نقلیه ندارند.
- تسهیل در رانندگی (مانند کاهش برخورد های ترافیک)
- ارتقاء سیستم اطلاع رسانی (هشدارها، راهنمایی ها)
- ارتقاء شرایط کنار جاده

همچنین با توجه به طبیعت و ویژگی های منطقه تحت مطالعه، وسعت بررسی می تواند بسیار گسترده باشد. مانند بررسی تاثیر یک جاده کمربندی بر روی منطقه تحت مطالعه که ترافیک عبوری را از ترافیک محلی جدا می کند.

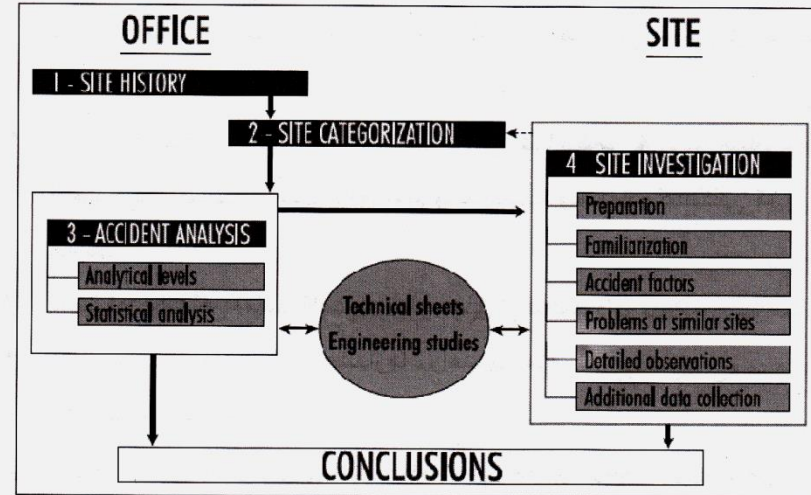
بنابراین برای تشخیص صحیح مشکلات ایمنی، ابتدا می بایست درک درستی از مکانیزم تصادف وجود داشته باشد، به نحوی که:

- هر تصادف، نتیجه نهایی وقوع یک سری حوادث متوالی در یک شرایط خاص است.
- هر حادثه ای به یکی از سه جزء اصلی سیستم ایمنی (انسان، جاده و وسیله نقلیه) بر می گردد.
- هر تصادفی تحت تاثیر شدید اقدامات ایمن سازی قبلی و نتایج آنها قرار دارد.

گام اول، بررسی تاریخیچه و سوابق هر مکان

ممکن است قبل از شروع تشخیص مشکلات ایمنی هر محل، انواع مختلفی از اطلاعات و سوابق مانند (خصوصیات هندسی، فهرست تابلوهای راه، احجام ترافیک، عکس ها و فیلم ها، نتایج مطالعات مهندسی مانند سرعت نقطه ای، فاصله دید و نیز هر نوع گزارش قبلی) از محل مورد مطالعه در دسترس باشد که همه این اطلاعات می بایست در ابتدای تشخیص، جمع آوری شوند تا:

- با مشکلات شناسایی شده و راه حل های آنها در گذشته آشنایی صورت گیرد.



شکل شماره (۱۱)-فرآیند مرحله ای تشخیص مشکلات ایمنی

یک تشخیص ایمنی ممکن است کاری پیچیده باشد و شدیداً نیاز به تجربه و قضاوت مهندسی داشته باشد که نمی توان آنرا با هیچ کتاب راهنمایی جایگزین نمود.

منشاء مشکلات ایمنی ممکن است ناشی از تصمیمات اتخاذ شده در مراحل مختلف توسعه و عملکرد یک شبکه راه باشد. مانند برنامه ریزی، طراحی، ساخت، تعمیر و نگهداری. لذا در هنگام بررسی سیستم، تحلیل گر می بایست بررسی کند که مشکلات مشاهده شده نتیجه کدام مرحله می باشد. این مطلب نیز باید مورد توجه قرار گیرد که تشخیص های ایمنی راه، نیاز به مهارت هایی بیشتر از حوزه مهندسی راه دارند. زیرا اغلب نتیجه ترکیب نهایی عواملی هستند که هر کدام به یکی از اجزاء سیستم ایمنی (انسان، وسیله نقلیه و محیط) بستگی دارند.

راه حل های مربوط به مسائل ایمنی:

عملیات مهندسی راه با هدف ارتقاء ایمنی، معمولاً شامل تغییراتی در یک یا تعدادی از موارد زیر می باشد:

- خصوصیات طرح هندسی راه
- مدیریت ترافیک
- اطلاع رسانی به استفاده کنندگان از راه توسط علائم افقی و عمودی

- از دوباره کاری پرهیز شود و بنابراین در صورتیکه تغییر عمده ای در محل روی نداده باشد، نیاز به تکرار مطالعات مهندسی نیست.

گام دوم، طبقه بندی هر مکان

- براساس سیستم سلسه مراتب طبقه بندی عملکرد معابر، می بایست این مکان ها طبقه بندی شوند.
- طبقه بندی مکانها برای انتخاب گروه های مرجع که در مرحله بعدی (تحلیل تصادف) استفاده می شوند نیز بکار می رود.
- طبقه بندی مکان ها برای بررسی استانداردهای موجود و ارتباط با عوامل محیطی راه که در مرحله چهارم (بررسی و بازدید میدانی) انجام می شوند نیز کاربرد داشته به طوریکه طبقه بندی هر محل می تواند مشکلات محل های مشابه را نیز مشخص نماید.
- همچنین طبقه بندی مکان ها مشخص می کند که اقدامات اصلاحی بالقوه تا چه حد می تواند پاسخگوی مناسبی برای نیازهای محیط جاده باشند.

گام سوم، تحلیل تصادفات

۱- سطوح تحلیل

تحلیل نیز می تواند در سطوح مختلف انجام شود، به طوریکه تعداد تصادفات، این سطوح را مشخص می کند.

الف- سطح خرد یا تحلیل جزئیات: این سطح با تحلیل یک تصادف خاص به صورت جزئی تر مانند بازسازی تصادفات، تحلیل جزئی موقعیت های حادثه خیز برای افزایش ایمنی و... سروکار دارد.

این تحلیل در صحنه تصادف و قبل از جابجایی ماشین ها و با حضور افراد ذینفع و شاهدان صورت می گیرد. این امر امکان جمع آوری اطلاعات مهم مانند مسیر حرکت وسایل و موقعیت نهایی آن را ممکن می سازد. پیشنهادات ارائه شده در انتهای این بررسی ها فراتر از چهارچوب هر تصادف بوده و به دنبال جلوگیری از حوادث دیگری است که در شرایط مشابه روی می دهند. به دلیل هزینه بالای این روش این نوع تحلیل ها به صورت محدود انجام می گیرد.

ب- سطح میانی یا تحلیل سناریوهای تصادف در هر مکان: در این سطح یک مکان یا یک نقطه حادثه خیز مورد بررسی قرار می گیرد. بر این اساس تعداد محدودی از تصادفات که در این موقعیت به وقوع می پیوندند، بررسی می شوند. این نوع مطالعات معمولاً بعد از تغییر و از بین رفتن شواهد در محل تصادف صورت می گیرد. تکیه تحلیل کننده بیشتر بر روی اطلاعات گزارش تصادف است که می بایست دقیق و مفصل بوده تا بازسازی مجدد و کامل تصادف را ممکن سازد. این روش به طور کلی با استفاده از گروه های کوچک با چند تخصص یا توسط متخصصان مهندسی راه تکمیل می شود.

ج- سطح کلان یا تحلیل آماری: در این سطح تعداد زیادی تصادف مورد بررسی قرار می گیرند. این روش شامل همه روش های تحلیل آماری تصادفات نظیر تعداد تصادفات، تعداد کشته ها، تعداد زخمی ها و ... می باشد. برای مثال، تمام تصادفات مربوط به شبکه جاده ای، یا تمام تصادفات مربوط به نوع خاصی از کاربران راه (نظیر: عابران پیاده، وسایل نقلیه سنگین و غیره) و یا تمام تصادفات یک طبقه بندی خاص از راه تحلیل می شوند.

هدف تجزیه و تحلیل گزارشات تصادف است تا مشخص شود که چه عواملی به صورت غیر عادی در هر تصادف تکرار شده اند. به طور مثال مطابق شکل شماره (۱۲)، در چهار تصادف از پنج تصادف روی داده در یک مکان، عامل « سطح خیس بودن روسازی » مشترک است.

با توجه به تشکیل زنجیره عوامل در هر تصادف (زنجیره عوامل در تصادفات نمی تواند مشابه باشد ولی ممکن است تعددی عوامل در آنها تکراری باشد)، مشاهده می شود که این عامل در آنها تکرار شده است، لذا هدف از انجام این تحلیل، درک علت این تکرارها می باشد که در ادامه روشهای آن تشریح می گردد.

تحلیل آماری تصادفات در دو مرحله انجام می شود که عبارتند از:

الف- خلاصه سازی تصادفات شامل :

نمودارهای تصادف ، جداول خلاصه و جداول مقایسه ای تصادف.

- یک نمودار تصادف ، تمام تصادفاتی را که در یک محل روی داده نمایش می دهد که عبارتند از: (محل هر تصادف، مسیر حرکت هر وسیله نقلیه، مانور هر وسیله نقلیه در پیچ جاده و مسیر مستقیم، نوع تصادف). همچنین ممکن است اطلاعات دیگری مانند شدت تصادف ، تاریخ ، روز ، ساعت ، شرایط جاده و غیره را نیز در بر داشته باشد. همچنین نمودار تصادف ، شناسایی الگوهای تکراری تصادف و تشخیص آنها در مسیرهای مشخص را تسهیل می کند.

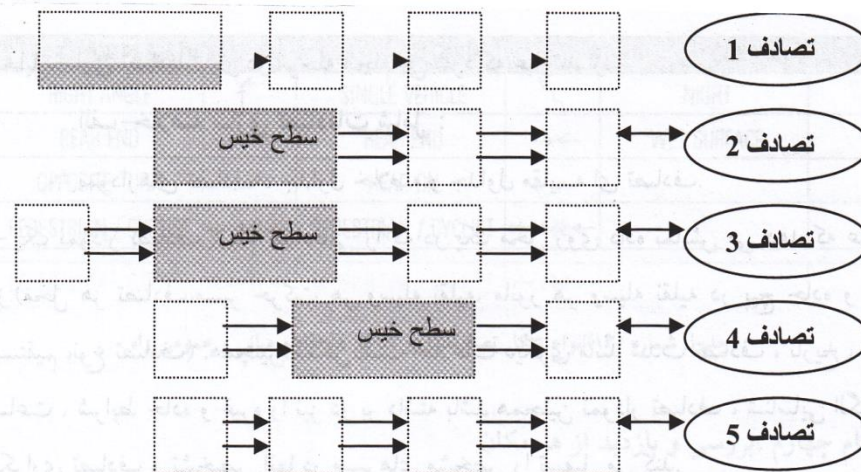
- جدول خلاصه تصادفات ، مشخصات یک گروه از تصادفات را نشان می دهد و موجب تسهیل شناسایی عوامل تکراری می گردد. به طور مثال اگر نشان دهد که تعدادی از تصادفات در اواخر هفته روی داده اند ، آنگاه این موجب هدایت تحلیلگر به شناسایی مسائل و راه حل های مربوطه می گردد.

- در جداول مقایسه ای تصادفات ، مقایسه ویژگی های تصادف هر محل با ویژگی های تصادفات در مکان های مشابه دیگر ، تخمین دقیقی از بهبود بالقوه مورد انتظار ناشی از اقدامات اصلاحی را فراهم می نماید.

ب- بررسی عوامل سهیم در تصادفات،

هنگامیکه عوامل ایجاد تصادف مشخص شدند ، تحلیل گر باید به مهندسین راه جهت جلوگیری از تصادف های مشابه در آینده راهکارهای مناسبی ارائه دهد.

در این قسمت تعداد ده جدول برای ده نوع برخورد به منظور بررسی انواع این برخوردها، مطابق جدول شماره (۱۳)، در سه قسمت تقاطع ها (انوع برخورد)، مقاطع میانی (انوع برخورد) و عمومی (انوع برخورد) راه تنظیم شده است که در هر جدول ، عوامل موثر در تصادف، انواع دیگر تصادفات، مشاهدات و اندازه گیری و محاسبات ، اقدامات ممکن و نیز منابع تئوری مربوطه مشخص شده است.



شکل شماره (۱۲) مثال بررسی عوامل ایجاد ۵ تصادف نمونه

- تحلیل آماری تصادفات

ارزش تصادفات اطلاعاتی را درخصوص نواقص زیر بنایی و بالقوه راه مطرح می کند. مطابق جدول شماره (۱۲) نمونه اطلاعات گزارش شده در هر تصادف شامل عامل حادثه، نوع تصادف، نوع نور حرکتی، شدت تصادف، شرایط هوا و سطح راه، زمان تصادف، خصوصیات راه و شرایط کنترل افیک، عوامل انسانی و ... می باشد.

COLLISION INVOLVING	ACCIDENT TYPE	MANOEUVRE	SEVERITY
- pedestrian, cyclist - passenger car - heavy vehicle, bus - train - animal - other	- right angle - rear end - head-on - sideswipe - single vehicle	- crossing - turning - overtaking - parking - etc.	- fatal - severe injury - light injury - Property damage only (PDO)
WEATHER CONDITION	SURFACE CONDITION	TIME	ROAD FEATURE
- clear - cloudy - rain - mist - snow	- dry - wet - other (sand, snow, etc.) - holes, ruts	- time of day - day of week - month - year	- junction - horizontal curve - grade - etc.
TRAFFIC CONTROL	HUMAN FACTORS	OTHERS	
- none - yield - stop - beacons	- fatigue - inattention - age - etc.	- road works - national holiday - etc.	

۵-۲-۴- اولویت بندی طرح‌های ایمنی نقاط حادثه خیز بر اساس ارزیابی‌های

اقتصادی

پس از شناسایی مناطق حادثه خیز بالقوه و رتبه بندی آنها جهت تحلیل تصادفات و اقدامات اصلاحی مناسب، مرحله بعدی که حائز اهمیت نیز می باشد، ایجاد سیستمی برای اولویت بندی اقدامات مربوطه است. این اولویت بندی به منظور حداکثر کاهش در تعداد تصادفات می باشد که به موجب آن حداکثر سود از هزینه‌های صرف شده حاصل گردد. بنابراین در اولویت‌بندی طرح‌های ایمنی، بهترین طرح آن است که دارای بالاترین نرخ بازده اقتصادی باشد. اگر اطلاعات کافی در خصوص اثرات اقدامات اصلاحی وجود نداشته باشد، شاید بهترین اولویت، کم هزینه‌ترین طرح باشد. برای ارزیابی اقتصادی طرح‌ها، روش‌های بسیار زیادی وجود دارد که از بین آنها روش‌های زیر بیشترین کاربرد را دارند:

- نرخ بازده سال اول (FYRR)^۱،
- ارزش خالص فعلی (NPV)^۲،
- نسبت ارزش خالص فعلی به ارزش فعلی هزینه‌ها (NPV/PVC)^۳،
- نسبت منفعت به هزینه نهایی (IBCR)^۴،
- نرخ بازده داخلی (IRR)^۵.

بهترین روش برای رتبه بندی طرح‌ها، تعیین اولویت بر اساس نسبت ارزش خالص فعلی به ارزش فعلی هزینه‌هاست. در این شیوه، NPV بر مجموع هزینه‌های تنزیل یافته تقسیم می‌شود. به این ترتیب، پروژه‌ها بر حسب نسبت NPV/PVC تقسیم می‌گردند.

INTERSECTION		SECTION		GENERAL	
RIGHT ANGLE		SINGLE VEHICLE		NIGHT	
REAR END		REAR END		WET SURFACE	
OPPOSITE TURN		HEAD-ON			
PEDESTRIAN / CYCLIST		PEDESTRIAN / CYCLIST			
PEDESTRIAN / CYCLIST		PEDESTRIAN / CYCLIST			

جدول شماره (۱۳) انواع شکل تصادفات در نقاط، مقاطع میانی و عمومی راه

گام چهارم، بررسی و بازدید از هر مکان

بررسی و بازدید میدانی از هر مکان یک عامل مهم در تشخیص ایمنی آن مکان می باشد زیرا، اولاً باعث مشخص شدن علل مشکلات می گردد (مشکلات شناسایی شده از تحلیل تصادف) و ثانیاً متناسب بودن اقدامات اصلاحی نظیر را اثبات می کند. همچنین سایر مشکلات ایمنی، که از تحلیل تصادف شناسایی نشده اند، پس از بازدید میدانی مشخص خواهند شد.

بررسی و بازدید میدانی شامل ۶ مرحله می باشد که عبارتند از:

- آماده سازی وسایل و تجهیزات،
- آشنائی با محل از طریق ایجاد شرایطی همانند سایر مسافرین و کاربران از راه مانند حرکت با سرعت مشابه،
- بررسی عوامل ایجاد تصادف در محل،
- استفاده از تجارب گذشته تحلیلگر در خصوص مشکلات ایمنی مکان‌های مشابه،
- مشاهدات کامل از جزئیات و ویژگیهای مربوط به جاده و شرایط ترافیک و نیز رفتار کاربران ترافیک جهت تعیین امکان ارتباط موارد یاد شده با مشکلات ایمنی،

۵-۳- بازرسی ایمنی راه^۱:

بازرسی ایمنی راه یک فرآیند نظام‌مند و رسمی برای تجزیه و تحلیل مسایل و مشکلات ایمنی یک پروژه 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 درباره نقاط بالقوه تصادف‌خیز و عملکرد ایمنی پروژه‌ها گزارش می‌دهند.

ممیزی ایمنی راه ارزیابی رسمی سیستماتیک ایمنی راه است که توسط یک ممیز یا تیم ممیزی مستقل و شایسته بر روی یک راه موجود و یا یک طرح راه، اجرا می‌شود و پتانسیل تصادف خیزی پروژه‌ها را برای تمام انواع استفاده کنندگان راه گزارش می‌دهد.

ممیزی ایمنی راه می‌تواند برای تمام انواع پروژه‌های راه، مانند ساخت راه جدید و نوسازی راههای موجود انجام شود.

همچنین ممیزی ایمنی راه می‌تواند برای پروژه‌های کوچک و همین‌طور پروژه‌های بزرگ اعمال شود و برای راههای برون شهری و درون شهری نیز بکار برده می‌شود. همچنین می‌تواند برای ارزیابی سیستماتیک جنبه‌های گوناگون ایمنی راههای موجود استفاده شود. بنابراین ممیزی ایمنی راه یک روش پیشگیری سیستماتیک تصادف می‌باشد، و پیشگیری بهتر از درمان است.

استانداردهای راه، یک ابزار بسیار مهم و مرجعی برای طراح و ممیز می‌باشند. ولی وظیفه اصلی ممیز، کنترل تطابق پروژه با استانداردهای ویژه راه نمی‌باشد. ممیزی ایمنی راه فقط مطالعه جوانب ایمنی طرح راه، است.

ممیزی ایمنی تنها بررسی جوانب ایمنی راه می‌باشد. ممیزی ایمنی راه نه صرفاً به کنترل تبعیت از استاندارد مخصوص راه مربوط است و نه تایید کننده فنی کل طرح راه می‌باشد. همچنین سنجش ملاحظات ایمنی در برابر ملاحظات اقتصادی وظیفه ممیزان نمی‌باشد. سوالات مرتبط با بازرسی ایمنی راه عبارتند از:

۱- هدف از بازرسی چیست؟

۲- اعضای تیم بازرسی چه کسانی هستند؟

۳- در چه مرحله ای از پروژه بازرسی انجام می‌شود؟

۴- کدام پروژه‌ها بازرسی می‌شوند؟

۵- چک لیست بازرسی چیست؟

۶- فرآیند بازرسی چگونه دنبال می‌شود؟

۷- گزارش خروجی بازرسی چیست؟

۸- ارزیابی و نظارت تاثیرات چگونه سنجیده می‌شود؟ (هزینه/فایده)

۵-۳-۱- هدف از بازرسی

اهداف اصلی بازرسی ایمنی راه عبارتند از:

- تامین سطح بالایی از ایمنی راه برای کاربران با حذف و یا محدودیت عوامل خطر ساز
- شناسایی تمام مناطق مستعد خطر تصادف،
- پیشنهاداتی در مورد چگونگی بر طرف نمودن این مشکلات

۵-۳-۲- ترکیب اعضای تیم بازرسی ایمنی

- مدیر تیم و نیز کارشناس فنی بر حسب نوع پروژه و مرحله بازرسی
- پلیس (در صورت ضرورت برای مرحله پیش از گشایش و راه موجود)

۵-۳-۳- مراحل مختلف بازرسی ایمنی راه در ایران:

مراحل مختلف بازرسی ایمنی راه در ایران مطابق جدول شماره (۱۴) عبارت است از:

- بازرسی ایمنی فاز صفر (توجیه فنی و اقتصادی طرح)^۱
- بازرسی ایمنی فاز یک (طراحی مقدماتی)^۲
- بازرسی ایمنی فاز دو (تهیه طرح قطعی)^۳
- بازرسی ایمنی پیش از گشایش راه^۴
- بازرسی ایمنی راههای موجود و نیز بازرسی ایمنی طرحهای انحراف ترافیک^۵

مرحله بازرسی نوع راه		امکان سنجی	فاز یک	فاز دو	پیش از گشایش	راه موجود	هدایت ترافیک
آزادراه		*	*	*	*	*	*
بزرگراه		*	*	*	*	*	*
راه اصلی	درجه یک	*	*	*	*	*	*
	درجه دو	-	*	*	*	*	*
راه فرعی	درجه یک	-	*	*	*	*	*
	درجه دو	-	-	*	*	*	*

جدول شماره (۱۴) مراحل مختلف بازرسی براساس نوع طبقه بندی راه در ایران

۴-۳-۵- بازرسی ایمنی راه برای انواع پروژه‌ها عبارت است از:

- پروژه‌های طراحی؛
- پروژه‌های ترمیم و بهسازی؛
- اصلاح نقاط تصادف‌خیز؛
- طرح‌های آرام‌سازی ترافیک؛
- ساماندهی تقاطع‌ها و نقاط دسترسی و نیز علائم و تابلوها

۵-۳-۵- چک لیست‌ها (فهرست‌های کنترلی):

چک لیست‌ها بعنوان یک فرم راهنما و یادآوری کننده برای اطمینان از در نظر گرفتن تمام مباحث ایمنی استفاده می شوند. درجدول شماره (۱۵) نمونه عناوین کنترلی جهت بازرسی ایمنی راه مشخص می شود.

موضوع	بله	خیر	توضیحات
۱-۲-۴- اجزای مقطع عرضی			
- آیا برای پروژه پیشنهادی مقطع عرضی مناسب با توجه به نیازهای زیر در نظر گرفته شده است:			
• رده و طبقه راه • سرعت طراحی • سطح سرویس، حداکثر حجم سرویس			
- آیا ابعاد مقطع عرضی امکان تعریض و توسعه آتی را خواهد داشت؟			
۱-۲-۵- سرعت طرح و سرعت مجاز			
- آیا سرعت طرح با موارد زیر متناسب است؟			
• نوع عملکرد راه • ترافیک پیش‌بینی شده			
- آیا سرعت مجاز تعیین شده متناسب با سرعت طرح است؟			
- آیا تغییر ناگهانی در سرعت پیشنهادی یا سرعت مجاز در طول طرح ایمن است؟			
۱-۲-۶- حجم طراحی و ویژگی‌های ترافیک			
- آیا سرعت طرح متناسب با حجم و ترکیب ترافیک است؟			
- آیا ایمنی طرح در اثر تغییرات پیش‌بینی نشده در حجم و ترکیب ترافیک به مخاطره می‌افتد؟			
۱-۳- تقاطع‌ها			
۱-۳-۱- تعداد و نوع تقاطع‌ها			
- آیا نوع و طرح کلی، فاصله و سایر مشخصه‌های تقاطع‌ها با توجه به موارد زیر مناسب است؟			
• عملکرد اصلی طرح • عملکرد راه‌های متقاطع • ترکیب ترافیک طرح و راه‌های متقاطع • انواع تقاطع‌های موجود در طرح و بخش‌های مجاور راه			
- آیا تعداد تقاطع‌ها با توجه به موارد زیر مناسب است؟			
• دسترسی ایمن • عدم تأثیر روی شبکه مجاور راه • دسترسی وسایل نقلیه اضطراری			
- آیا راس‌های قائم و افقی با توجه به نوع و فاصله تقاطع‌ها در نظر گرفته شده است؟			
- آیا می‌توان تقاطع‌های غیرضروری را حذف کرد و یا دسترسی‌ها را با ایجاد تغییراتی در شبکه راه مجاور ایمن‌تر نمود؟			

جدول شماره (۱۵) معرف، عناوین، فهرست‌های کنترلی، در بازرسی ایمنی راه

۵-۳-۷- هدف اصلی از نگارش گزارش بازرسی ایمنی

در یک گزارش بازرسی ایمنی راه مطابق جدول شماره (۱۷)، هدف، توصیف اطلاعات فراهم شده (نقشه ها و گزارشات میدانی) برای بازرسی ایمنی راه و تعیین اهمیت و سطح ریسک یافته ها براساس جداول شماره (۱۷) الی (۲۱) و در نهایت ارایه پیشنهادهای نظری در مورد اقدامات اصلاحی (بدون ارایه راه حل) می باشد.

گزارش بازرسی قابل تجدید نظر نبوده و کارفرما نمی تواند اصلاح آنرا درخواست کند. همچنین گزارش بازرسی ایمنی بصورت دلسوزانه، تخصصی و بی طرفانه نوشته می شود و نباید دانش فنی یا اطلاعات تخصصی عوامل درگیر در پروژه را زیر سؤال ببرد.

گزارش بازرسی ایمنی هرگز نباید راه های اجرایی اصلاحی تجویز نماید و یافته های بازرسی ایمنی باید به طور شفاف و قابل درک نوشته شده و مشخص کنند که مشکل ایمنی شناسایی شده چه خطری برای کاربران راه فراهم می آورد.

ردیف	مشکل ایمنی	سطح ریسک	پیشنهادهای	شماره عکس	پاسخ

جدول شماره (۱۷) - نمونه گزارش بازرسی ایمنی راه

تکرار	توضیح
مکرر	یک بار یا بیشتر در هفته
محتمل	بیش از یک بار در سال اما کمتر از یک بار در هفته
گهگاه	یک بار در طول پنج سال
غیر محتمل	یک بار در بیشتر از ۵ سال

جدول شماره (۱۸) - سطوح مختلف تکرار تصادفات

۵-۳-۶- فرآیند بازرسی ایمنی راه:

مطابق جدول شماره (۱۶) فرآیند بازرسی راه در مراحل مختلف آن و بر حسب مسئولیت مجری طرح به تفکیک مشخص شده است.

گام	مراحل	مسئولیتها			
		طراحی	موجود	پیش از گشایش	هدایت ترافیکی
۱	انتخاب پروژه ها برای بازرسی	کارفرما	کارفرما	کارفرما	کارفرما
۲	انتخاب تیم بازرسی ایمنی راه	کارفرما	کارفرما	کارفرما، دستگاه نظارت	کارفرما
۳	ارایه اطلاعات پیش زمینه	کارفرما و مشاور	کارفرما	کارفرما، دستگاه نظارت و پیمانکار	کارفرما، دستگاه نظارت و پیمانکار
۴	برگزاری جلسه افتتاحیه	کارفرما، مشاور و تیم بازرسی	کارفرما و تیم بازرسی	کارفرما، دستگاه نظارت، پیمانکار و تیم بازرسی	کارفرما، پیمانکار و تیم بازرسی
۵	ارزیابی مستندات و بازدید میدانی	تیم بازرسی	تیم بازرسی	تیم بازرسی	تیم بازرسی
۶	تجزیه و تحلیل بازرسی	تیم بازرسی	تیم بازرسی	تیم بازرسی	تیم بازرسی
۷	گزارش بازرسی	تیم بازرسی	تیم بازرسی	تیم بازرسی	تیم بازرسی
۸	جلسه اختتامیه	کارفرما، مشاور و تیم بازرسی	کارفرما و تیم بازرسی	کارفرما، دستگاه نظارت، پیمانکار و تیم بازرسی	کارفرما، پیمانکار و تیم بازرسی
۹	پاسخ به گزارش بازرسی	کارفرما و مشاور	کارفرما	کارفرما با همکاری دستگاه نظارت	کارفرما
۱۰	اتمام فرآیند بازرسی و بازخورد نتایج آن	کارفرما و مشاور	کارفرما	کارفرما، دستگاه نظارت و پیمانکار	کارفرما و پیمانکار

جدول شماره (۱۶) مراحل فرآیند بازرسی ایمنی راه

۴-۳-۸- ارزیابی منافع حاصل از بازرسی راه

- ارتقای سطح ایمنی راه‌های جدید، بدلیل رفع مشکلات ایمنی آن‌ها؛
- ارتقای ایمنی شبکه راه موجود؛
- ارتقا و توسعه مهندسی ایمنی راه؛
- کاهش هزینه راه؛
- کاهش نیاز به اصلاح پروژه های جدید؛
- فهم و مستند سازی بهتر مهندسی ایمنی راه؛
- توجه به نیازهای ایمنی کاربران آسیب‌پذیر راه؛
- تشویق پرسنل دیگر به مقوله ایمنی راه؛
- ارتقای استانداردها.

۵-۳-۹- برخی از اقدامات ایمن سازی راه

مهمترین برنامه ها و اقدامات لازم در ارتباط با افزایش ایمنی راهها مطابق شکل شماره (۱۴) عبارتند از:

۱- اصلاح علائم افقی و تابلوهای عمودی هدایت جریان ترافیک

۲- تفکیک مسیرهای ترافیک غیر موتوری (عابرین پیاده و دوچرخه سواران)

۳- اصلاح و کانالیزه نمودن جریان ترافیک در تقاطع ها

یکی از اقداماتی که ایمنی تقاطعات را بالا می‌برد اصلاح و جداسازی تقاطع است که هدف عمده آن ایجاد قابلیت دید بهتر در تقاطع و جداسازی جریان‌های ترافیک از یکدیگر است. جداسازی تقاطع اقدامی فیزیکی است تا جریان‌های مختلف ترافیک در تقاطع را از هم جدا کند که این کار می‌تواند با استفاده از احداث جزایر ترافیک یا خط کشی‌های مخصوص انجام شود.

۴- بهبود مقطع عرضی

یکی از اهداف بهبود مقطع عرضی جاده اینست که به استفاده کنندگان از جاده حاشیه امنیت بیشتری بدهد و این کار از طریق عریض تر کردن جاده بوسیله ساخت شانه‌ها یا افزایش تعداد

شدت	توضیح	مثال
خیلی شدید	احتمال مرگ چندین نفر	- سرعت بالا - تصادف چندین وسیله نقلیه در آزادراه. - اتوبیلی وارد ایستگاه اتوبوس شلوغ می‌شود. - تصادف اتوبوس با کامیون. - سقوط از پل یا تصادف در تونل.
شدید	جراحات شدید همراه با احتمال مرگ	- تصادف در اثر سرعت بالا با موانع ثابت کنار راه. - عابران پیاده در اثر سرعت بالا ضربه می‌خورند. - دوچرخه‌سوار با اتوبیلی برخورد می‌کند.
جزئی	جراحات اندک و جزئی	- برخی تصادفات وسایط نقلیه با سرعت کم. - دوچرخه‌سواران با وجود سرعت کم از دوچرخه می‌افتند.
خفیف	خسارت مالی همراه با احتمال جراحات جزئی	- برخی از انواع تصادفات وسایط نقلیه با سرعت کم - عابران پیاده به مانع یا شیئی برخورد می‌کنند.

جدول شماره (۱۹) - تعیین سطوح مختلف شدت تصادفات

شدت	تکرار	مکرر	محتمل	گهگاه	غیرمحتمل
خیلی شدید	خیلی زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد	زیاد
شدید	خیلی زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد	زیاد	متوسط
جزئی	خیلی زیاد	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم
خفیف	زیاد	زیاد	متوسط	کم	کم

جدول شماره (۲۰) - تعیین سطوح ریسک براساس شدت و تکرار تصادفات

سطح ریسک	اقدامات اصلاحی
خیلی زیاد	حتما و فوری باید اصلاح گردد.
زیاد	باید در اولویت اصلاح قرار گیرد حتی اگر هزینه بالایی داشته باشد.
متوسط	انجام اقدامات اصلاحی ضروری است.
کم	انجام اقدامات اصلاحی با صرف هزینه‌های کم و جزئی ضروری است.

جدول شماره (۲۱) - اقدامات اصلاحی مربوط به سطوح ریسک

مدیریت ایمنی در حمل و نقل شهری

خطوط ترافیک و یا ایجاد رفوژ میانی بین دو باند حرکت امکان پذیر است. همچنین هدف دیگر از بهبود مقطع عرضی راه، افزایش قدرت جابجایی با افزایش ظرفیت آن می باشد.

۵- ایمن سازی حاشیه جاده

عوارض و موانع در طول راه هم در تعداد تصادفات و هم در شدت تصادفات موثر است. شیب های تند اطراف راه، احتمال افتادن ماشین به داخل پرتگاه را افزایش می دهد. برخورد با موانع ثابت در سرعت بالا بسیار خطرناک تر از هنگامی است که سرعت وسیله نقلیه پایین بوده و اینکه برای همه موانع از گاردریل استفاده می شود نه امکان پذیر است و نه قابل قبول. زیرا خود گاردریل یک نوع مانع ثابت به حساب آمده و از طرف دیگر ممکن است قابلیت دید را کاهش دهد.

۶- بهبود مسافت دید و طراحی قوس های افقی

کمبود مسافت دید باعث مشکل تر شدن رانندگی شده و زمان کمتری را برای مواجهه با حوادث ناگهانی در اختیار راننده قرار می دهد. قوسهای تیز و شیب های تند، در مقایسه با جاده های هموار و صاف استهلاک و فرسایش بیشتری را در وسیله نقلیه موجب می شود و سرعت جابجایی را نیز کاهش می دهد. مطالعاتی که در افزایش شعاع در قوسها براساس رابطه بین تصادفات و شعاع قوسها انجام شده نشان می دهد که بهبود قوسهای افقی باعث کاهش تعداد تصادفات می شود البته این امر زمانی اتفاق می افتد که شعاع قوس کمتر از ۲۰۰۰ متر باشد. به هر میزان که اصلاحات بر روی قوسهای با شعاع کمتر باشد این کاهش تصادفات چشمگیر تر است. افزایش شعاع قوسهای با شعاع بیش از ۲۰۰۰ متر تاثیری در تصادفات ندارد.

قوسهای انتقالی بین مسیر مستقیم راه و قوس دایره ای قرار می گیرند و در این قوسها انحراف راه به تدریج زیاد می شود تا راننده هنگام عبور از قوس افقی مجبور به مانور ناگهانی و حرکات شدید نباشد. مطالعات نشان داده است که ساخت قوسهای انتقال تا ۱۰٪ در کاهش تصادفات تاثیر داشته است. مطالعات زیادی در رابطه بهبود مسافت دید انجام نشده است اما براساس مطالعات صورت گرفته مشخص شد که بهبود مسافت دید به بالای ۲۰۰ متر ۲۳٪ تصادفات را افزایش می دهد. شاید یک دلیل برای این امر این باشد که وقتی که مسافت دید کم است راننده سرعت خود را پایین نگه

محمد صدیق باور

داشته و با هشیاری رانندگی می کند یا بعبارت دیگر اکثر رانندگان کاهش کمبود مسافت دید را میزان یک خطر تلقی می کنند.

۷- گارد ریلها و ضربه گیرها

حفاظهای ایمنی از متداول ترین سیستمهای ایمنی در جاده ها هستند. نقش این حفاظها به مسیر برگرداندن وسایل نقلیه و جلوگیری از پرت شدن به دره ها و یا برخورد با خاکیزه های شیب دار، اشیای ثابت جاده و از بین بردن و جذب انرژی حرکتی وسیله نقلیه منحرف شده می باشد. انواع متعارف حفاظهای ایمنی به شرح زیر است:

الف- نرده حفاظتی کناری

نرده های حفاظتی کناری نرده هایی هستند که به منظور ممانعت از پرت شدن وسایل نقلیه به ورطه های کنار راه نصب می شوند. امکان تصادم وسایل نقلیه با این نرده ها فقط از یک سمت نرده حفاظتی وجود دارد.

ب- نرده حفاظتی میانی

نرده های حفاظتی میانی نرده هایی هستند که به منظور ممانعت از ورود وسایط نقلیه به سطح عبور مسیر دیگر، به خصوص مسیر مقابل، در فضای میانگاه نصب می شوند. امکان تصادم وسایل نقلیه با این نرده ها از هر دو سمت نرده حفاظتی وجود دارد.

ج- ضربه گیرها

ضربه گیرها سیستمهایی هستند که از برخورد وسایل نقلیه به اشیای ثابت جلوگیری می کنند. این کار به دو صورت انجام می گیرد:

- کاهش دادن سرعت وسیله نقلیه تا متوقف کردن آن در هنگام برخورد از مقابل

- تغییر دادن جهت حرکت وسیله نقلیه در هنگام برخورد از کنار

در راههای استراليا نیز سه نوع حفاظ مورد استفاده قرار می گیرد: حفاظهای صلب، نیمه صلب و انعطاف پذیر؛ این حفاظها از نظر میزان تغییر شکل و جذب انرژی با یکدیگر تفاوت دارند و هر یک با توجه به ویژگی های حفاظ، در مسیرهای مختلف کاربرد دارند.

• حفاظهای انعطاف پذیر

این حفاظ‌ها بیشترین تغییر شکل و جذب انرژی را در میان سه نوع حفاظ فوق دارا هستند. حفاظ‌های انعطاف‌پذیر به علت تغییر شکل جانبی کافی، کمترین نیروی کاهش سرعت را به وسیله‌نقلیه منتقل می‌کنند.

• حفاظ‌های نیمه صلب

حفاظ‌های نیمه صلب دارای خواص انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به سیستم‌های صلب هستند، اما این میزان از حفاظ‌های انعطاف‌پذیر کمتر می‌باشد. مسيردهی مجدد وسیله‌نقلیه‌ای که از جاده منحرف شده به کمک انتقال انرژی برخورد به پایه‌ها و نرده صورت می‌گیرد.

• حفاظ‌های صلب

این حفاظ‌ها کمترین انعطاف‌پذیری (تغییر شکل) را در میان سه گروه فوق دارا می‌باشند. در طول برخورد، اتلاف انرژی کاملاً صرف تغییر شکل وسیله‌نقلیه و بالا و پایین بردن بدنه آن می‌گردد. مناسب‌ترین موقعیت برای این موانع، مکان‌هایی است که فضای محدودی برای تغییر شکل حفاظ وجود دارد و در برخوردهای با زاویه ۱۵ درجه یا کمتر قابل اجرا و کاربرد هستند. بنابراین حفاظ‌ها در انواع مختلفی طراحی می‌شوند که نوع آنها بستگی به شرایط و نوع محل استفاده از آنها دارد و به طور کلی عبارتند از:

محافظ پلها - گاردریل بتنی - گاردریل فلزی - گاردریل سیمی (کابلی)

قسمت انتهایی گاردریل هم باید به طرز مناسبی مهار شود تا خودش خطر آفرینی نباشد.

گاردریل‌ها و ضربه گیرها اقداماتی در جهت کنترل تصادفات هستند. آنها از ایجاد تصادف جلوگیری نمی‌کنند اما هنگامی که تصادف روی می‌دهد می‌توانند شدت آن را کاهش دهند. با این وجود ممکن است گاردریل و ضربه گیرها علاوه بر تاثیر سختی بر تعداد تصادفات نیز نقش داشته باشند. یک گاردریل مانع فیزیکی ثابتی است که رانندگان سعی در جلوگیری از برخورد با آن دارند که این خود می‌تواند عاملی در جهت جلوگیری از تصادف باشد. آنها همچنین می‌توانند باعث بهبود شرایط دید در جاده شوند. از طرف دیگر گاردریل‌ها ممکن است باعث افزایش بی دقتی رانندگان شوند (به‌خصوص در نواحی کوهستانی) گاردریل‌های میانی هم که جاده را به دو قسمت تبدیل می‌کند نیز باعث کاهش فضا برای مانورهای لازم هنگام خطری می‌شوند و این امر

ممکن است منجر به ایجاد تصادف شود. بنابراین تاثیر خاص گاردریل‌ها و ضربه گیرها را به شکل زیر می‌توان بیان کرد:

تغییر در شدت تصادف $\times$ تغییر در احتمال تصادف = تاثیر خالص

احتمال تصادف به شکل تعداد تصادفات در همه سطوح بیان می‌شود. هر میلیون وسیله - کیلومتر و شدت تصادف نیز به شکل تصادفات فوتی جرحی و خسارتی تقسیم می‌شود. به عنوان مثال گاردریل‌های میانی که یک بزرگراه را تقسیم کرده اند احتمال وقوع تصادف را ۱۰ درصد افزایش می‌دهند اما احتمال تصادفات فوتی را ۴۰ درصد کاهش می‌دهند بنابراین تاثیر خالص روی تصادفات فوتی عبارت است از

$$\text{کاهش } ۳۴\% = ۱ - ۰/۶۶ = ۱ - (۱/۱ \times ۰/۶)$$

از طرفی ضربه گیرها، سیستم‌هایی هستند که از برخورد وسایل نقلیه به اشیاء ثابت جلوگیری می‌کنند و این کار به دو صورت انجام می‌گیرد:

۱- کاهش دادن سرعت وسیله نقلیه یا متوقف کردن آن وقتی که برخورد از مقابل صورت می‌گیرد.

۲- تغییر دادن جهت حرکت وسیله نقلیه وقتی برخورد از کنار صورت می‌گیرد.

ضربه گیرها باید ضربه‌های وارده از طریق وسایل نقلیه مختلف را تحمل نمایند و وسایل نقلیه را با شتاب قابل تحمل برای انسان، در یک فاصله کوتاه متوقف نمایند. یعنی نقش اصلی ضربه گیر مقابله با تصادف شاخ به شاخ می‌باشد ولی از آنجا که برخورد اریب همواره محتمل است، ضربه گیرها مشابه حفاظ‌های طولی برای مقابله با تصادف‌های تا ۲۵ درجه (از محور راه) طراحی می‌شوند بطوریکه وسیله‌نقلیه را بطور ایمن متوقف و یا به مسیر اولیه هدایت نمایند.

اصولاً معیارهای طراحی ضربه گیرها، وزن وسایل نقلیه و سرعت آنها می‌باشد. وزن وسایل نقلیه را از ۸۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلوگرم، سرعت را با توجه به نوع معبر بین ۸۰ تا ۱۱۰ کیلومتر بر ساعت و میزان شتاب منفی را ۶ تا ۸ برابر شتاب ثقل زمین (g) در نظر می‌گیرند (البته حداکثر شتاب منفی ۱۲ g برای انسان قابل تحمل است ولی در این مقدار، احتمال برخورد همراه با ضایعات وجود دارد).

در انتخاب نوع ضربه گیر مسائل اقتصادی و نیز امکانات در دسترس نقش اساسی را بازی می‌کنند. در ایران با توجه به امکانات موجود و انتظاراتی که جامعه استفاده کنندگان از تجهیزات ترافیکی از این وسایل دارند، استفاده از ضربه گیرهای مدرن و پیچیده، توصیه نشده و سیستم ضربه گیر مناسب برای ایران، ضربه گیرهای بشکه ماسه ای انتخاب می‌شوند که با توجه به سادگی نسبی چیدمان و تهیه و ساخت آنها و نیز وسیع بودن دامنه عملکرد (پوشش طیف وسیعی از برخوردها)، به سایر انواع ضربه گیر موجود ترجیح داده می‌شوند. به علاوه یکسان سازی استفاده از این نوع ضربه گیر، علاوه بر سهولت آموزش پرسنل، طراحی و ساخت و نحوه ی نصب و چیدمان این ضربه گیرها را تسهیل بخشیده و به عنوان آغاز فصل نوین استفاده از این دسته از تجهیزات و آشنایی تدریجی سیستم ترافیک با پیچیدگی‌های این وسایل بسیار مناسب به نظر می‌رسند.

۸- روشنایی جاده

بیشتر اطلاعات که هنگام رانندگی به راننده کمک می‌کند اطلاعات دیداری است. بنابراین وضعیت دید، به منظور حفظ ایمنی سفر بسیار مهم است.

در تاریکی جزئیات و حرکات در فاصله کمتری نسبت به روز توسط چشم قابل تشخیص هستند و این یکی از دلایلی است که چرا برای همه رانندگان احتمال تصادفات در شب نسبت به روز بیشتر است. در وسایل نقلیه موتوری احتمال وقوع تصادف در شب ۱/۵ تا ۲ برابر بیش از وقوع تصادف در روز است و نیز خطر تصادف در شب برای رانندگان جوان بیش از رانندگان مسن وجود دارد. در تاریکی عابرین پیاده در مقایسه با سایر استفاده کنندگان از جاده بیشتر در معرض خطر تصادف قرار دارند. روشنایی جاده عبارت است از ایجاد نور مصنوعی در جاده‌ها، خیابانها، تقاطع و تونلها به منظور کاهش احتمال تصادفات در شب.

روشنایی جاده‌ها تعداد تصادفات فوتی در تاریکی را به میزان ۶۵ درصد تعداد تصادفات جرحی را به میزان ۳۰ درصد و تصادفات خسارتی را به میزان ۱۵ درصد کاهش داده است. همچنین تحقیقات نشان داده است که ایجاد نور مناسب در تونلها به میزان ۳۵ درصد در کاهش همه انواع تصادفات موثر است.

ضربه گیرها برای موانعی به کار می‌روند که داخل محدوده ی حفاظت شده^۱ قرار دارند و امکان جابجایی آنها به بیرون از محدوده و یا طراحی آنها به صورتی که قابل شکستن نباشند وجود ندارد.

بنابراین ضربه‌گیر باید بتواند قسمت عمده انرژی جنبشی وسیله‌نقلیه منحرف شده را قبل از برخورد به مانع بگیرد. در ضربه‌گیرها جذب این انرژی براساس دو اصل زیر صورت می‌گیرد:

- انتقال انرژی جنبشی به سایر اشیاء سنگین

- جذب انرژی توسط موادی که متلاشی می‌شود و یا تغییر شکل می‌دهد.

اگر ضربه‌گیر براساس اصل انتقال انرژی جنبشی وسیله‌نقلیه منحرف شده به سایر اشیاء سنگین کار کند، آنرا ضربه‌گیر وزنی^۲ می‌گویند و اگر ضربه‌گیر بر اساس اصل جذب انرژی جنبشی وسایل نقلیه عمل کند، آنرا ضربه‌گیر جذبی^۳ می‌نامند.

ضربه گیرها برای حفاظت در برابر موانع منفرد مناسب می‌باشند. مواقعی چون پایه‌های پل و ... به خصوص در مورد جاده‌های با سرعت و حجم بالای ترافیک که انتظار وقوع تعداد زیادی تصادف شدید وجود دارد، استفاده از ضربه گیرها بسیار مفید و مؤثر است. ضربه گیرها در جاده‌های محلی استفاده نمی‌شوند. چرا که به طور معمول سرعت حرکت در این گونه راهها پایین است. برخی اوقات به دلیل باریک بودن کناره راه لازم شده تا شئ در فاصله کمی از راه قرار داده شود که در این موارد از ضربه گیر جهت کاهش صدمه ناشی از برخورد استفاده می‌شود. کاربردهای دیگر این سیستمها عبارتند از قرارگیری در انتهای خیابان بن بست و یا تقاطعهای T شکل، برای حفاظت از کارگران مشغول به کار و ابزار آلات متحرک تعمیرات از ضربه گیرهای متحرک استفاده می‌شود.

به طور کلی سه نوع ضربه گیر متداول در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۱-ضربه گیر متشکل از مواد خرد شونده^۴

۲-ضربه گیر متشکل از سلولهای پر از ماسه^۵

۳-ضربه گیر متشکل از سلولهای پر از آب^۱

۹- استفاده از روشهای مختلف آرامسازی جریان ترافیک

مدیریت سرعت به عنوان یکی از اصلی ترین راهکارهای افزایش سطح ایمنی معابر بوده و آرام سازی ترافیک به عنوان یکی از روشهای اصلی مدیریت سرعت و خصوصا در مناطق شهری مطرح می باشد .

همانطور که در فصل اول کتاب اشاره شده ، شرط آرامسازی در هر معبر ، وجود حداقل اختلاف سرعتی برابر با ۱۵ کیلومتر بر ساعت بین سرعت عملکردی (V_{85}) ، که وسایل نقلیه در معبر حرکت می کنند (و سرعت مجاز (محدودیت سرعت اعلام شده بر اساس عملکرد راه و مشخص شده در تابلوها) می باشد. به عبارت دیگر : $V_{85th} - V_{POST} \geq 15Km/h$

که در آن :

V_{85th} : سرعت عملکردی راه و یا سرعتی که ۸۵ درصد رانندگان برابر و یا کمتر از آن حرکت می کنند.

V_{POST} : سرعت مجاز راه و یا همان سرعت اعلام شده در تابلوهای راهنمایی و رانندگی .

■ آرام سازی جریان ترافیک ترکیبی از ابزارها و تجهیزات ترافیک بوده که سرعت وسایل نقلیه را کنترل و رفتار رانندگان را تغییر می دهد و نیز شرایط ایمنی را برای کاربران راه بهبود می بخشد.

عوامل موثر در آرامسازی جریان ترافیک عبارتند از:

- سرعت عملکردی در معبر
- نقاط حادثه خیز و میزان احتمال وقوع تصادفات
- نوع عملکرد والگوی تردد معبر
- موقعیت کاربریهای مهم جاذب سفر
- مشخصات فیزیکی و هندسی معبر
- حجم تردد عابر و وسیله نقلیه
- موقعیت گذرگاههای عابر پیاده
- وجود مسیر خط ویژه اتوبوس
- الگوی دسترسیها در محدوده

- موقعیت مسیرهای دوچرخه در محدوده

انواع روش های آرامسازی معابر عبارتند از :

با توجه به نوع روش آرامسازی در معابر شریانی درجه ۱ و نیز شریانی درجه ۲ اصلی ، براساس سرعت مجاز تعریف شده استفاده از روشهای زیر که حداقل تغییرات فیزیکی را در معبر به همراه خواهند داشت، توصیه می شود:

- خطوط لرزاننده (Rumble Strips)
- علائم افقی (Pavement Marking)
- علائم عمودی (Vertical Signs)
- گذرگاههای عابر سنگفرش شده (Textured Crossing)
- خطوط کاهش سرعت (Deceleration Line)

همچنین در سایر معابر شریانی درجه ۲ فرعی و محلی ، استفاده از روشهای زیر که با ایجاد تغییرات فیزیکی در سطح معبر همراه می باشند ، توصیه می شود:

- گذرگاه برجسته عابر پیاده (Raised Crosswalk)
- تقاطع های برجسته (Raised Intersection)
- کاهش شعاع قوس (Curb Radius Reduction)
- کاهش عرض معبر و خطوط (Lane Narrowing)
- رفوژ میانی عابر (Centre Median/Pedestrian Refuge)
- میدان و میدانک (Traffic Circle)
- مانع و منحرف کننده (پیچانه) (Chicane)
- انحراف دهنده های مورب (Diagonal Diverters)
- موانع فیزیکی جداکننده (Breakaway Barriers)
- سرعت کاه (Speed Hump)
- سرعت گیر (Speed Bump)

Strategy	Actions to Implement Strategy
Exposure (Control)	
Reducing transport demand and the amount of road traffic	1. Urban and transport policies, pricing, and regulation 2. Urban renewal (increased density, short distances) 3. Telecommunications (tele-working, tele-shopping) 4. Informatics for pre-trip, on-board information 5. TDM, mobility management (car pools, ride-sharing) 6. Logistics (rail, efficient use of transport fleets)
Promoting safe, comfortable walking and biking	7. Areawide pedestrian and bike networks 8. Land use integrated with public transport
Providing and promoting public transportation	9. Efficient service (bus lanes, fare systems, etc.)
Accident Risk Control	
Through homogenization of the traffic flow	1. Standards for geometric design 2. Classification of links with regard to function 3. Traffic management, pedestrian zones, auto restrictions 4. Traffic calming; speed management
Through separation between traffic streams	5. Grade separation (multilevel interchanges) 6. At-grade separation (traffic signals, roundabouts) 7. Channelization (medians, road markings)
Through traffic control and road management	8. Travel time distribution (staggered hours and holidays) 9. Traffic control (information, warning, flexible signs) 10. Road maintenance and inspection
Injury Control	
Reducing consequences, preventative measures	1. Emergency zones without obstacles; breakaway posts 2. Installation of median and lateral barriers
Reducing consequences, efficient rescue service	3. Establishment of rescue service 4. Emergency operation (traffic regulation, re-routing)
Reinstalling the traffic apparatus	5. Road repair and inspection

(Used with permission of Institute of Transportation Engineers, *Traffic Safety Toolbox: A Primer on Highway Safety*, Washington DC, 1999, Table 2-2, pg. 19.)

شکل شماره (۱۴)-معیارهای عملکردی و برنامه ریزی ترافیک وابسته به ایمنی راه

Symbol used	Interpretation	Symbol used	Interpretation
Vehicle-type symbols		Accident-type symbols	
→	Passenger car	→ →	Rear-end
(T) →	Truck	→ ←	Head-on
(B) →	Bus	→ ↑	Right angle
(C) →	Cycle	→ ↘	Other angle (opposing directions)
(O) →	Other	→ ↗	Other angle (common directions)
- - - - -	Pedestrian	↗ ↘	Sideswipe (common directions)
Movement symbols		↗ ↗	Sideswipe (opposing directions)
↗	Left turn	↘ ↘	Out-of-control
↘	Right turn	→]	Collision with fixed object
→	Straight		
Severity symbols			
	PDO		
	Injury		
	Fatal		

شکل شماره (۱۵)-معرفی نشانه و علائم بکاررفته در نمودارهای تحلیل تصادفات

۱۰- طراحی صحیح مسیرهای انحراف جریان ترافیک

وجود یک ناحیه پیش‌آگاهی دهنده در تمام طول منطقه کارگاهی لازم بوده تا نسبت به مسدود بودن و تغییر مسیر به رانندگان، پیش‌آگاهی کافی را بدهد. این ناحیه می‌تواند شامل علائم پیش‌آگاهی، چراغ چشمک‌زن و یا مجموعه‌ای از علائم و چراغها باشد.

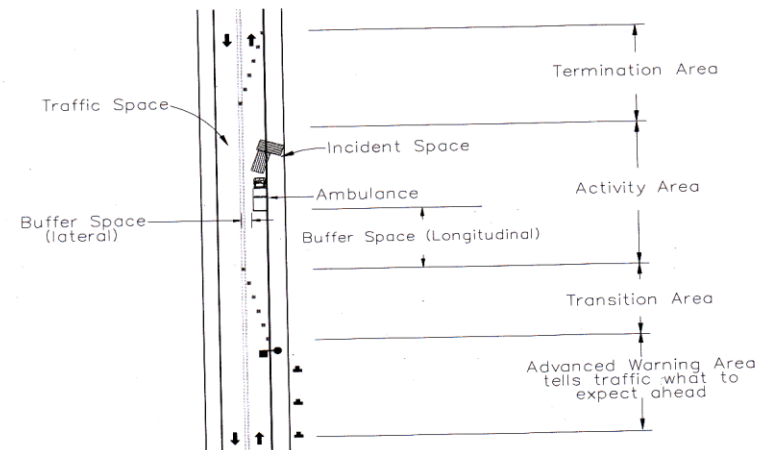
به طور کلی اگر سرعت عملکردی راه بر حسب کیلومتر بر ساعت، V_{85th} و عرض ناحیه کارگاهی مسدود شده W متر باشد، آنگاه برای سرعت‌های مجاز بیش از ۷۰ کیلومتر بر ساعت، حداقل طول تصویر لچکی مورد نیاز قبل از عملیات کارگاهی در طول راه برابر است با:

$$L = 0.6 \times V \times W$$

همچنین برای سرعت‌های مجاز کمتر از ۶۰ کیلومتر بر ساعت، حداقل طول تصویر لچکی^۱ مورد نیاز قبل از عملیات کارگاهی در طول راه برابر است با:

$$L = \frac{W \times V^2}{150}$$

همچنین مطابق شکل شماره (۱۳)، پس از پایان عملیات کارگاهی نیز حداقل طول تصویر لچکی پایانی^۲ مورد نیاز پس از آخرین نقطه کارگاه برابر ۳۰ متر توصیه می‌شود.



شکل شماره (۱۳)-نمونه اجزای طرح انحراف جریان ترافیک

۵-۴- سیستمهای حمل و نقل هوشمند، ITS^۱

سیستمهای حمل و نقل هوشمند، امکان توسعه خدمات در عملیات سیستمهای حمل و نقل نظیر مدیریت ترافیک، عملیات خودروهای باری، مدیریت حمل و نقل عمومی کالا و اطلاع رسانی به مسافران را فراهم می سازد.

ITS راهکارهای بسیاری را در حل برخی از مشکلات پیچیده حمل و نقل ارائه می دهد. ITS امکان بهبود جریان ترافیک را با کاهش تراکم، بهبود کیفیت هوا را با کاهش آلاینده ها و کاهش تأخیر در سفر و افزایش ایمنی را با ارائه سیستمهای پیشرفته هشدار بروز تصادفات احتمالی و کاهش اثرات زیست محیطی، جادهای و عوامل انسانی که در بروز تصادفات مؤثر هستند فراهم می کند و با توسعه و بهبود تردد و کاهش مصرف سوخت موجب رشد اقتصادی در مناطق می شود.

معماری ملی ITS، ۳۲ خدمت کاربر را به ۸ گروه^۲ اصلی تقسیم بندی کرده است که از این گروهها می توان به عنوان نقاط تمرکز کاربردهای ITS یاد کرد.

جدول شماره () هشت گروه و خدمات تشکیل دهنده هر گروه را نشان می دهد.

موفق ترین کاربردهای ITS به چهار دسته زیر تقسیم می شوند:

۱- سیستمهای مدیریت آزادراه و تصادفات FIMS^۳ ؛

۲- سیستم پیشرفته کنترل ترافیک شریانی ها ؛

۳- سیستم پیشرفته حمل و نقل عمومی ؛

۴- سیستم اطلاع رسانی حمل و نقل ترکیبی به مسافران.

گروه	خدمات کاربران
۱- مدیریت سفر و ترافیک	۱-۱ اطلاع رسانی پیش از سفر^۱ ۲-۱ اطلاع رسانی درون مسیر^۲ ۳-۱ هدایت مسیر^۳ (سیستم های راهنمایی ممکن است بر اساس اطلاعات استاتیک (زمان سفر تعیین شده از قطعات مختلف مسیر بر اساس اطلاعات گذشته) و یا اطلاعات لحظه ای (براساس سرعت فعلی و وضع موجود ترافیک) صورت گیرند. همان گونه که ملاحظه می شود، این خدمت به خدمت اطلاع رسانی درون خودرویی بسیار شبیه است با این تفاوت که در اطلاع رسانی درون خودرویی انتخاب مسیر در نهایت بر عهده راننده است اما در این خدمت راهنمایی با ارائه جزئیات بسیار دقیق ناوبری انجام می شود. ۴-۱ سواری مشترک و رزرواسیون^۴ ۵-۱ اطلاع رسانی مکان های خدماتی سفر به مسافران^۵ ۶-۱ کنترل ترافیک^۶ ۷-۱ مدیریت سوانح^۷ (این سیستم سوانح پیش بینی نشده (مانند تصادف اتومبیل ها) و رویدادهای برنامه ریزی شده (مانند فعالیت های راهسازی زمان بندی شده) را پوشش می دهد ۸-۱ مدیریت تقاضای سفر^۸ (طراحی و اجرای استراتژی هایی است که کاهش خودروهای تک سرنشین (SOV) و تشویق استفاده از خودروهای پرسرنشین (HOV) را دنبال می کنند). ۹-۱ سنجش آلودگی و کاهش آن^۹ ۱۰-۱ تقاطع ریل-راه^{۱۰}
۲- حمل و نقل عمومی ^{۱۱}	۱-۲ مدیریت حمل و نقل عمومی^{۱۲} ۲-۲ اطلاع رسانی درون مسیر حمل و نقل عمومی^{۱۳} ۳-۲ حمل و نقل عمومی اختصاصی (خدمات در به در)^{۱۴} ۴-۲ امنیت حمل و نقل عمومی^{۱۵}

در حالت کلی، وظایف و کارکردهای سیستم مدیریت آزادراه و سوانح FIMS به شش گروه تقسیم می‌شوند:

- نظارت بر ترافیک و تشخیص حوادث: وظیفه این کارکرد نظارت مستمر و پیوسته بر شرایط جریان ترافیک و شرایط محیطی مسیر و نیز تشخیص سریع شرایط غیر معمول مانند تصادفات می‌باشد.

سیستم نظارت بر ترافیک از طریق شناسایی و جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات انجام می‌شود. سپس نرم افزارهای کامپیوتری نقش اصلی را در تبدیل داده‌های جمع‌آوری شده توسط ابزارهای شناسایی به اطلاعات معنی‌دار را بر عهده دارد و در نهایت سیستم مخابراتی اجزای مختلف مرکز کنترل را به یکدیگر مرتبط کرده و ارتباط مرکز با ابزارهای میدانی را برقرار می‌سازد.

در روش‌های شناسایی معمولاً از تکنولوژی‌های مختلفی نظیر شناسگرهای حلقوی القایی، شناسگرهای غیرمتداخل، دوربین‌های مداربسته، خودروهای جستجوگر^۱، گزارشهای مردمی و گزارشهای نیروهای پلیس استفاده می‌شود.

در مبحث خودروهای جستجوگر، هدف استفاده از خود خودروها به عنوان شناسگر می‌باشد که این امر با ردگیری زمانی و مکانی خودروها میسر می‌شود. خودروهای جستجوگر قادر به تهیه اطلاعات بسیار مفیدی هستند که سایر روشها از تهیه آنها عاجزند برای مثال اطلاعاتی در مورد زمان سفر هر کمان^۲، سرعت متوسط و مبدأ مقصد سفرها^۳. سه تکنولوژی مختلفی که از خودروها خودروها به عنوان جستجوگر^۴ استفاده می‌کنند عبارتند از: شناسایی خودکار خودروها (AVI)، موقعیت‌یابی خودکار خودرو (AVL) و نمونه‌گیری تصادفی از تلفن همراه با مخفی ماندن هویت مالک.

۳-۳ خدمات پرداخت الکترونیکی (اخذ الکترونیک عوارض ^۱ و کرایه و پارکینگ)	۳-پرداخت الکترونیکی ^۱
۱-۴ ترخیص الکترونیکی خودروهای تجاری ^۴ ۲-۴ نظارت خودکار از حاشیه مسیر بر ایمنی ^۵ ۳-۴ نظارت درون خودرویی بر ایمنی ^۶ ۴-۴ فرایندهای اداری خودروهای تجاری ^۷ ۵-۴ واکنش به حوادث کالاهای خطرناک ^۸ ۶-۴ مدیریت حمل بار و ناوگان تجاری ^۹	۴- عملیات ناوگان تجاری ^۳
۱-۵ اعلام خطر و ایمنی شخصی ^{۱۱} ۲-۵ مدیریت خودروهای امداد ^{۱۲}	۵- مدیریت اورژانس ^{۱۰}
۱-۶ پیشگیری از برخورد های طولی ^{۱۳} (تصادف عقب به جلو و یا جلو به جلو) و استفاده از سیستم های کنترل تطبیقی ^{۱۴} ۲-۶ پیشگیری از برخوردهای جانبی ^{۱۵} ۳-۶ پیشگیری از برخورد در تقاطعها ^{۱۶} ۴-۶ افزایش دید در شب و مه آلود برای جلوگیری از تصادف ^{۱۷} ۵-۶ آمادگی ایمنی ^{۱۸} (کنترل کارآئی راننده در صورت مستی و خواب آلودگی) ۶-۶ سیستم‌های حفاظتی اندکی پیش از برخورد ^{۱۹} (مانند کیسه هوا) ۷-۶ عملیات خودروهای خودکار ^{۲۰}	۶- سیستم‌های پیشرفته ایمنی خودرو ^{۱۱}
۱-۷ عملکرد آرشیو اطلاعات ^{۲۱}	۷- مدیریت اطلاعات ^{۲۲}
۱-۸ عملیات تعمیر و نگهداری و ساخت ^{۲۳}	۸- مدیریت نگهداری و ساخت ^{۲۴}

جدول شماره (۲۲) خدمات کاربران

از تکنولوژی AVI برای شناسایی خودروها هنگام عبور از منطقه تشخیص^۱ استفاده می‌شود. معمولاً فرستنده گیرنده^۲ (و یا برجسب الکترونیکی^۳) نصب شده در خودرو هنگام عبور خودرو با سرعت عادی خود از نزدیک ایستگاههای کنار جاده، خوانده می‌شود.

این اطلاعات می‌توانند به کامپیوتر مرکزی فرستاده شوند. در حال حاضر متداول‌ترین کاربرد تکنولوژی AVI در سیستم‌های اخذ خودکار عوارض می‌باشد. در این سیستم‌ها با هر بار عبور خودرو از عوارضی، مبلغ عوارض از حساب راننده کسر می‌شود.

تکنولوژی AVL امکان موقعیت‌یابی لحظه‌ای خودرو حین حرکت در سطح شبکه را فراهم می‌کند. برای مثال، کمک به موقعیت‌یابی و اعزام خودروهای امداد به بهبود مدیریت اورژانس و نیز موقعیت‌یابی لحظه‌ای اتوبوسها جهت تعیین زمان مورد انتظار ورود اتوبوس‌ها به ایستگاه توسط AVL انجام می‌شود.

- کنترل رمپ^۴: عبارت است از تنظیم ورود خودروها به بزرگراه با کمک چراغ راهنما، علائم و دروازه‌ها^۵. این کارکرد با کنترل نرخ ورود خودروها به سیستم آزادراهی کارایی کلی بزرگراه را افزایش داده و آشفته‌گی جریان ترافیک نزدیک رمپ‌ها را کاهش داده و ایمنی را بهبود می‌بخشد.

- مدیریت سوانح: کلیه اقدامات لازم در زمان بروز حوادث و سوانح، از بررسی حادثه و رفع آن تا مدیریت ترافیک حین رویداد (مانند برنامه‌ریزی مسیرهای جایگزین^۶ پس از وقوع هر حادثه در مورد انحراف یا عدم انحراف ترافیک و تعیین مسیرهای جایگزینی که ترافیک باید به آنها منتقل شود، رفع حادثه^۷ به معنی برطرف ساختن به موقع و ایمن هر حادثه، جبران حادثه^۸ یا زمان بازگشت ترافیک به حالت عادی خود پس از رفع حادثه)

در این کارکرد قرار می‌گیرند. هدف این گروه بازگشت سریع آزادراه به ظرفیت کامل و کاهش آثار منفی حادثه تا حد امکان می‌باشد.

- اطلاع‌رسانی: این کارکرد مسئولیت انتشار اطلاعات لحظه‌ای در مورد وضعیت جریان ترافیک برای عموم را برعهده دارد تا بدین وسیله امکان تصمیم‌گیری هوشمندانه در مورد مسیر و مد سفر فراهم شود. اطلاعاتی که منتشر می‌شوند رویدادها و حوادث ترافیک و مسیرهای جایگزین، زمان‌بندی فعالیت‌های عمرانی در بزرگراه‌ها و پیش‌بینی شرایط جوی را در بر می‌گیرند.

اطلاع‌رسانی عموماً به دو بخش اطلاع‌رسانی پیش از سفر^۱ و اطلاع‌رسانی درون مسیر^۲ تقسیم می‌شود.

وظیفه ابزارهای اطلاع‌رسانی درون مسیر^۲، آرایه اطلاعات به مسافران هنگام حرکت در جاده است. است. تابلوهای متغیر خبری^۴ (DMS) از متداول‌ترین وسایلی است که به این منظور استفاده می‌شود. تابلوهای متغیر خبری برحسب تکنولوژی عملکردشان به سه گروه بازتاب دهنده نور، منتشر کننده نور و ترکیبی^۵ از این دو تقسیم می‌شوند.

تابلوهای بازتاب دهنده نور^۶، نور تابیده شده توسط منابع خارجی (مانند خورشید، چراغ‌هایی که در بالای آنها نصب می‌شوند و لامپ اتومبیل‌ها) را بازتاب می‌دهند. تابلوهای منتشر کننده نور بر خلاف تابلوهای بازتاب دهنده، نور مورد نیاز خود را تولید می‌کنند.

دیوهای منتشر کننده نور^۷ (LED) و تابلوهای متغیر فیبرنوری دو نمونه از تابلوهای منتشر کننده نور هستند. ابزارهای اطلاع‌رسانی درون خودرویی^۸ درون خودروها نصب شده و به مانند تابلوهای متغیر خبری برای اطلاع‌رسانی درون مسیر طراحی شده‌اند. اطلاع‌رسانی درون خودرویی

5-4-1- معماری ITS

اگرچه معماری ITS رویکرد و شیوه طراحی را مشخص نمی‌کند، اما با آغاز طراحی و استقرار ITS مزایا و منافع فراوانی برای هر منطقه به ارمغان می‌آورد.

اولین گام در طراحی معماری هر نوع سیستمی، تعریف وظایفی است که انتظار می‌رود سیستم آنها را انجام دهد. آرشیفتکنی را در نظر بگیرید که می‌خواهد معماری یک خانه را طراحی کند. اولین قدم، تعیین اولویت‌ها و نیازهای مالک خانه با توجه به سبک، سازه، تعداد اتاق‌ها و غیره می‌باشد. سپس آرشیفتک با در نظر داشتن اطلاعات مربوط به اولویت‌های مالک خانه و اطلاعات موجود درباره محیط محله و آیین‌نامه‌های لازم‌الاجرا، به طرح معماری خانه می‌پردازد.

معماری ITS محدوده متنوع و وسیعی از انتخاب‌ها را برای رفع نیازها و احتیاجات متخصصان حمل‌ونقل در اختیار آنها قرار می‌دهد. بنابراین به یک معماری عمومی و مجموعه‌ای از استانداردها برای ایجاد اطمینان نسبت به قابلیت عملکرد بین‌سازمانی، سازگاری و توانایی ارتباط با سیستم‌های مناطق مختلف سراسر کشور نیاز است.

قابلیت عملکرد بین‌سازمانی^۱، یکی از مسایل مهم مطرح در ITS محسوب می‌شود. به عنوان مثال صرف نظر از این که راننده نمایشگر درون خودرویی اتومبیلش را در کدام ایالت خریداری کرده است، این نمایشگر باید بتواند در سایر ایالات نیز با تجهیزات کنار جاده ارتباط برقرار کند و این امر تنها وقتی میسر می‌شود که سیستم هر دو ایالت از قابلیت عملکرد بین‌سازمانی در سطح واسطه‌های^۲ خود برخوردار باشند. بنابراین وجود معماری ITS برای کمک به تعیین واسطه‌ها و جریان‌های اطلاعاتی^۳ که باید استاندارد شوند ضروری است.

مزایای واقعی استقرار معماری ITS زمانی آشکار می‌شود که سیستم‌های مختلف ITS بتوانند اطلاعات خود را به اشتراک گذاشته و با سایر سیستم‌ها به تبادل اطلاعات بپردازند. مثلاً اطلاعات جمع‌آوری شده سیستم کنترل ترافیک به مرکز مدیریت اورژانس در تعیین کوتاه‌ترین مسیر اعزام خودروهای امداد بسیار کمک می‌کند. در همین زمان اطلاعات جمع‌آوری شده سیستم مدیریت

به روش دیداری و شنیداری قابل اجرا است. رادیو پیام آزادراه^۱ (HAR)، خطوط ویژه تماس تلفن‌های همراه و رادیوهای تجاری نمونه‌هایی از اطلاع‌رسانی شنیداری هستند. نمایشگرهای بالاسری^۲ و نمایشگرهای ویدئویی از جمله وسایل دیداری می‌باشند.

• کنترل استفاده از خط عبوری: این کارکرد مسئولیت کنترل و تنظیم استفاده از خطوط عبوری و شانه‌های راه را با هدف بهره‌برداری حداکثر از ظرفیت موجود بر عهده دارد. مجاز شدن حرکت خودروها در شانه مسیر در دوره اوج و خطوط برگشتی^۳ نمونه‌هایی از این کارکرد هستند.

• اولویت‌هایی برای خطوط پرسرنشین: در این کارکرد استفاده از خودروهای پرسرنشین با ایجاد مزایای زمانی برای این خودروها، توصیه می‌شود. در نظر گرفتن اولویت برای این خودروها در ورودی‌های مجهز به سیستم کنترل رمپ، نظارت بر خطوط ویژه عبور خودروهای پرسرنشین برای شناسایی و برطرف کردن سریع حوادث این خطوط و استفاده از تکنولوژی برای اعمال قوانین ویژه این خطوط، مثالهایی از این کارکرد هستند.

۵-۴-۲- ارزیابی ITS

یکی از مهم‌ترین چالش‌های مطرح در زمینه سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل این است که فناوری مورد استفاده در بخشهای مختلف این سیستم به سرعت تغییر می‌کند. با معرفی هر تکنولوژی جدید، ارزیابی تکنولوژی جدید و تکنولوژی موجود اهمیت خاصی پیدا می‌کند. ارزیابی ITS فواید بسیاری دارد که یکی از آنها به حداقل رساندن ریسک شکست پروژه‌های جدیدی است که تاکنون مشابه آنها اجرا نشده است.

ارزیابی یک جزء ضروری در فرایند طراحی هر سیستمی است. ارزیابی در سه مرحله قابل اجرا می‌باشد:

- ارزیابی پیش از اجراء^۱ (در مرحله برنامه‌ریزی)،
- ارزیابی میزان اجراء^۲ (پیگیری اجراء)،
- ارزیابی اثرات (بعد از اجراء)^۳.

ارزیابی می‌تواند در مرحله اول یعنی مرحله برنامه‌ریزی انجام شود، در این مرحله پروژه‌های مختلف اولویت‌بندی شده و بر اساس میزان منابع موجود در بودجه سالانه انتخاب می‌شوند. زمانی که یک پروژه به مرحله بهره‌برداری رسید ارزیابی از آن ضروری می‌شود. این ارزیابی کمک می‌کند تا معلوم شود آیا سیستم مورد نظر همان طور که در مرحله طراحی پیش بینی شده بود، عمل می‌کند یا خیر. پس از آنکه پروژه به مرحله بهره‌برداری رسید، دو نوع ارزیابی دیگر را می‌توان اجرا نمود. نوع اول، ارزیابی میزان اجراء است، در این ارزیابی فهرست قسمت‌هایی که اجرا شده‌اند تهیه شده و با مقایسه با برنامه‌اجرائی، میزان واقعی اجرای سیستم مشخص می‌شود. نوع دیگر ارزیابی، بررسی تغییرات برخی از اثرات سیستم، مانند زمان سفر و نرخ تصادفات، در مقایسه با شرایط قبل از اجرا است.

اورژانس درباره حادثه به مرکز کنترل ترافیک در تنظیم زمان‌بندی چراغ‌ها برای واکنش به حادثه کمک می‌کند. فرایند تبدیل اجزای مختلف سیستم به زنجیری یکپارچه و مرتبط کردن آنها به یکدیگر تجمیع سیستم^۱ نامیده می‌شود. هرچه تعداد سیستم‌های ITS اجرا شده بیشتر باشد، تجمیع سیستم‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شود. معماری منطقه‌ای ابزار بسیار مهمی در موفقیت فرایند تجمیع محسوب می‌شود زیرا نحوه تعامل پیش‌بینی شده اجزای مختلف سیستم با یکدیگر را شرح می‌دهد.

طراحی معماری منطقه‌ای به تعریف برنامه پیاده‌سازی^۲ منطقه‌ای یا طرح اولیه و نیز ملزومات عملکردی سطح بالا کمک می‌کند. برنامه پیاده‌سازی منطقه‌ای به طراح در تجسم دقیق و منحصر بفرد طراحی در برنامه پیاده‌سازی سیستم و نیز فازبندی پروژه کمک می‌کند. ملزومات عملکردی سطح بالا و نیازهای واسطه‌ها، به تعریف دقیق جزئیات ملزومات عملکردی در فاز طراحی سیستم کمک می‌کند.

خط مشی عملیاتی^۳، پیش نیاز طراحی معماری ITS محسوب می‌شود. خط مشی عملیاتی تعیین می‌کند که چه کسی مسئول انجام چه کاری است. در معماری منطقه‌ای ITS، خط مشی عملیاتی با تعریف وظایف هر سهامدار، نقش و مسؤولیت‌های سهامداران در عملیات ITS منطقه‌ای را مشخص می‌کند، خط مشی عملیاتی در مذاکرات بین سهامداران و سرمایه‌گذاران منطقه مشخص می‌شود.