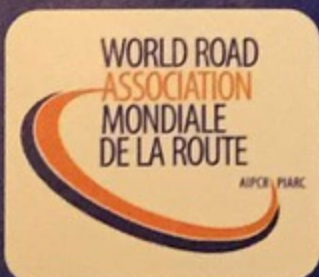




وزارت راه و شهرسازی
سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای



راهنمای طرح راه ایمن بر مبنای عوامل انسانی



دبیرخانه مجمع جهانی راه
(پیارک) در ایران

وزارت راه و شهرسازی
سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای



دبیرخانه مجمع جهانی راه (پی‌آر‌ک) در ایران

طرح راه ایمن بر مبنای عوامل انسانی

SAFE ROAD DESIGN BASED ON HUMAN FACTORS

توجه: هدف از تهیه این گونه مجموعه‌ها، طرح موضوعات تخصصی در قالب انتقال فناوری از طریق نشر منابع تخصصی معتبر می‌باشد، لذا به کلیه بهره‌برداران توصیه می‌گردد جهت کاربرد اعداد و استانداردهای مورد اشاره به اصل منابع مراجعه نمایند. بدیهی است ناشر هیچ گونه مسئولیتی در خصوص پیامدهای سوء ناشی از عدم توجه به توصیه فوق را متقبل نخواهد شد.

عنوان و نام پدیدآور : طرح راه ایمن بر مبنای عوامل انسانی / تهیه و تالیف دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران؛ مؤلف و مترجم مهران قربانی.
 مشخصات نشر : تهران: وزارت راه و شهرسازی، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، دبیرخانه پیارک در ایران، 1394.

مشخصات ظاهری : 65 ص.

شابک :

وضعیت فهرست نویسی :

SAFE ROAD DESIGN BASED ON HUMAN FACTORS

یادداشت : عنوان اصلی:

موضوع : ایمنی -- راه

موضوع : مجمع جهانی راه

موضوع : پیارک

شناسه افزوده : طراحی ایمن

شناسه افزوده : حمل و نقل جاده‌ای

شناسه افزوده : عوامل انسانی

شناسه افزوده : انجمن بین‌المللی دائمی کنگره‌های راه (ایران)، دبیرخانه

شناسه افزوده : ایران، وزارت راه و شهرسازی، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای

رده‌بندی کنگره :

رده‌بندی دیویی : شماره کتابشناسی ملی :

سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای - دبیرخانه پیارک در ایران

عنوان گزارش

: طرح راه ایمن بر مبنای عوامل انسانی

تألیف و ترجمه

: مهران قربانی، محمد نوری‌امیری

تاریخ تألیف

: 2014 میلادی

ویرایش

: مجید صباغ‌زاده

ناشر

: وزارت راه و شهرسازی - سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای - دبیرخانه پیارک در ایران

مشارکت در تهیه و نشر

: شرکت مهندسین مشاور راه‌باب ملل

نوبت چاپ

: اول

تاریخ انتشار

: تابستان 1394

کد انتشار

:

شابک

:

تیراژ

: 1000 نسخه

قیمت

:

لیتوگرافی

:

چاپ و صحافی

:

نشانی

: میدان ولیعصر - خیابان دمشق - ساختمان راهبران - طبقه اول - دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک)

در ایران

web:www. rmtto.ir

تلفکس: 84498521

* کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است *

بسمه تعالی

مختصری در خصوص پیارک

انجمن بین‌المللی دائمی کنگره‌های راه (پیارک) با هدف جمع‌آوری و انتشار اطلاعات در خصوص مسایل مربوط به جاده و ترافیک آن، اصلاح و استاندارد کردن شیوه‌های طراحی، اجرایی، اداری و مالی و نگهداری راهها، یکنواخت کردن علایم و نشانه‌ها، کدهای مربوط به آمد و شد در شاهراه‌های کشورهای مختلف و پیش‌بینی شبکه ارتباطی لازم متناسب با پیشرفت‌های اقتصادی و اجتماعی کشورها در سال 1908 همزمان با برگزاری اولین کنگره آن و با شرکت 27 کشور جهان در پاریس تشکیل شد.

این انجمن، با مشارکت کشورهای مختلف هر چهار سال یکبار در زمان و مکانی که توسط دولت‌های عضو مورد توافق قرار می‌گیرد، کنگره‌ای را برگزار می‌کند و هم‌اکنون با تغییر نام به مجمع جهانی راه با بیش از 2000 نماینده از 142 کشور عضو به کار خود ادامه می‌دهد. در سال 2011 میلادی بیست‌و‌چهارمین کنگره این مجمع در شهر مکزیکوسیتی برگزار گردید. اهداف کلی و اولیه پیارک را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

1- بهبود ارتباطات بین‌المللی

2- تدوین سیاست‌های حمل‌ونقل جاده‌ای

3- ارتقای کیفیت برنامه‌ریزی، ساخت، بهسازی و نگهداری راهها

4- ارتقای کیفیت اجرایی و مدیریت سیستم‌های راه

امروزه این اهداف شکل جدیدی پیدا کرده و با سرعت بیشتری تعقیب می‌گردد که عبارتند از:

- افزایش همکاری بین‌المللی

- پیشرفت هر چه سریعتر و جهت‌دار نمودن سیاست‌های برنامه‌ریزی، ساخت، بهسازی و نگهداری راهها

طی سال‌های اخیر، فعالیت‌های مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران گسترش یافته و با تشکیل دبیرخانه این مجمع در سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای و معرفی اعضاء، سعی بر آن شده که هر چه بیشتر با مرکز پیارک در فرانسه ارتباط لازم برقرار شود. اعضای که برای این مجمع در نظر گرفته شده شامل یک عضو اصلی و یک یا دو عضو مکاتبه‌ای برای هر یک از کمیته‌های 18 گانه مندرج در زیر می‌باشند:

موضوعات راهبردی، کمیته‌های تخصصی و کارگروه‌های ویژه برای دوره ۲۰۱۵-۲۰۱۲

موضوع راهبردی ۱: مدیریت و عملکرد

TC 1.1 عملکرد ادارات راه و حمل‌ونقل

TC 1.2 تأمین مالی

TC 1.3 تغییرات آب‌وهوایی و پایداری

TC 1.4 اقتصاد سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای و توسعه اجتماعی

TC 1.5 مدیریت ریسک

موضوع راهبردی ۲: دسترسی و جابجایی

- TC 2.1 بهره‌برداری از شبکه‌های جاده‌ای
- TC 2.2 بهبود جابجایی در مناطق شهری
- TC 2.3 حمل‌ونقل بار
- TC 2.4 بهره‌برداری زمستانی راه (نگهداری زمستانی)
- TC 2.5 شبکه راههای برون‌شهری و قابلیت دسترسی به مناطق برون‌شهری

موضوع راهبردی ۳: ایمنی

- TC 3.1 برنامه‌ها و سیاست‌های ملی ایمنی راه
- TC 3.2 طراحی و بهره‌برداری زیرساخت‌های جاده‌ای ایمن‌تر
- TC 3.3 بهره‌برداری از تونل‌های راه
- TF 1 کارگروه ویژه راهنمای ایمنی راه
- TF 2 کارگروه ویژه امنیت

موضوع راهبردی ۴: زیرساخت

- TC 4.1 مدیریت دارایی‌های راه
- TC 4.2 روسازی‌های راه
- TC 4.3 پل‌های راه
- TC 4.4 عملیات خاکی و راههای بدون رویه

کمیته اصطلاح‌شناسی

ریاست پیارک در ایران بر عهده آقای مهندس داود کشاورزian بوده، آقای مهندس مهران قربانی سمت دبیر پیارک و مسئولیت دبیرخانه پیارک در ایران را عهده‌دار می‌باشند. با توجه به اهداف اصلی مجمع جهانی راه، دبیرخانه پیارک در ایران با بازنگری در تشکیلات و اعضای خود به جهت رسیدن به ترکیب ایده‌آل چه به لحاظ امکانات و تسهیلات و چه به لحاظ نیروهای تخصصی فعال امیدوار است که بتواند در ارتقای سطح دانش فنی و تخصصی زیرمجموعه‌های مختلف حمل‌ونقل جاده‌ای کشور سهم و نقش خود را ایفاء نماید.

وزارت راه و شهرسازی به عنوان متولی اصلی صنعت حمل و نقل کشور، نیازمند استفاده از بخش وسیعی از خدمات مهندسی در زمینه طراحی، ساخت، نگهداری و بهره‌برداری از اجزای سیستم حمل و نقل می‌باشد. از این رو ضروری است که دانش فنی مورد نیاز به طور مستمر در اختیار مدیران و کارشناسان مربوطه قرار گرفته تا نیازهای مطالعاتی و تحقیقاتی آنها مرتفع گردد. سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای به عنوان یکی از معاونت‌های وزارت راه و شهرسازی در صدد است ضمن شناسایی نیازهای اساسی بخش‌های مختلف وزارت متبوع و انجام تحقیقات علمی - کاربردی در زمینه مسایل فنی حمل و نقل و همچنین استفاده از آخرین دستاوردها و انجام مبادلات علمی با مجامع و سازمان‌های علمی و تخصصی ذیربط، به رفع این نیازها بپردازد. در همین راستا این سازمان بر آن است تا با تهیه و تدوین مجموعه گزارش‌های تخصصی، دانش فنی مورد نیاز را به شکلی مناسب در اختیار بخش‌های مختلف وزارت متبوع و سایر متخصصان قرار دهد. امید است که با تلاش‌های صورت گرفته توسط آقای مهندس مهران قربانی دبیر مجمع جهانی راه در ایران و مدیرکل محترم دفتر ایمنی و حریم راه و همکاری افرادی که در تهیه این گزارش ما را یاری رساندند، ضمن تشکر و قدردانی، گامی مؤثر در جهت ایجاد تحول، نوآوری و ارتقاء عملکردها برداشته شود.

داود کشاورزian

رییس سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای

نماینده اول پیارک در ایران

طرح راه ایمن بر مبنای عوامل انسانی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول - ویژگی‌های راه ایمن	۱
۱-۱- مفاهیم	۳
2-1- ویژگی‌های راه ایمن	۳
فصل دوم - نقش عوامل انسانی در خطاهای عملکردی و رانندگی	۱۳
1-2- اصطلاحات	۱۵
2-2- ویژگی‌های رانندگان	۱۶
2-2-1- تأثیر سلامت و سن بر ویژگی‌های رانندگان	۲۳
2-3- رویکردهای قبل و بعد از تصادف	۲۴
2-4- خطای عملکردی و خطای رانندگی	۲۷
2-5- تعریف عوامل انسانی	۲۸
فصل سوم - اصول سه‌گانه طرح راه خودمعرف	۳۱
3-1- اصل بدیهی 6 ثانیه	۳۳
3-1-1- تشریح اصل - راه باید زمان کافی برای عکس‌العمل را به راننده بدهد	۳۳
3-1-2- نتیجه کار عملی	۳۳
3-1-3- اقدامات	۳۸
3-2- اصل بدیهی منطق ادراک راننده	۳۹
3-2-1- تشریح اصل - راه باید منطق ادراکی راننده را دنبال کند	۳۹
3-2-2- نتیجه کار عملی	۴۱
3-2-3- اقدامات	۴۵
3-2-4- مثال: ورودی غیر قابل رؤیت یک شهر	۴۵
3-3- اصل بدیهی میدان دید و منظرآرایی	۴۷
3-3-1- تشریح اصل - راه باید میدان دید ایمن را برای راننده فراهم کند	۴۷
3-3-2- نتیجه کار عملی	۵۷
3-3-3- اقدامات	۶۵

فصل اول

ویژگی‌های راه ایمن

1-1- مفاهیم

• ایمنی

ایمنی در هر فعالیت، ایجاد شرایطی است که به طور نسبی کاربران از خطرهای منجر به صدمات و خسارات جانی و مالی دور باشند.

• ایمنی ترافیک

ترافیک در لغت به معنای آمدوشد است و دارای سه جزء اصلی انسان، راه و وسیله نقلیه می‌باشد. به طور کلی در تأمین ایمنی ترافیک با تکیه بر اصل معروف 3E (آموزش، مهندسی و اعمال مقررات) پنج عامل زیر مؤثر هستند:

- ✓ کاربران که باید از آموزش‌های مؤثر و کارا برخوردار گردند،
- ✓ قوانین و مقررات مؤثر و بازدارنده که باید به طور مناسب اعمال گردند،
- ✓ وسایل نقلیه که باید مناسب و مطابق با استاندارد باشند،
- ✓ راه و محیط اطراف آن که باید مناسب و مطابق با استاندارد باشند،
- ✓ حجم و ترکیب ترافیک که باید متناسب نوع راه باشند.

• راه ایمن

راه ایمن متناسب با سطح انتظار از نوع راه، باید تأمین‌کننده حداقل مشخصات استاندارد برای کاربران باشد و ضمن تسهیل حرکت بی‌خطر وسایل نقلیه، رانندگان را در درک صحیح و به موقع وضعیت پیش روی و اتخاذ تصمیم صحیح یاری کند و در صورت اشتباه خسارات جانی و مالی وارد به کاربران به حداقل برسد. لازم به ذکر است، ایمنی راه به مجموعه‌ای از ویژگی‌های کیفی جسم راه و محیط اطراف آن بستگی دارد. لذا یک موضوع نسبی است و نمی‌توان به طور مطلق ایمن بودن یا غیر ایمن بودن را به یک راه نسبت داد. طرح هندسی و وجود علائم و تجهیزات ایمنی جزء شرایط لازم در تأمین ایمنی راه می‌باشند، ولی شروط کافی نیستند.

1-2- ویژگی‌های راه ایمن

برای افزایش ایمنی راه‌ها ویژگی‌های خاصی لازم است که در ادامه به آنها اشاره می‌شود؛

(الف) خودمعرفی، (ب) بخشندگی، (پ) تأمین فضای لازم برای مانورهای جریان ترافیک، (ت) بازدارندگی و اعمال محدودیت در برابر حرکات پرخطر، (ث) تأمین نیازهای وسایل نقلیه در تعامل با راه، (ج) تأمین ایمنی تمامی کاربران، (چ) تطابق راه با طبقه‌بندی عملکردی آن، (ح) - سازگاری اجزاء با یکدیگر و محیط اطراف.

الف - خود معرفي

جسم راه و محيط اطراف آن بايد به آساني قابل تشخيص باشند به طوري كه كاربر به سرعت قادر به تعيين موقعيت خود و مسير مناسب و تشخيص خطرات محتمل باشد. بنابر اين منظور از خود معرفي، اطلاع رساني مناسب و به موقع و بدون ابهام در خصوص رویدادهای پیش رو مطابق با انتظارات ایجاد شده برای راننده در راه می باشد. در اين خصوص تأمین شرایط ذیل ضروری است:

- ◀ ایجاد قابلیت دید مناسب،
- ◀ رعایت اصل بدیهی 6 ثانیه در اطلاع رسانی،
- ◀ رعایت اصل بدیهی تبعیت از منطق ادراک راننده،
- ◀ رعایت اصل عدم ایجاد ابهام یا خطا در میدان دید،
- ◀ رعایت اصل عدم ایجاد بار فکری زیاد و بی مورد،
- ◀ کمک به انتخاب سرعت مطمئن و عدم خروج از خط،
- ◀ آشکارسازی نواحی پرخطر با علائم خاص.



نمونه هایی از افزایش خود معرفي راه

ب - بخشندگی

کاربران راه در حین رانندگی به دلیل ویژگی های انسانی و محدودیت های ذهنی و جسمی خطا پذیر می باشند و در تقریباً 60 درصد تصادفات رانندگی، وسایل نقلیه با کناره راه مواجه می شوند. لذا ایمن سازی این نواحی با تأمین امکان بازگشت وسیله نقلیه منحرف شده و کاهش شدت تصادفات احتمالی تحت عنوان بخشندگی از جمله الزامات می باشد. بدین منظور تأمین شرایط زیر ضروری است:

- راه برای راننده فضایی جهت مانورهای اضطراری و فرار از تصادف و یا بازیابی و کنترل وسیله نقلیه، تحت عنوان **فضای بازیابی** و نیز امکان کنترل وسیله نقلیه برای رانندگان منحرف شده از مسیر در محدوده‌ای قابل انتظار و پیش‌بینی با عنوان **محدوده عاری از مانع** را فراهم سازد،
- کاهش ارتفاع خط پروژه تا حد امکان و ملایم‌سازی شیب‌ها در حاشیه راه، تا از واژگونی یا سقوط وسایل نقلیه جلوگیری شود (آبروها، خاکریزها، جوی‌ها و ...)،
- حذف یا دور نمودن موانع موجود در حاشیه راه به اندازه کافی،
- استفاده از حفاظ‌های ایمن برای کاهش شدت برخورد وسیله نقلیه منحرف شده با موانع حاشیه راه.



نمونه‌هایی از شرایط غیرایمن کناره راه



پ- تأمین فضای لازم برای مانورهای جریان ترافیک

- تأمین فضای لازم و به دور از خطر برای حرکات و مانورهای مختلف کاربران وسایل نقلیه با در نظر گرفتن ویژگی‌ها، محدودیت‌ها و انتظارات انسانی از جمله نیازهای ایمنی جریان ترافیک می‌باشد. بدین منظور تأمین شرایط زیر برای کاربران وسایل نقلیه ضروری است:
- ایجاد فضای مناسب برای سبقت‌گیری،
 - ایجاد فضای مناسب برای خروج یا ورود ایمن به راه،
 - ایجاد فضای مناسب همگرایی یا واگرایی در راه،
 - ایجاد فضای مناسب برای حرکات گردشی و تغییر جهت در مسیر.



خطوط کمکی در شیب‌های سربالایی برای مانورهای ایمن و سبقت ایجاد فضای مناسب همگرایی در راه



ایجاد فضای مناسب برای خروج یا ورود ایمن به راه



ایجاد فضای مناسب برای حرکات گردش و تغییر جهت در راه

ت - بازدارندگی و اعمال محدودیت در برابر حرکات پرخطر

با در نظر گرفتن خطاپذیری رانندگان، برای کاهش احتمال بروز تصادفات می‌توان با روش‌های مهندسی در نواحی پرخطر و نیازمند نظارت و اعمال قانون، نسبت به اعمال محدودیت فیزیکی در برابر حرکات پرخطر ترافیکی اقدام نمود. بدین منظور انجام اقدامات زیر ضروری است:

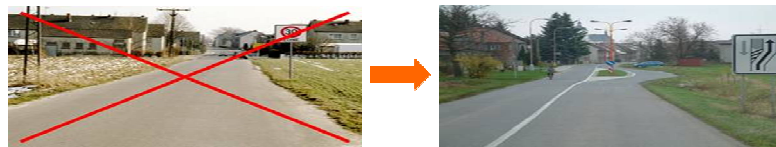
- کاربرد تجهیزات جداکننده مسیر رفت و برگشت در راههای دوطرفه،
- کاربرد سرعت‌کاه در مناطق مورد نیاز از جمله مناطق مسکونی،
- کاربرد جزایر ترافیکی جداکننده برای پرهیز از تداخل‌های ترافیکی،
- کاربرد رویه‌ها و شیارهای صداساز برای ایجاد هوشیاری رانندگان،
- کاهش دسترسی‌های نایمن به راه.



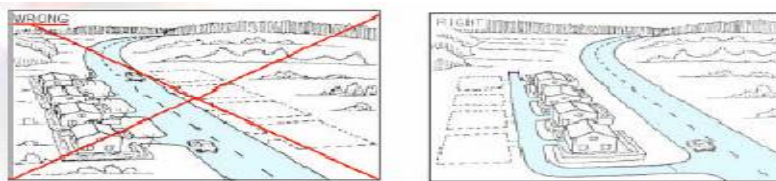
کاربرد انواع جداکننده مسیر رفت و برگشت در راههای دوطرفه



کاربرد سرعت کاه و سرعت گیر در راهها



تدابیر کاهش سرعت در مبادی ورودی مناطق مسکونی



محدودسازی تعدد دسترسی‌ها به راههای پرسرعت

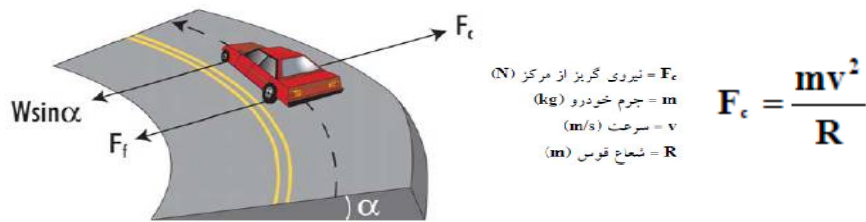


ایجاد کمربندی جهت ترافیک پرسرعت عبوری از مناطق مسکونی

ث - تأمین نیازهای وسایل نقلیه در تعامل با راه

اصلی‌ترین نیازهای حرکت وسایل نقلیه در سطح راه عبارتند از:

- ایجاد رویه هموار فاقد عوارض خطرزا،
- طراحی قوس‌های مناسب همراه با شیب عرضی لازم برای تحمل نیروی گریز از مرکز وارد بر وسایل نقلیه،
- رعایت میزان شیب مجاز طولی راه،
- ایجاد رویه‌ای با مقاومت لغزشی مناسب به خصوص در نواحی با آب‌وهوای ویژه و نقاط خاص در طول مسیر (همچون محل دسترسی‌ها، تقاطع‌ها، قوس‌ها و نواحی تداخلی ترافیک) که احتمال ترمزگیری بیشتر می‌باشد،
- زهکشی آبهای سطحی رویه راه.

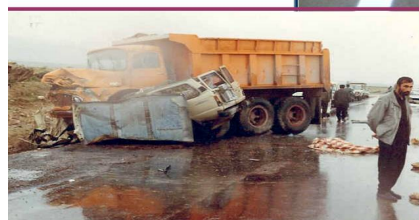


تخریب شدید سطح راه (ترک‌ها، گودال‌ها، فرورفتگی‌های موضعی)



مشکل انباشتگی آب در سطح راه قیرزدگی از مشکلات مربوط به روسازی‌های آسفالتی

وضعیت نامناسب قیرزدگی
و ایجاد سطح لغزنده در زمان
بارندگی



فقدان اصطکاک مناسب در
سطح جاده به نحوی که جاده
پس از بارش همچون آینه
عمل می نماید.

ج- تأمین ایمنی تمامی کاربران

راه علاوه بر تأمین ایمنی ترافیک عبوری باید تأمین کننده نیازهای ایمنی تشخیص داده شده سایر کاربران آسیب پذیر (شامل عابران پیاده، دوچرخه سواران، موتورسیکلت سواران، کاربران وسایل نقلیه کندرو و کشاورزی و ...) با اقداماتی همچون گذرگاه های ویژه و تأسیسات و تجهیزات مورد نیاز این گروه متناسب با نوع راه باشد.



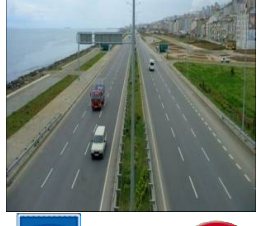
تسهیلات ویژه عابران پیاده و دوچرخه سواران و در نظر گرفتن نیاز عبور عرضی از راه برای ساکنین حاشیه راه



ایجاد فضای لازم یا ویژه برای کاربران ویژه

چ - تطابق راه با طبقه‌بندی عملکردی آن

کاربران متناسب با نوع و طبقه‌بندی تعریف شده انواع راهها مطابق با استانداردهای رایج کشور، سطح ایمنی و عملکردی خاصی را از راه پیش روی انتظار داشته و شیوه رانندگی و سطح خطرپذیری خود را متناسب با آن تنظیم می‌نمایند. تطابق وضعیت راه با طبقه‌بندی عملکردی (شریانی، جمع‌کننده و دسترسی) از الزامات تأمین ایمنی راه می‌باشد. در انتقال یک نوع راه به نوع دیگر باید به طور شفاف اطلاع‌رسانی شود.

نوع راه	دسترسی	جمع‌کننده	شریانی	شریانی ملی
شهری				
				
برون‌شهری				
				

ح - سازگاری اجزاء راه با یکدیگر و محیط اطراف

وجود تغییرات نامتناسب با نوع راه (همچون دسترسی های نابجا، کم عرض شدن ناگهانی مسیر، حذف ناگهانی شانه و ...) به عنوان عامل خطر و مستعد بروز تصادفات محسوب می گردد. لذا همگنی راه و حفظ سازگاری اجزاء در یک مسیر عامل مهمی در ایمنی راه می باشد.

در موارد خاص و راههای با اهمیت کمتر، چنانچه همگنی و حفظ سازگاری در یک مسیر ممکن نباشد، انتقال از یک وضعیت به وضعیت دیگر، باید به طور شفاف و واضح اطلاع رسانی شود.



عدم هماهنگی بین سرعت مجاز و سطح توسعه راه



عرض بیش از حد راه - مشوق سرعت غیر مجاز



سازگاری محل تلاقی دو حفاظ فلزی و بتنی



کاهش پرخاطر عرض راه در محل پل

فصل دوم

نقش عوامل انسانی در خطاهای عملکردی و رانندگی

2-1- اصطلاحات

• عوامل انسانی

مشارکت انسان در ایجاد یک کارکرد فنی غلط یا نقص در راهبری دستگاه‌ها و وسایل نقلیه.

• خطای عملکردی

یک خطای عملکردی که ناخواسته و غیرارادی اتفاق می‌افتد، در واقع عملی است در زنجیره اقدامات که می‌تواند منجر به یک خطای رانندگی شود. خطاهای عملکردی به دلیل نبود اطلاعات یا برداشت غلط از اطلاعات در تعامل بین راننده و راه بروز می‌کنند.

• خطای رانندگی

یک خطای عملکردی که هنوز کنترل نشده، می‌تواند به یک خطای رانندگی تبدیل شود. در اغلب موارد راننده توانایی اصلاح خطای رانندگی را دارد. در غیر این صورت، خطای رانندگی منجر به وقوع تصادف می‌شود.

• منظر

ناحیه‌ای که مشخصه آن نتیجه عمل و عکس‌العمل بین طبیعت و عوامل انسانی می‌باشد و توسط مردم درک می‌شود.

• منظر راه

منظر راه عبارت است از نوار بین راه و تجهیزات راه (علایم افقی و عمودی، حفاظ‌های ایمنی، حاشیه چمن یا شانه سخت، آبروها، شیب‌ها، درخت‌کاری از انواع مختلف و ...) که از داخل راه دیده می‌شود. تفکیک منظر راه از محیط اطراف آن کار مشکلی است و قابلیت ادراک تمامی بخش‌های راه به طور همزمان توسط کاربران به سطح هوشیاری و درک آنها بستگی دارد.

• میدان دید

میدان دید به صورت میزان دید از لحاظ قابلیت عملکردی برای دیدن نوار راه، تقاطع‌ها، علائم و سایر کاربران راه بدون اینکه با سایر موانع پوشیده شوند، تعریف می‌شود. آیا اطلاعات دیداری به کاربران می‌رسد و در این صورت آیا اطلاعات به موقع می‌رسد (از نقطه نظر سرعت کاربر و سایر کاربران) تا کاربران بتوانند رفتارشان را در پاسخ به رویدادها تغییر دهند؟

• خوانایی راه

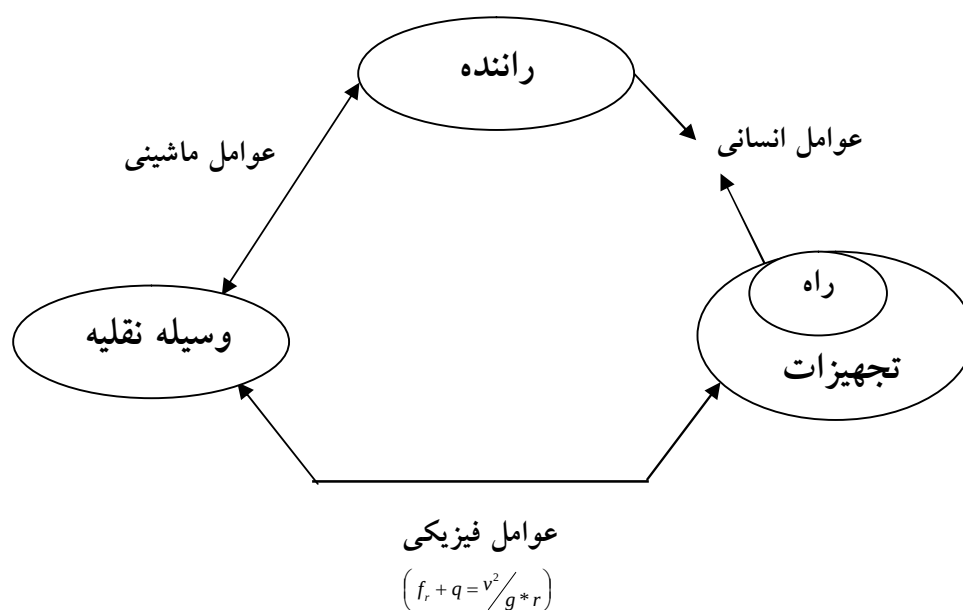
خوانایی راه، میزان دید از لحاظ تفسیر راه می‌باشد؛ درک آن چه که شخص می‌بیند یا تازه دیده است به منظور اصلاح عکس‌العمل راننده طبق موقعیت‌های به وجود آمده، بر اساس چارچوب مفهومی از قبل مشخص شده.

• ایمنی اولیه

ایمنی اولیه عبارت است از محدود کردن فراوانی تصادفات با هدف قراردادن علت ایجاد آنها، به طور مثال آگاه‌سازی رانندگان، رویکرد منظرآرایی و خوانایی، در این مقوله قرار می‌گیرد.

• ایمنی ثانویه

ایمنی ثانویه عبارت است از محدود کردن شدت تصادفات با هدف قراردادن نتایج عدم کنترل وسیله نقلیه.



شکل 2-1: نمودار تعامل راه، وسیله نقلیه و عوامل انسانی

2-2- ویژگی‌های رانندگان

عامل انسانی مهم‌ترین عامل در ایمنی راه است. در بین عوامل انسانی (راننده، آموزش، قوانین و مقررات و پلیس) نیز عامل مربوط به راننده بسیار اهمیت دارد. شناخت ویژگی‌هایی که در رانندگی تأثیرگذار هستند، مهندسان و طراحان راه را در بهبود عملکرد ایمن آن کمک می‌کند. معمولاً خطای رانندگان به دلیل محدودیت‌های فیزیکی و شناخت رخ می‌دهد. رانندگان در حین رانندگی به ترتیب اهمیت سه نقش عمده را ایفا می‌کنند: راهبری، هدایت و کنترل.

راهبری رساندن وسیله نقلیه به مقصد با استفاده از علائم است.

هدایت، حرکت وسیله نقلیه با فاصله ایمن از وسایل نقلیه (اندرکنش با سایر وسایل نقلیه) و با تبعیت از علائم (تابلوها و خط‌کشی‌ها) است.

کنترل، حفظ وسیله نقلیه در خط حرکت و سرعت مطلوب است. ویژگی‌های مهم رانندگان از منظر ایمنی راه عبارتند از: الف) توانایی پردازش اطلاعات، ب) قابلیت دید و مخروط دید، پ) زمان درک و عکس‌العمل، ت) انتخاب سرعت.

الف - توان پردازش اطلاعات

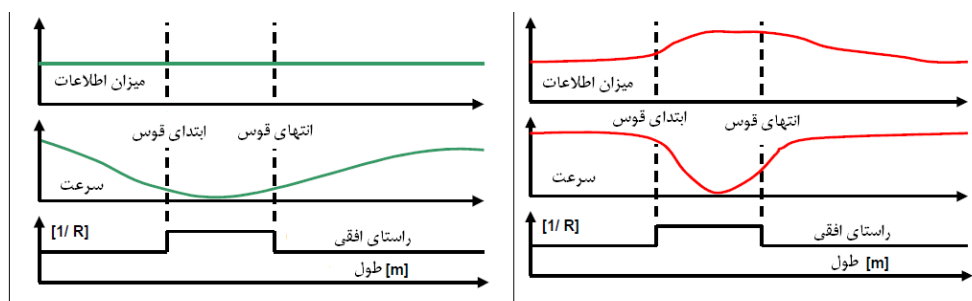
درک و پردازش اطلاعات در انسان توسط دو سیستم هم‌زمان که اصطلاحاً از بالا به پایین و از پایین به بالا نامیده می‌شوند، انجام می‌شود. در سیستم از بالا به پایین، از ذهن انسان بر اساس توجه، تجربه، انگیزه و انتظارات دستورهای صادر می‌شود. در سیستم از پایین به بالا، ذهن انسان بر اساس محرک‌های بیرونی و محیطی رفتار می‌کند. یعنی ابتدا رؤیت و سپس نوع رفتار مشخص می‌شود. عملکرد راننده در رانندگی متأثر از حجم فعالیت‌های کاری است که در حین رانندگی انجام می‌دهد. کمبود اطلاعات یا ارایه اطلاعات بیش از اندازه در بروز رفتارهای پرخطر بسیار مؤثر هستند. در حالت کمبود اطلاعات، تعامل مناسبی بین راه و راننده برقرار نمی‌شود و رفتار راننده عموماً بر اساس عادت و تجربه است. در حالت ارایه اطلاعات بیش از اندازه، عدم توانایی راننده در پردازش آنها می‌تواند باعث ایجاد مشکل شود.

محدودیت در پردازش اطلاعات یکی از مهم‌ترین محدودیت‌ها در انسان است. ذهن انسان نمی‌تواند به صورت هم‌زمان اطلاعات مختلف را دریافت و تجزیه و تحلیل کند. در صورت ارایه اطلاعات بیش از اندازه به راننده، محدودیت در پردازش اطلاعات باعث می‌شود تا اطلاعات اولویت‌بندی شوند. این اولویت‌بندی باعث افزایش احتمال حذف برخی اطلاعات مهم می‌شود که می‌تواند منجر به بروز رفتار خطرناک در راننده شود.

ارایه اطلاعات به یک شکل و به صورت تدریجی بر خلاف ارایه آنها به طور هم‌زمان و ناگهانی و نیز ارایه راهنمایی‌ها و معیارهای لازم برای کمک به اولویت‌بندی اطلاعات و طراحی راه بر اساس انتظارات (پیش‌بینی) رانندگان از مهمترین پارامترهای تأثیرگذار بر فرایند پردازش اطلاعات است. در شکل (2-2) نمونه‌ای از طرح مناسب با ارایه اطلاعات یک قوس به صورت تدریجی و طرح نامناسب با ارایه اطلاعات به صورت ناگهانی، نشان داده شده است.

انتظار رانندگان معمولاً ناشی از تجربیات آنها در بلندمدت یا کوتاه‌مدت است. قرار گرفتن خروجی در سمت راست یا اهمیت راه اصلی نسبت به راه فرعی یا تمایل به خط سمت چپ برای گردش به چپ، ناشی از تجربیات رانندگان در بلندمدت محسوب می‌شود. پیش‌بینی رویکردهای پیش رو در بخش باقیمانده مسیر بر اساس تجربیات ناشی از طی بخشی از آن، از تجربیات کوتاه‌مدت محسوب می‌شود. حرکت در یک مسیر با تغییر راستای

یکنواخت، این انتظار را در راننده ایجاد می‌کند که بقیه مسیر نیز مشابه قسمت طی شده خواهد بود و در نتیجه انتظار برخورد با یک قوس تند را ندارد.



ب - مناسب

الف - نامناسب

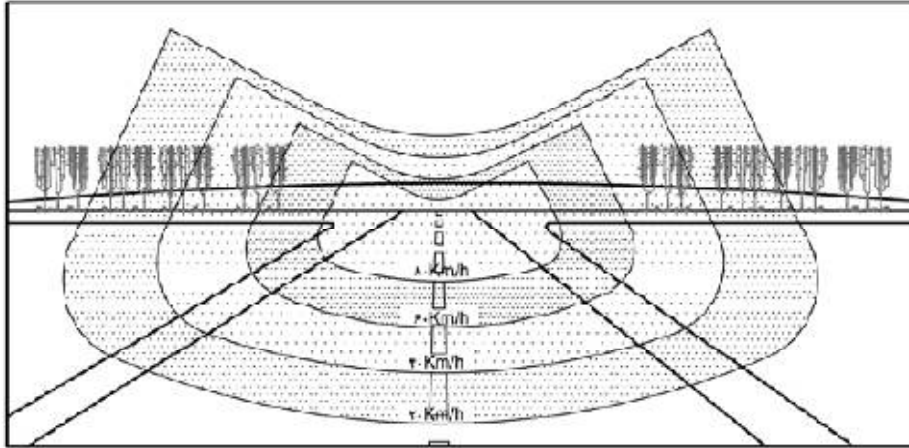
شکل 2-2: تفاوت رفتار رانندگان در طرح خوب و بد

ب - قابلیت دید

در خصوص دید، ویژگی‌های زیر در عملکرد ایمن رانندگان تأثیرگذار است:

- **تیزی بینایی:** توانایی دیدن جزئیات از فاصله دور، این ویژگی برای دیدن جزئیات به ویژه برای خواندن علائم بسیار مهم است. تعیین ابعاد مناسب حروف در علائم بستگی به تیزی بینایی دارد. به عنوان مثال در شرایط روشنایی ایده‌ال، فردی با قدرت دید کامل، حداکثر از فاصله 170 متر می‌تواند حرفی به ارتفاع $2/5$ سانتی‌متر را ببیند. در صورت افزایش فاصله یا کاهش قدرت دید، ارتفاع حرف باید به همان نسبت افزایش داده شود.
- **حساسیت برای تشخیص تضاد رنگ:** توانایی تشخیص اختلاف‌های جزئی بین یک شیء و پس‌زمینه آن در نورهای مختلف، این ویژگی در تشخیص یک علامت از پس‌زمینه آن یا تشخیص یک مانع در سطح روسازی یا حتی تشخیص عابر بسیار مهم است. طراحان باید دقت کنند که بین عارضه‌های راه و پس‌زمینه آنها در تمامی شرایط (مانند روز، شب، تغییرات فصلی، طلوع و غروب خورشید) تضاد رنگ وجود داشته باشد. به عنوان مثال ترکیب رنگ آبی یا سبز به عنوان پس‌زمینه با نوشته‌های سفید نسبت به پس‌زمینه با رنگ قرمز با نوشته‌های سفید خیلی آسان‌تر قابل تشخیص است.
- **دید جانبی:** توانایی در تشخیص اشیای خارج از محدوده دید دقیق. محدوده دید دقیق بین 2 تا 4 درجه می‌باشد. زاویه دید مناسب رانندگان برای درک بهتر اطلاعات، برای دید عمودی بالا، 20 درجه، برای دید عمودی پایین، 60 درجه و برای دید افقی، 15 الی 20 درجه می‌باشد. البته سرعت در باریک شدن دید

جانبی تأثیرگذار است (شکل 2-3). هر اندازه سرعت بیشتر شود، زاویه دید راننده برای درک بهتر اطلاعات کمتر می‌شود.



شکل 2-3: محدوده دید جانبی در سرعت‌های مختلف

- حرکت در عمق: توانایی برای تشخیص سرعت حرکت وسیله نقلیه دیگر به وسیله نرخ تغییر زاویه دید آن وسیله نقلیه در چشم. معمولاً مهم‌ترین علامت برای تعیین سرعت نزدیک شدن وسیله نقلیه، تغییر اندازه وسیله نقلیه از منظر بیننده است. البته این تغییر اندازه خطی نیست و با نزدیک شدن وسیله نقلیه، شدت افزایش اندازه وسیله نقلیه بیشتر می‌شود. ناتوانایی در تشخیص سرعت حرکت وسیله نقلیه می‌تواند باعث وقوع تصادف مانند تصادف وسیله نقلیه در حال حرکت به عقب وسیله نقلیه متوقف شده در مسیر یا وسیله نقلیه دارای سرعت حرکت کمتر شود.
- - جستجوی بصری: توانایی برای جستجوی سریع تغییرات در طول راه برای دریافت اطلاعات. این ویژگی بر روی حرکت‌های چشم متمرکز است. ثابت شدن چشم بر روی یک عارضه برای اخذ اطلاعات از یک دهم ثانیه تا 2 ثانیه می‌تواند تغییر کند. هر اندازه تعداد حرکت‌های چشم کمتر باشد، بهتر است. استفاده از تابلوها و علائم غیرمعارف یا نصب تابلو در محل‌های غیرمعارف مانند نصب تابلو علاوه بر سمت راست در سمت چپ (غیر از مواردی که در آیین‌نامه تصریح شده است) باعث افزایش حرکت‌های چشم می‌شود. الگوی حرکات چشم راننده در مسیر مستقیم و قوس افقی تغییر می‌کند. حرکات چشم قبل از ورود به قوس افزایش می‌یابد بنابراین توصیه می‌شود برای کاهش حرکات چشم و افزایش ایمنی، علائم ایمنی هشداردهنده قبل از ناحیه ورودی به قوس نصب شوند.

پ- زمان درک و عکس‌العمل

زمان درک شامل زمانی است که تشخیص و تصمیم‌گیری طول می‌کشد. در مرحله تشخیص، راننده از مجموعه اطلاعاتی که در محدوده تمرکز او به چشمش می‌رسد، بر پایه تجربه، خطر را کشف کرده و تشخیص می‌دهد. پیچیدگی‌های طرح، ارایه اطلاعات بیش از اندازه و اشتباه در تشخیص، منجر به افزایش زمان درک می‌شود. اشتباه در تشخیص برای طرح‌های ایجادکننده خطای دید، برای اشیای واقع در خارج از خط دید راننده، اشیای دارای تفاوت رنگ بسیار اندک با رنگ پس‌زمینه، اشیای با اندازه کوچک، اشیای ثابت یا در حالت خیرگی ناشی از نور وسیله نقلیه مقابل امکان‌پذیر است.

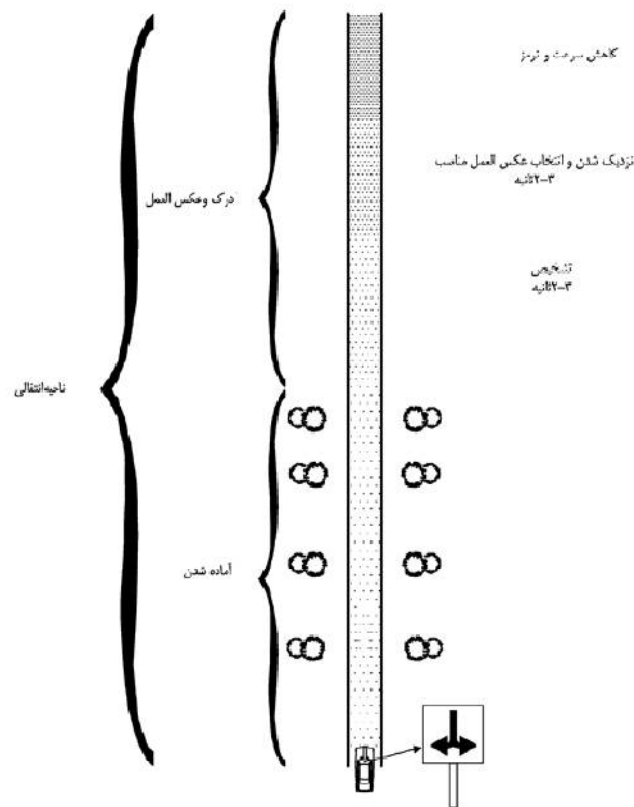
در مرحله تصمیم‌گیری پس از آن که راننده خطر را تشخیص داد، باید با ارزیابی موقعیت، برای انتخاب عکس‌العمل مناسب تصمیم‌گیری کند. مثلاً هنگامی که خطری را در مقابل خود تشخیص داد، باید نسبت به تغییر جهت یا توقف وسیله نقلیه خود تصمیم بگیرد. مدت زمان ارزیابی و تصمیم‌گیری بیش از هر عامل دیگر به پیچیدگی و سادگی وضعیت و تعداد انتخاب‌های راننده بستگی دارد. معمولاً زمان تشخیص و تصمیم‌گیری برای محاسبه فاصله دید توقف، $2/5$ ثانیه در نظر گرفته می‌شود. در وضعیت‌های پیچیده که راننده ناچار به انتخاب عکس‌العمل است (فاصله دید انتخاب)، زمان تصمیم‌گیری بیشتر از این مقدار در نظر گرفته می‌شود.

زمان عکس‌العمل مدت زمانی است که واکنش طول می‌کشد. این مدت زمان به نوع وسیله نقلیه نیز بستگی دارد. به عنوان مثال نوع سیستم ترمز بر طول توقف وسیله نقلیه و به تبع آن بر روی مدت زمان واکنش تأثیر دارد.

ت- زمان تطبیق

به طور کلی در طراحی، زمان درک و عکس‌العمل بخشی از زمان تطبیق رفتاری رانندگان با تغییر شرایط راه است. تطبیق به رفتارهایی گفته می‌شود که راننده نسبت به ایجاد هرگونه تغییر در سامانه راه - وسیله نقلیه - انسان انجام می‌دهد. طراحان باید در نواحی انتقال (ناحیه تغییر مشخصات راه یا محیط مانند ناحیه انتقال از مسیر مستقیم به قوس یا از محیط برون‌شهری به شهری)، فضای لازم برای تطبیق و عکس‌العمل به رانندگان را در نظر بگیرند. حداقل زمان تطبیق بین 4 تا 6 ثانیه است.

شکل (2-4)، فرایند آماده شدن، درک و عکس‌العمل برای ورود به تقاطع را نشان می‌دهد که با مشاهده تابلوی تقاطع شروع می‌شود.



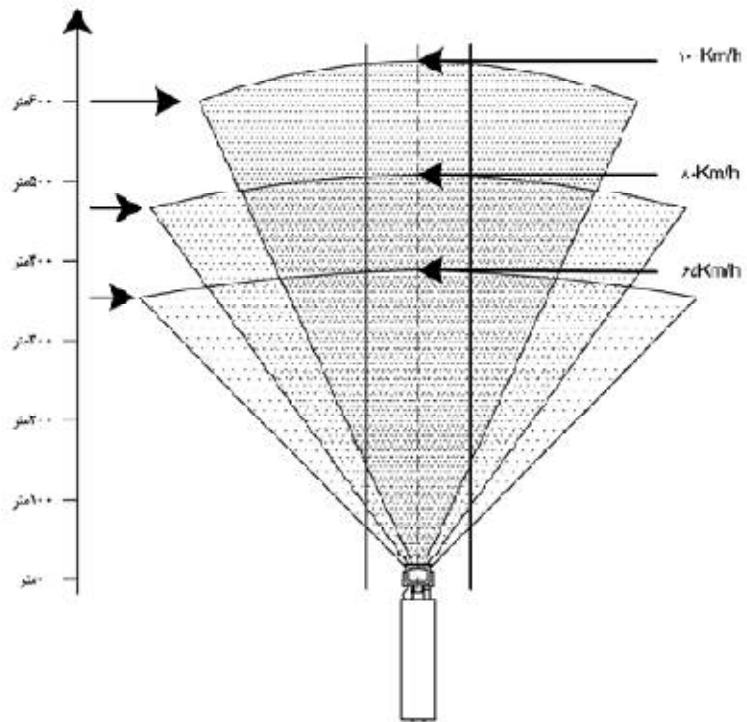
شکل 2-4: نمونه‌ای از فرایند درک و عکس‌العمل در ناحیه انتقالی

ث - انتخاب سرعت

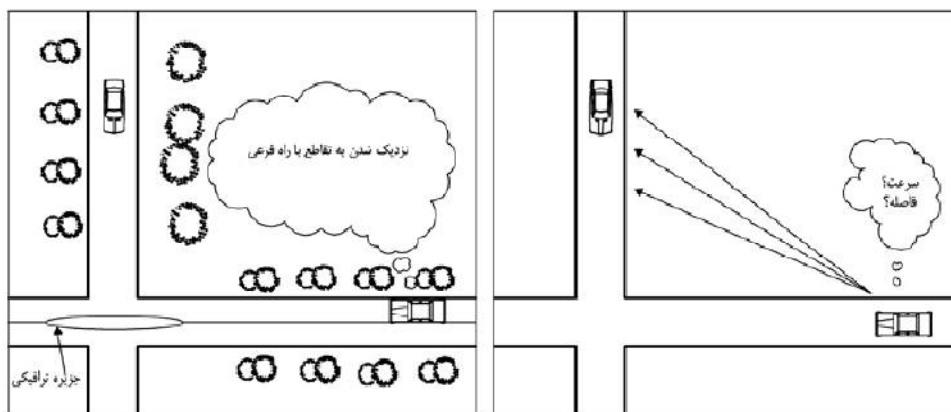
انتخاب سرعت توسط رانندگان به تأثیرپذیری آنها از عوامل پیرامونی نیز بستگی دارد. این عوامل عبارتند از:

- **دید جانبی و فاصله تمرکز:** افزایش فاصله تمرکز (فاصله چشم از نقطه‌ای که بر آن متمرکز است) و محدود شدن دید رانندگان به مسیر روبرو که بیشتر در مسیرهای مستقیم طولانی اتفاق می‌افتد، باعث کاهش دقت رانندگان در برآورد سرعت می‌شود (شکل 2-5).
- **صدای محیط:** صدای محیط در تشخیص و برآورد سرعت توسط رانندگان تأثیرگذار است. راننده ناخودآگاه سرعت را در محیط ساکت افزایش می‌دهد.
- **تطبیق سرعت:** رانندگی در یک راه با سرعت بالا و برای مدت طولانی باعث می‌شود تا در ابتدای ورود به راه با سرعت پایین‌تر، رانندگان در انتخاب سرعت دچار خطا شوند.
- **مشخصات و محیط راه:** راستای راه، عرض راه و پستی و بلندی راه در انتخاب سرعت تأثیر زیادی دارد. عرض زیاد خط عبوری باعث افزایش سرعت می‌شود. وجود علائم و عارضه‌های محیطی در اطراف راه به راننده در برآورد صحیح سرعت و فاصله کمک می‌کند. شکل (2-6)، نمونه‌ای از تأثیرگذاری

عارضه‌های محیطی بر تخمین صحیح سرعت و فاصله را نشان می‌دهد. عارضه‌های قرار گرفته در کنار راه به عنوان یک مقیاس به راننده در برآورد سرعت و فاصله کمک می‌کنند.



شکل 2-5: ارتباط بین محدوده تمرکز و افزایش سرعت



شکل 2-6: استفاده از عارضه‌های محیطی برای تخمین صحیح سرعت و فاصله

2-2-1- تأثیر سلامت و سن بر ویژگی‌های رانندگان

تمامی ویژگی‌های فوق بستگی به سن راننده و سلامت راننده دارد. افزایش سن یا مصرف مواد مخدر یا خستگی ناشی از رانندگی طولانی‌مدت، منجر به کاهش توان ذهنی برای پردازش اطلاعات، افزایش زمان درک و عکس‌العمل، کاهش قابلیت دید و کاهش تشخیص در انتخاب سرعت می‌شود. اغلب خطاهای رانندگان ناشی از ناتوانی آنها در شرایط خاص است. این موضوع همراه با سایر مشکلات (مانند مشکل راه یا وسیله نقلیه) باعث تصمیم‌گیری‌های اشتباه می‌شود.

رانندگان مسن نیازهای ویژه‌ای دارند که باید در طرح راه و کنترل ترافیک لحاظ شود. برای مثال بعد از 25 سالگی به ازای هر 10 سال افزایش سن، میزان روشنایی مورد نیاز برای دیدن در شب به دو برابر افزایش پیدا می‌کند. یعنی یک راننده 75 سال، 32 برابر فرد 25 ساله به روشنایی نیاز دارد.

به طور کلی با افزایش سن رانندگان، احتمال وقوع موارد ذیل وجود دارد:

- کاهش توان پردازش اطلاعات،

- افزایش زمان تشخیص،

- کاهش قدرت تصمیم‌گیری،

- افزایش زمان عکس‌العمل،

- کمبود دید و شنوایی،

- کاهش توانایی در انجام حرکات‌های جسمی،

- تأثیر جانبی داروهای مصرفی.

این محدودیت‌ها، در حرکات‌های زیر که نیاز به سطح مهارت نسبتاً بالایی در مقایسه با سایر حرکات‌ها هستند، تأثیر بیشتری دارند:

- گردش به چپ و عبور از عرض راه،

- پیوستن به ترافیک با سرعت زیاد (همگرایی)،

- تغییر خط در راه‌های پرسرعت و پرترافیک،

- عبور مستقیم از تقاطع‌های کنترل نشده و پرترافیک،

- توقف در هنگام مشاهده انتهای صف،

- توقف‌های اضطراری.

با توجه به موارد فوق در ادامه راهکارهایی برای کاهش مشکلات بالقوه رانندگان مسن پیشنهاد می‌شود:

- معیارهای طراحی جوابگوی توانایی‌های رانندگان مسن باشد،

- کفایت فواصل دید و مثلث دید بر اساس توانایی‌های رانندگان مسن،

- استفاده از فاصله دید انتخاب،
- ساده کردن تقاطع‌ها و تبادل‌هایی که نیاز به پردازش چندین نوع از اطلاعات به طور هم‌زمان دارند،
- کاهش نقاط برخورد در تقاطع‌ها،
- تأمین علائم (تابلو و خط‌کشی) با ابعاد بزرگ‌تر،
- کاهش بی‌نظمی در چیدمان علائم،
- ارایه اطلاعات تکمیلی و پیش‌آگاهی در محل‌های مورد نیاز،
- اعمال محدودیت سرعت،
- آموزش برای شناخت دقیق محدودیت‌ها و آشنایی با رفتارهای مناسب در شرایط مختلف.

3-2- رویکردهای قبل و بعد از تصادف

تحقیقات سنتی در خصوص تصادفات، نقش مهمی در توسعه راهسازی ایفا می‌کنند. به لحاظ سنتی، تحقیق در خصوص تصادف، از بررسی **عواقب و پیامدهای** هر تصادف (صدمات و خرابی‌ها) در محل وقوع آن شروع می‌شود. هر تصادف، به عنوان آخرین نقطه‌ای که حرکت یک خودرو در آن نقطه متوقف می‌شود، مد نظر قرار می‌گیرد؛ یعنی جایی که برخورد و سانحه‌ای اتفاق می‌افتد.

تحلیل نقطه سیاه، با بررسی داده‌های پلیس برای یافتن رابطه میان مشخصات تصادف و مشخصات مشکوک راه (مثل جوی زهکش، طرح هندسی، شیار چرخ) یا مشخصات مشکوک راننده نظیر نقص در عملکرد، مصرف مشروبات الکلی، توانایی‌ها، سن، جنسیت و ... شروع می‌شود. این روش از یک سو مناسب و مفید است، ولی از سوی دیگر، مشکلات لاینحل دیگری را در پی دارد.

درصد بالای برگه‌های آماری نادرست و موارد گزارش‌نشده و نیز توضیحات تکراری متعدد ("عدم کنترل، ...")، توسعه هر فرضیه قابل آزمایش را برای بررسی علل تصادفات ناممکن می‌سازد.

این تحقیق سنتی نقاط سیاه، به سمت یک بررسی در محل برای یافتن اقدامات متقابل کارا و مؤثر تکامل می‌یابد. ولی تاکنون، تحقیقات تخصصی و آیین‌نامه‌های معتبری که پیش‌زمینه خطاهای راننده را مد نظر قرار دهند، وجود نداشته است.

گاهی کاملاً مشخص است که راه باید بازسازی شود، ولی در بیشتر مواقع تحلیل بدون اینکه نتیجه‌ای حاصل شود و راهکاری ارایه گردد، به پایان می‌رسد. بنابراین، توصیه‌ها سعی در به حداقل رساندن پیامدها و عواقب تصادفات دارند، به عنوان مثال استفاده از ضربه‌گیرها، تابلوهای هشداردهنده اضافی، محدودیت‌های سرعت یا روش بسیار متداول‌تر، استفاده از چراغ‌های راهنمایی.

برای درک بهتر رویکرد بعد از تصادف، می‌توان صاحبخانه‌ای را مثال زد که ارتفاع پله‌های خانه‌اش با هم فرق می‌کند. بارها و بارها مهمان‌هایش سکندری خورده و پاهایشان دچار کوفتگی، شکستگی و پیچ‌خوردگی شده است. بنابراین تصمیم می‌گیرد وضعیت را اصلاح نماید. نقاط نهایی برخوردها را مشخص می‌کند، محل آنها و نتایج را تحلیل می‌کند و در نهایت، تصمیم به ایمن‌سازی نقاط نهایی (پله‌ها) و نرده‌ها با استفاده از ضربه‌گیرها می‌گیرد.

رویکرد پس از تصادف، تغییرات بسیاری را از نظر به حداقل رسیدن پیامدهای تصادف موجب می‌شود. این تغییرات منجر به جراحات سطحی‌تر در افراد و خرابی‌های کمتر می‌شوند. ولی زمانی که علل وقوع تصادفات ناشناخته هستند، پیشگیری مؤثر از وقوع تصادف، غیرممکن است.

برعکس، مفهوم عوامل انسانی، **علل** واکنش راننده و الگوی رفتاری که ممکن است منجر به وقوع یک تصادف شود را مد نظر قرار می‌دهد.

در کاربرد مفهوم عوامل انسانی در تصادفات ترافیکی، متخصصان ایمنی راه با رویکرد قبل از تصادف به دنبال دلایلی هستند که منتهی به **خطای عملکردی** راننده و در نتیجه وقوع یک تصادف می‌شوند. هم‌اکنون این رویکرد بدیهی به طور عملی بکار گرفته شده و رویکردی چندان جدیدی در راهسازی یا بهبود ایمنی راهها محسوب نمی‌شود. ایده اصلی مفهوم عوامل انسانی در برنامه‌ریزی راههای اصلی و بزرگراهها از سال‌های دهه 30 میلادی مد نظر قرار گرفت.¹

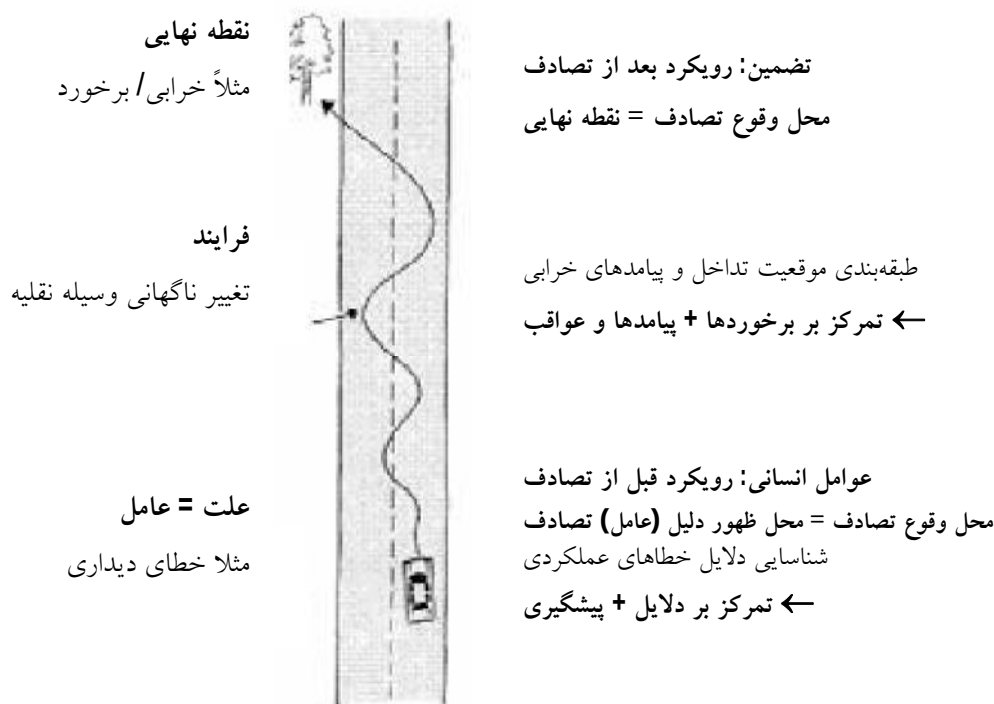
مفهوم عوامل انسانی، **خطای عملکردی** راننده را به عنوان اولین مرحله در زنجیره حوادثی که ممکن است منجر به وقوع یک تصادف شوند، مورد توجه قرار می‌دهد. بسیاری از خطاهای عملکردی که اغلب مشاهده می‌شوند، از تعامل مستقیم بین راه و مشخصات عکس‌العمل راننده ناشی می‌گردند. مشخصات راه، رفتار راننده را تعیین می‌نماید. از آنجا که مشخصات عکس‌العمل راننده نمی‌تواند تغییر کند، پس باید بر مشخصات راه تمرکز نمود. این نتیجه‌گیری، توجه به قوانین مربوط به برداشت راننده، پردازش اطلاعات و قانونمند کردن رانندگی، وقتی که راهها طراحی و ساخته شده‌اند را ضروری می‌کند.

کاهش احتمال خطاهای عملکردی و در پی آن، کاهش احتمال خطای رانندگی توسط یک طراحی خودمعرف و کاربر پسند راه، هدف مفهوم عوامل انسانی است.² این بدین معناست که راه باید واضح و مشخص ساخته شود و نقاط خطر ساز باید به گونه‌ای طراحی شوند که قابل فهم، قابل درک و قابل تشخیص باشند. طراحی راه باید به

۱- منشاء تحقیق عوامل انسانی به توسعه ابزار/ بخش‌های کنترل و بهره‌برداری در فناوری اسلحه‌سازی برمی‌گردد. بعد از آن، در صنعت هواپیماسازی و برای توسعه نیروگاه‌های هسته‌ای از تحقیق عوامل انسانی استفاده شد. امروزه در برنامه‌ریزی و ساخت راه این رویکرد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲- طراحی "راه بخشنده"، هشدارهای پیش‌آگاهی در قالب مشخصات راه (مثلاً رویه‌های لرزآور) و زمان و یا مکان و یا تجهیزات را برای اصلاح خطای راننده و یا کاهش خرابی‌ها و صدمات ناشی از تصادف به کار می‌گیرد.

گونه‌ای باشد که راننده دچار سردرگمی نشود و ریسکی بر او تحمیل نگردد. چنین طراحی خودمعرف و کاربرپسندی برای راه باید مستقیماً منتهی به کاهش فراوانی تصادفات گردد.



شکل 2-7: رویکردهای قبل و بعد از تصادف

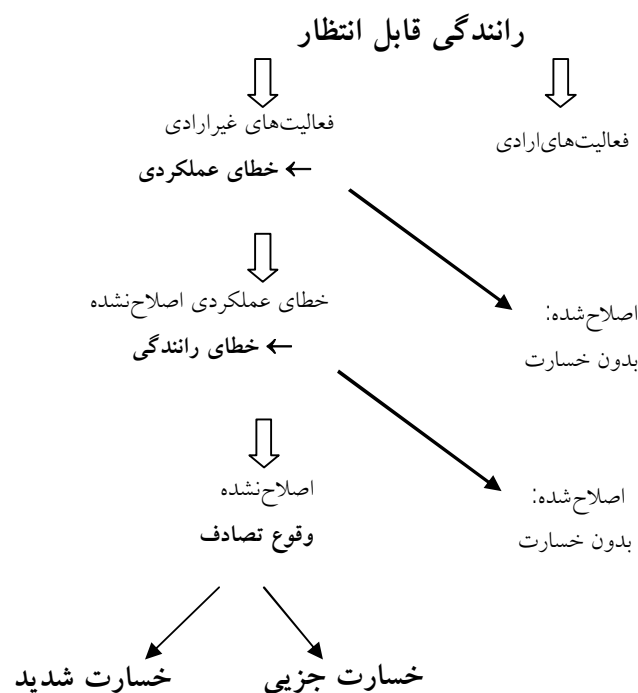
البته، مفهوم عوامل انسانی نمی‌تواند تمام گستره تصادفات و صدمات حاصله را تحت تأثیر قرار دهد، زیرا صدمات ناشی از تصادفات به بسیاری از دیگر عوامل اتفاقی (شرایط فنی وسیله نقلیه، آب‌وهوا، تجربه راننده، تعامل وسیله نقلیه / راه و ...) بستگی دارند.

اقدامات سستی مربوط به ایمنی غیر فعال، منجر به ساخت و طراحی "راههای بخشنده" می‌شود. طراحی راه بخشنده از یک سو هشدارهای پیش‌آگاهی را برای راننده به شکل مشخصات راه (به عنوان مثال رویه‌های لرزه‌آور) به کار می‌گیرد. از سوی دیگر، به راننده زمان و یا فضای کافی برای اصلاح خطاهای رانندگی را می‌دهد. همچنین راهها باید به گونه‌ای طراحی شوند که کاربر راه نه دچار سردرگمی شود و نه متحمل ریسک گردد. طراحی راه باید مستقیماً بر مفهوم ساخت "راههای خودمعرف" متمرکز باشد. هدف از ایده راههای خودمعرف، افزایش تفسیر بدون اشتباه مشخصات راه است. مفهوم عوامل انسانی، هر دو رویکرد را برای پیشگیری از تصادفات ادغام می‌کند.

2-4- خطای عملکردی و خطای رانندگی

یک **خطای عملکردی** که ناخواسته و غیر ارادی اتفاق می‌افتد، در واقع عملی است در زنجیره اقدامات که می‌تواند منجر به یک خطای رانندگی شود. خطاهای عملکردی به دلیل نبود اطلاعات یا برداشت غلط از اطلاعات در تعامل بین راننده و راه بروز می‌کنند. در بیشتر موارد، خطای عملکردی ممکن است خودبه‌خود اصلاح شود. خطاهای عملکردی در بیشتر موارد، قابل مشاهده نیستند. این خطاها فقط با استفاده از ابزارهای اندازه‌گیری خاص قابل شناسایی هستند (بی‌نظمی‌های جزئی در ضربان قلب، پلک زدن، تعریق سر انگشتان، رانندگی و تمرزگیری).

یک **خطای عملکردی** که هنوز کنترل نشده، می‌تواند به یک **خطای رانندگی** تبدیل شود. در اغلب موارد راننده توانایی اصلاح خطای رانندگی را دارد. در غیر این صورت، خطای رانندگی منجر به وقوع تصادف می‌شود. معمولاً **خطای رانندگی**، نتیجه احتمالی یک خطای عملکردی است به نحوی که راننده، وسیله نقلیه را در موقعیتی نامطلوب قرار می‌دهد. ممکن است راننده بتواند این خطای رانندگی را با تغییر نحوه رانندگی، سرعت گرفتن یا تمرزگیری اصلاح کند. بنابراین خطای رانندگی ممکن است بدون اینکه نتایج و پیامدهایی باقی گذارد، اصلاح شود یا تصادفی رخ دهد. خطاهای راننده با ماندن رد لغزش بر روی جاده، در شانه‌های سخت (بقایای خرده شیشه‌ها یا سپر و دیگر قطعات خودرو)، بر روی ضربه‌گیرها یا دیگر تجهیزات راه (خرابی، رد رنگ یا گل)، قابل ملاحظه هستند.



شکل 2-8: خطای عملکردی، خطای رانندگی، تصادف

5-2- تعریف عوامل انسانی

عوامل انسانی از سال 1930، یک اصطلاح تخصصی محسوب شده است. مشارکت انسان در ایجاد یک کارکرد فنی غلط یا نقص در راهبری دستگاه‌ها و وسایل نقلیه را عوامل انسانی گویند. عوامل انسانی، رفتار یا عملکرد انسان نیستند. عوامل انسانی را به اختصار HF^1 می‌گویند.

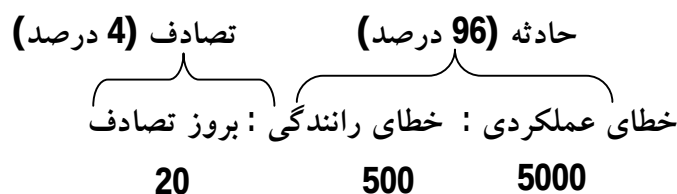
عوامل انسانی:

مشارکت انسان در حوادث همراه با خسارت

- مشارکت‌ها: از نوع روان‌شناختی / فیزیولوژیکی
- جلوگیری: از وقوع شرایط فیزیکی / ذهنی موقت (مسمومیت، افت فشار خون، حمله قلبی، مصرف مشروبات الکلی)
- هدف: تعیین سهم انسان در فرایند تصادف / خسارت

نسبت بین خطاهای عملکردی، خطاهای رانندگی و بروز تصادف

در خصوص تعداد خطاهای عملکردی، خطاهای رانندگی و تصادفات می‌توان احتمال زیر را در نظر گرفت. خطاهای عملکردی و خطاهای رانندگی، "حوادث" نامیده شده و بالغ بر حدود 96 درصد همه تخلفات ترافیکی را شامل می‌شوند که تنها 4 درصد آنها منجر به تصادف می‌گردد. به همین دلیل است که باید برای پیشگیری مؤثر از وقوع تصادفات، علل حوادث و تصادفات را مورد توجه قرار داد. شکل زیر، نسبت حوادث و تصادفات را نشان می‌دهد (داده‌ها بر اساس تخمین قابل قبول):



چگونه در عمل از مفهوم عوامل انسانی استفاده می‌کنند؟

در تحقیق پیرامون تصادفات ترافیکی از مفهوم عوامل انسانی برای شناسایی مشخصاتی از راه که موجب تصادف می‌شود، استفاده می‌کنند. اگر این مشخصات حذف شوند، احتمال وقوع تصادفات کاهش خواهد یافت. علاوه بر این، مفهوم عوامل انسانی امکان تکمیل ممیزی‌های ایمنی راه (بازرسی) و بازدیدهای ایمنی راه را با بررسی عوامل انسانی فراهم می‌آورد. مشخصات راه برنامه‌ریزی یا ساخته شده می‌تواند با تقاضای عوامل انسانی برای طراحی راه خودمعرف مقایسه شود.

آیا مفهوم عوامل انسانی، سایر اقدامات ایمنی ترافیک را غیر ضروری می‌سازد؟

حتی یک طراحی فنی و انعطاف‌ناپذیر مطابق با تقاضای عوامل انسانی برای راه هم نمی‌تواند جانشین آموزش و اعمال قوانین مربوط به ایمنی راه شود. با این وجود، این آموزش و اعمال قوانین نیز نمی‌تواند ریسک‌های ناشی از مشکلات موجود در راه که منجر به وقوع حوادث و تصادفات می‌شوند، جبران کند.

آیا مفهوم عوامل انسانی، نیاز به تحلیل تصادفات را در رویکرد پس از تصادف برطرف می‌سازد؟

در رویکرد پس از تصادف، دلایل و فرایند وقوع تصادف اغلب بررسی نشده‌اند. به همین دلیل است که تحلیل عوامل انسانی، یک مکمل ضروری به شمار می‌آید. علاوه بر این، دلایل اعمال محدودیت‌های سرعت، برقراری ممنوعیت‌ها و اقدامات مشابه از عوامل انسانی استنباط می‌شوند.

درک خود از عوامل انسانی را بیازمایید

کدام یک از مواردی که در زیر آمده، جزء عوامل انسانی محسوب می‌شوند؟ لطفاً 12 مورد روان‌شناختی / فیزیولوژیک که موجب یک خطای عملکردی و شاید منجر به وقوع تصادف شوند را بررسی کنید:

- 1- میزان الکل < حد مجاز
- 2- عبور از چراغ قرمز
- 3- تخمین کمتر از حد پیچ جاده
- 4- از دست دادن کنترل فرمان
- 5- حمله قلبی
- 6- مزاحمت یک حشره در وسیله نقلیه
- 7- تخمین بیشتر از حد عرض جاده
- 8- تخمین کمتر از حد فاصله
- 9- غافلگیر شدن به وسیله پیچ جاده
- 10- مانور سبقت‌گیری همراه با ریسک
- 11- عبور از تابلوی توقف
- 12- برآورد اشتباه مسیر جاده

فصل سوم

اصول سه‌گانه طرح راه خودم‌عرف

3-1-1- اصل بدیهی 6 ثانیه**3-1-1-1- تشریح اصل - راه باید زمان کافی برای عکس‌العمل را به راننده بدهد**

همه ما، کاربران راه محسوب می‌شویم و رانندگی یک خودرو، فعالیتی است که تقریباً همه افراد آن را انجام می‌دهند. نوع زندگی مدرن امروزی، هیچ کس را از شرکت در ترافیک موتوری راه‌ها بی‌نصیب نمی‌گذارد. رانندگان باتجربه، راه را کاملاً با رانندگان تازه‌کار سهیم می‌شوند، رانندگانی که به لحاظ فیزیکی یا روحی دچار معلولیت هستند، یا رانندگانی که گیج و سردرگم شده‌اند، یا کسانی که تمرکز ندارند یا دیر واکنش نشان می‌دهند، خسته‌اند و یا سخت هیجان‌زده‌اند. ترافیک جاده‌ای، محل تلاقی طیف گسترده‌ای از قابلیت‌ها و توانایی‌ها در همه سطوح است که عابران پیاده و کاربران تسهیلات حمل‌ونقل عمومی را نیز در بر می‌گیرد.

این فرضیه کاملاً اشتباه است که رانندگان خودروها (تقریباً همه مردم) باید قادر باشند و بخواهند که همیشه برای رانندگی حداکثر نیرو، توجه و قدرت فیزیکی خود را با هم به کار گیرند. رانندگان هم افرادی معمولی هستند. توانایی‌ها و قابلیت‌های محدودی برای عمل و عکس‌العمل دارند. زمانی که طول می‌کشد تا راننده خود را از یک وضعیت ترافیکی با وضعیت ترافیکی دیگر منطبق کند یا زمانی که او خود را با شرایط جدید سازگار می‌نماید، بیش از آنچه متصور است، به طول می‌انجامد. به جای کسرهایی از یک ثانیه (محرک ساده - زمان عکس‌العمل)، برای یک راننده معمولی، حداقل 4 تا 6 ثانیه طول می‌کشد تا با شرایط جدید رانندگی هماهنگ شود (برداشت - زمان تصمیم‌گیری).

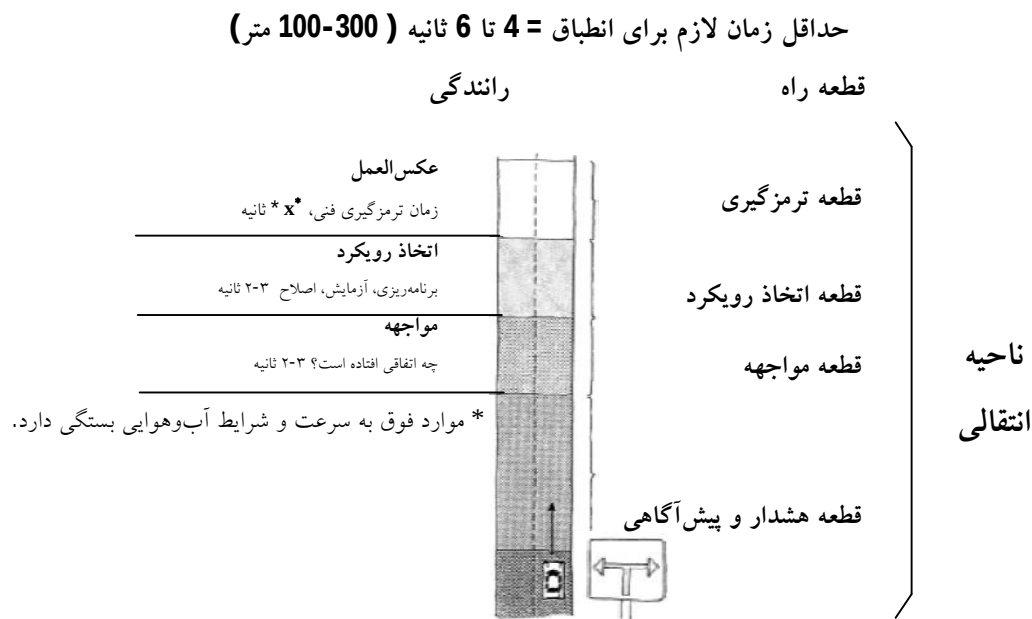
با سرعت 100 کیلومتر بر ساعت، راننده مسافتی بیش از 300 متر را در این مدت زمان طی می‌کند (با احتساب زمان ترمزگیری). یک راه کاربرپسند، زمان لازم برای انطباق راننده را فراهم می‌آورد. این نوع راه، مدت زمانی که برای سروسامان دادن مجدد روند رانندگی نیاز است را به راننده می‌دهد.

3-1-2- نتیجه کار عملی

برای یک راننده معمولی، 4-6 ثانیه طول می‌کشد تا روند رانندگی خود را کاملاً با شرایط جدید سازگار کند. در سرعت 100 کیلومتر بر ساعت، حداکثر تا 300 متر این سازگاری حاصل می‌شود. این مسافت، حداقل طول ناحیه انتقال است.

مثال: توقف در یک تقاطع: $V = 100 \text{ km/h}$ مجاز

طول قطعه مواجهه:	$18 \text{ m/s} * 2-3 \text{ s}$	=	55-85 m
+ طول قطعه اتخاذ رویکرد:	$18 \text{ m/s} * 2-3 \text{ s}$	=	55-85 m
+ طول قطعه ترمزگیری با کاهش سرعت از 100 km/h به 0 km/h		=	115 m
= طول ناحیه انتقال		=	225-285 m



شکل 3-1: نمایش شماتیک برای اصل بدیهی 6 ثانیه

راننده، روند رانندگی را در سه مرحله منطقی پیاپی که به راحتی قابل تشخیص هستند، تغییر می‌دهد:

1- مواجهه

- شناسایی نقطه بحرانی. نقطه بحرانی، هر گونه الزام برای سازگاری برنامه رانندگی است.

2- اتخاذ رویکرد

- شناسایی نوع خاص تغییر (نحوه هدایت، ترمزگیری، شتاب‌گیری)،
- تصمیم‌گیری برای اتخاذ روند مناسب رانندگی،
- شروع روند جدید رانندگی ("تغییر")،
- کنترل، آزمایش و اصلاح تأثیر ترمزگیری، شتاب‌گیری و نحوه هدایت.

3- عکس‌العمل

- زمان ترمزگیری فنی (به شرایط فنی خودرو، آب‌وهوا و تعامل راه/خودرو بستگی دارد).
- از آنجا که فرایند ممکن است 6 ثانیه طول بکشد، تغییر لازم در برنامه رانندگی باید 300 متر جلوتر از نقطه بحرانی اعلام شود.

نقاط بحرانی متعدد که نیاز به انطباق برنامه رانندگی دارند، عبارتند از:

- هر نوع تقاطع / چهارراه،
- گذرگاه‌ها با / بدون چراغ‌های ترافیکی (راه آهن، دوچرخه سوارها، عابران پیاده)،
- دسترسی از خیابان‌های خصوصی / پارکینگ‌ها / مسیرهای مزارع به راههای اصلی،
- پیچ‌های جاده،
- محل عملیات نگهداری، راهسازی / گلوگاه‌ها،
- ایستگاه‌های اتوبوس / مترو،
- ورودی‌ها / خروجی‌های بزرگراه،
- ورودی‌های شهرها / روستاها،
- تغییرات از یک راه با یک کارکرد به یک راه با کارکردهای مختلط.



شکل 3-2: تقاطع فقط از فاصله 100 متری قابل مشاهده است؛ خطر وقوع تصادف در اثر سرعت بالا و ترمزگیری پیش‌بینی نشده

جدول 1: مسافت ترمزگیری تخمین زده شده* قبل از تقاطع / پیچ های جاده

سرعت اولیه V_1 (km/h)	سرعت اولیه* V_2 (km/h)	کل مسافت ترمزگیری s_b (m)	کل زمان ترمزگیری t_b (sec)
100 km/h	90	30	1/5
	80	55	2/5
	70	70	3/0
	60	85	4/0
	50	95	4/5
	40	105	5/5
	0	115	7/5
80 km/h	70	20	1/0
	60	35	2/0
	50	45	2/5
	40	55	3/5
	0	65	5/5
	60	15	1/0
70 km/h	50	25	1/5
	40	35	2/5
	0	45	4/5
	50	15	1/0
60 km/h	40	20	1/5
	30	25	2/0
	0	35	3/5
	50	15	1/0

* شرایط: شیب طولی 0 درصد، جاده خیس، همبستگی غیرخطی برای کاهش سرعت، توجه به مقاومت باد

جدول 2: طول قطعه مواجهه و اتخاذ رویکرد (گردشده)

زمان و مسافت رانندگی در رابطه با سرعت					سرعت
6 s	5 s	4 s	3 s	2 s	
84 m	70 m	56 m	42 m	28 m	50 km/h (14 m/s)
102 m	85 m	68 m	51 m	34 m	60 km/h (17 m/s)
120 m	100 m	80 m	60 m	40 m	70 km/h (20 m/s)
130 m	110 m	90 m	65 m	45 m	80 km/h (22 m/s)
150 m	125 m	100 m	75 m	50 m	90 km/h (25 m/s)
170 m	140 m	110 m	85 m	55 m	100 km/h (28 m/s)



شکل 3-3: راه فرعی که به موقع قابل رؤیت نیست؛ خطر وقوع تصادف در اثر سرعت بالا و ترمزگیری پیش‌بینی نشده



شکل 3-4: قابل مشاهده نبودن جهت پیچ به دلیل ابهام قوس داخلی؛ خطر وقوع تصادف در اثر سرعت بالا، ترمزگیری پیش‌بینی نشده و مانورهای مربوط به نحوه هدایت

به همین دلیل، نواحی انتقال قبل از تقاطع‌ها، گذرگاه‌ها، دسترسی‌های خیابان‌های خصوصی، پیچ‌های جاده یا محل‌های عملیات نگهداری باید به طور سیستماتیک در خصوص معیارهایی که در ادامه می‌آید، کنترل و بررسی شوند. این معیارها با منطق و به طور موثق، متداول‌ترین نقص‌ها را در اصل بدیهی 6 ثانیه بیان می‌کنند:

1- طراحی نامناسب ناحیه انتقال (به شکل مراجعه کنید: اصل بدیهی 6 ثانیه)

← هشدار پیش‌آگاهی و قطعه جهت‌گیری وجود ندارد،

← قطعه رویکرد وجود ندارد،

← قطعه ترمزگیری وجود ندارد.

2- برداشت و قابلیت دید ناکافی

- ← نقاط بحرانی غیر قابل مشاهده (توسط گیاهان، ساختمان‌ها، تابلوها مستور شده‌اند).
- ← نقاط بحرانی قابل رؤیت و واضح نیستند (تقاطع‌ها، راههای اختصاصی املاک، قوس‌ها).
- ← پیچ‌های غیر قابل رؤیت (شانه راه ممکن است دیده نشود، پیچ پشت تپه، قوس داخلی غیر قابل رؤیت).
- ← راه فرعی: نقاط بحرانی در تقاطع‌ها قابل رؤیت نیستند (در صورت نبود نقطه بحرانی پشت تپه/ در یک محل کم‌ارتفاع‌تر از سطح قابل مشاهده/ در قوس، ترافیک اولویت‌دار حداقل 10-6 ثانیه جلوتر قابل رؤیت خواهد بود).
- ← راه فرعی: حریم راه که موجب اشتباه می‌شود (راه فرعی باریک‌تر از راه اصلی نیست: سطح راه اصلی بالاتر از راه فرعی نیست، سطح راه اصلی قطع نشده است).



شکل 3-5: تقاطع فقط از 125 متری قابل رؤیت است؛ خطر وقوع تصادف در اثر سرعت بالا و ترمزگیری پیش‌بینی نشده

3-1-3- اقدامات

تا آنجا که امکان دارد، تغییر لازم در رفتار رانندگی باید به گونه‌ای اعلام شود که نقطه بحرانی به روشنی قابل درک باشد و این شاید با **اقدامات طراحی** قابل دستیابی باشد. با این وجود، این احتمال اغلب با شرایط محیطی یا به لحاظ بودجه‌ای محدود می‌شود. در چنین مواردی، **اقدامات اصلاحی** باید به کار گرفته شوند. فقط در صورتی که اقدامات اصلاحی هم امکان‌پذیر نباشند، **اقدامات هشداردهنده** باید مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین، اولویت‌هایی وجود دارد:

1- حذف: راننده نباید غافلگیر شود!

طراحی و جانمایی راه باید برداشت و قابلیت دید نقاط بحرانی را تضمین کند که در این صورت، امکان دید کامل نقطه بحرانی فراهم شود.

در صورتی که چنین اقدامی امکان‌پذیر نباشد:

2- کاهش: تضمین قابلیت دید با اقدامات اصلاحی!

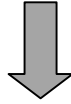
اعلام نقطه بحرانی با اقدامات خاصی که توجه راننده را جلب و به طور خودکار به نقطه بحرانی معطوف می‌کنند.

در صورتی که چنین اقدامی امکان‌پذیر نباشد:

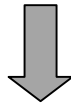
3- به حداقل رساندن: ارایه پیشنهاد با اقدامات هشداردهنده!

هشدارهای مناسب برای تغییر رفتار، قبل از نقطه بحرانی از طریق نصب تابلوهای ترافیکی ارایه شده است.

موانع دیداری مثل تپه‌ها، قوس‌ها، پوشش گیاهی و ساختمان‌های قبل از نقاط بحرانی حذف شوند. در صورت لزوم، جزیره‌های میانی/ترافیکی ساخته شوند.



استفاده از هشداردهنده‌های دیداری خاص در سطح جاده مثل مناطق رنگ‌شده، تابلوها، تغییر روسازی، خط‌کشی‌های خاص.



اعمال محدودیت‌های سرعت، ممنوعیت سبقت‌گیری، نصب علائم هشداردهنده.

اصل بدیهی 6 ثانیه، برای ایمنی راه مهم و اساسی است، زیرا به رانندگان زمان کافی برای تطبیق رفتارشان را می‌دهد. رفتار راننده همچنین می‌تواند از سوی دیگر مشخصات مهم راه تحت تأثیر قرار گیرد، به ویژه محیط و میدان دید.

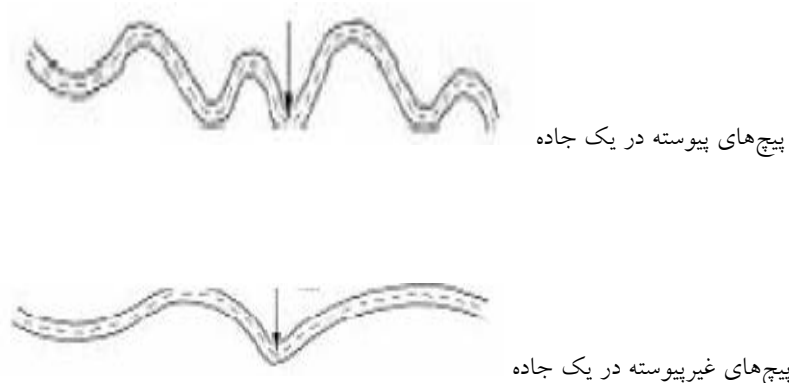
2-3- اصل بدیهی منطق ادراک راننده

1-2-3- تشریح اصل - راه باید منطق ادراکی راننده را دنبال کند

راننده با منطق پیش‌بینی و جهت‌یابی که از تجربه و برداشت‌های اخیر او شکل گرفته، در امتداد مسیر راه می‌راند که بر برداشت و واکنش‌های راننده تأثیر می‌گذارد.

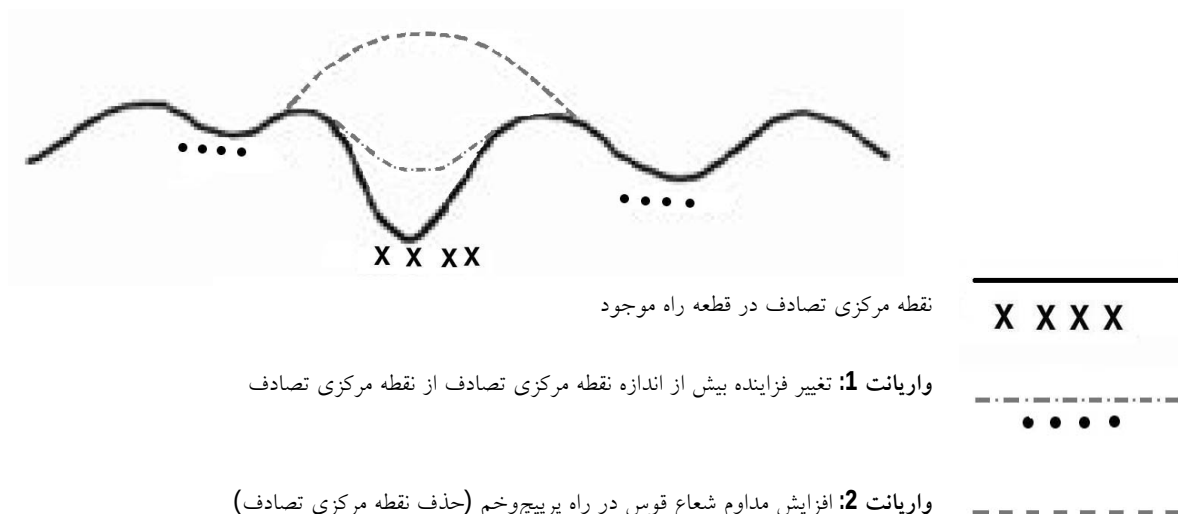
همان اصول در زمان بالا رفتن از پله‌ها به کار می‌روند. فقط بعد از طی چند پله، تعادل حرکت با توالی پله‌ها منطبق می‌شود. در بیشتر موارد، این یک فرایند ناخواسته و غیر ارادی است. اگر یک پله ارتفاع متفاوتی داشته باشد، تعادل حرکت به شدت به هم می‌خورد و نتیجه آن، سکندری خوردن یا افتادن از پله‌هاست. تنظیم رفتار رانندگی در جاده نیز ناخواسته و غیر ارادی است.

برداشت از خط عبوری، لبه خط عبوری و حاشیه خط عبوری، یک دید کلی ایجاد می‌کند. راننده عکس‌العمل نشان می‌دهد. همانند عکس‌العمل حسی به ارتفاع، عمق و عرض پله‌ها در هنگام بالا رفتن از پله‌ها، راننده به اجزای راه واکنش نشان می‌دهد. وجود اشیای پیش‌بینی نشده، توالی خودکار عملکردها را بر هم می‌ریزد. این ممکن است منجر به "خطای" راننده (سکندری) شود. بعد از چند ثانیه بحرانی، اختلال کنترل می‌شود. برنامه‌ریزان باید مشخصات راه را حفظ کنند و تغییرات غیر قابل اجتناب هر چه سریع‌تر و واضح‌تر ایجاد می‌شوند. بسیاری از راهنماهای بین‌المللی نیز چنین طرحی را برای جانمایی راهها پیشنهاد می‌دهند (مثلاً راهنمای آلمان برای مدیریت خط، RAS-L) که شامل اصول طراحی برای مدیریت خط ممتد فضایی می‌شود. نکته: شعاع ناپیوسته پیچ‌های پشت سر هم، ریسک تصادفات را افزایش می‌دهد.



شکل 3-6: پیچ‌های پیوسته و غیر پیوسته در یک جاده

بنابراین، اصلاح "نقاط خطا" و نیز طراحی قطعات جدید راه همیشه باید با مشخصات راه موجود قبل و بعد از این نقطه، به منظور لحاظ کردن تغییرات پیش‌بینی نشده منطبق باشد.



شکل 3-7: حذف نقاط خطرساز محلی با توسعه پیوسته پیچ‌های راه

3-2-2- نتیجه کار عملی

وقتی راننده سرعتی را اتخاذ می‌کند، در واقع تجربیاتی که در گذشته و به تازگی کسب کرده را در پیش می‌گیرد. شکستن و تغییر منطق منجر به خطای عملکردی و در نتیجه خطای رانندگی و تصادف می‌شود. این موضوع در 5 موقعیت به کار می‌رود:

- 1- مشخصات بدون تغییر راه با وجود تغییر کارکرد (تأثیر ورودی شهر/ تأثیر خیابان)
 - ← تغییر کارکرد بدون تغییر در مشخصات راه با استفاده از جداول حاشیه راه، روسازی، اشیای ثابت،
 - ← تغییر کارکرد بدون تغییر در مشخصات پوشش گیاهی یا ناحیه انتقال.

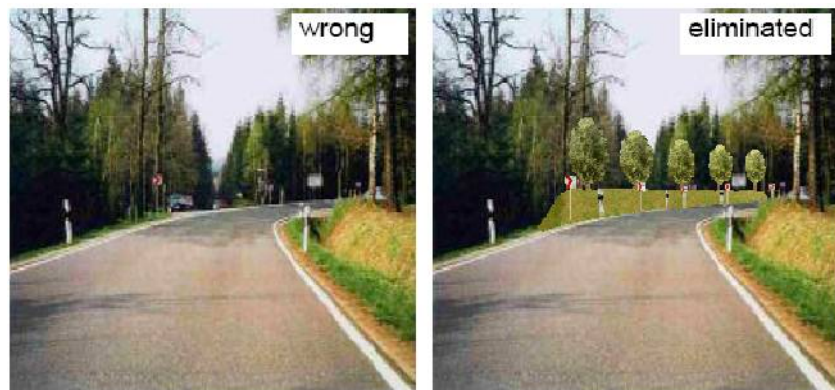


شکل 3-8: تقاطع غیر قابل رؤیت در یک خیابان (300 متر جلوتر)



شکل 3-9: ورودی غیر قابل رؤیت شهر در یک خیابان (150 متر جلوتر)

- 2- تغییر مسیر جاده، مغایر با اشیای چشمگیر در جهت مقابل است (وضعیت بحرانی کمربندی شهر)
 - ← جانمایی راه جدید، قابل مشاهده نیست یا به وضوح قابل درک نمی‌باشد،
 - ← ناحیه انتقال اصلاح نشده است،
 - ← تمرکز نادرست خط دید تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد (خاکریز درختکاری شده، تابلوها و ...).



شکل 3-10: مزاحمت دیداری: مسیر راه بر خلاف خط جهت‌گیری مستقیم مقابل به سمت راست می‌پیچد (150 متر جلوتر)

- 3- تغییرات ناگهانی در مشخصات راه که مخالف با رفتار معمول رانندگی هستند، مثلاً تقاطع‌های جدید، تغییر در حریم راه و ... (تأثیرات عادات و اقدامات روتین)
- ← الزام برای رفتار رانندگی جدید قابل تشخیص نمی‌باشد،
- ← الزام برای رفتار رانندگی جدید با تغییر خطوط عبوری، نواحی انتقالی اصلاح‌شده، بازیبنی راه طرف مقابل یا تابلوهای قابل مشاهده اطلاع‌رسانی نشده است،
- ← مسیر راه مطابق با انتظارات نیست،
- ← تقاطع‌ها، انتقال‌ها و نقاط بحرانی قابل درک، قابل بازیبنی، قابل فهم و یا قابل اصلاح نیستند.



شکل 3-11: تغییر ناگهانی در مشخصات راه: تقاطع جدید با ناحیه انتقالی اصلاح‌شده اطلاع‌رسانی نشده است (150 متر جلوتر)

- 4- تغییر ناگهانی کشش راننده به دلیل سیل اطلاعات (جنگلی از تابلوها) یا به دلیل شرایط رانندگی (تجمع نقاط بحرانی)
- ← هیچ کدام از نقاط بحرانی اطلاع‌رسانی نشده‌اند یا قابل بررسی نیستند،
- ← تجمع اصلاح نشده است.



شکل 3-12: دو نقطه بحرانی - محل عملیات نگهداری و یک راه سرازیری بدون انتقال یا اصلاح (150 متر جلوتر)

- 5- طراحی یا محل‌های غیر معمول، غیر قانونی یا غیر منطقی برای تابلوها یا دیگر تجهیزات راه
- ← تابلوها با وجود پیش‌زمینه آنها، قابل رؤیت نیستند (اندازه، کنتراست، نور کافی نیست).
 - ← تابلوهای ترافیکی مغایر مشخصات راه هستند.
 - ← نصب تابلوهای جهت‌نما مطابق پیش‌بینی‌ها نیستند.
 - ← مسیر راه مطابق با اطلاعات ارائه‌شده در تابلو نیست.



شکل 3-13: چند تابلوی ترافیکی قابل تشخیص است؟ (3 تابلو)



شکل 3-14: مسیر غیر قابل رؤیت در یک پیچ خطرناک



شکل 3-15: تابلوی ترافیکی جهت دیگری از مسیر واقعی را نشان می‌دهد، برخی رانندگان، مسیر قدیمی را در پیش می‌گیرند.

بنابراین در اینجا دو مورد باید بررسی شود:

- قابلیت پیش‌بینی قطعه راه طراحی شده،

- قابلیت تشخیص و درک نقاط بحرانی و نواحی انتقالی.

بررسی، به درک یکپارچه و هماهنگ از قطعه راه نیاز دارد. قطعات راه به منظور تعیین اینکه آیا آنها به لحاظ طراحی ضعیف هستند یا بیش از اندازه شلوغ و متراکم می‌باشند (تابلوهای بسیار، تغییرات در منظره، شرایط غیر منطقی یا پیش‌بینی نشده)، بررسی می‌شوند.

باید فرض شود حداقل اصلاحات جدی در قابلیت پیش‌بینی قطعه راه می‌تواند حتی بدون در اختیار داشتن مدل شناسایی شود.

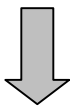
3-2-3- اقدامات

در مورد نقص‌های منطقی شناسایی شده در طراحی راه، سه راهبرد اصلاحی در دسترس هستند:

1- حذف: طراحی قطعات منطقی راه!

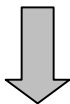
تضمین دید به موقع و قابلیت پیش‌بینی واضح نقاط بحرانی، جایی که مشخصات راه نیاز به تغییر در روند رانندگی دارند، شامل خروجی‌های پارکینگ، ورودی‌ها و سایر دروازه‌ها.

اجتناب از قطع شدن‌های منطقی در قطعات
با عملکرد مشابه، طراحی، تغییر عملکردها
با تغییر مسیر و تجهیزات هشدار داده شود.

**2- کاهش: اصلاح قطعات غیر منطقی راه!**

اعلام به موقع نقاط بحرانی توسط رویه خاص، تغییر مسیر راه (مثلاً جزیره ترافیکی)، استفاده از اشیای ثابت که محور دید را به سمت نقطه بحرانی متمایل می‌کنند.

استفاده از رویه خاص راه مثل مناطق
رنگ شده، تغییر روسازی و خط‌کشی‌های
ویژه به منظور مشخص کردن نقاط بحرانی.

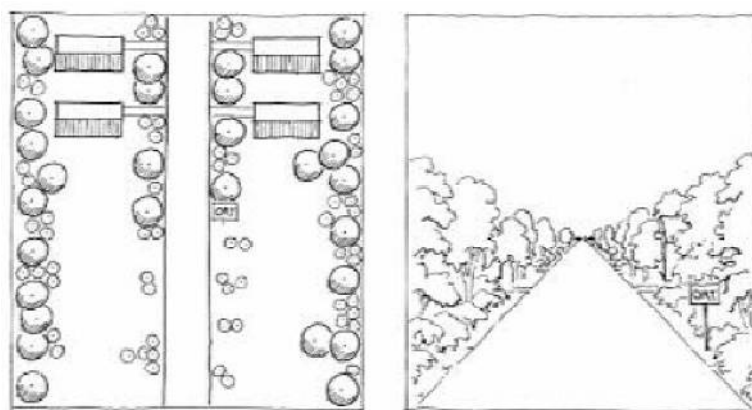
**3- به حداقل رساندن: نصب علائم هشداردهنده در قطعات غیر منطقی راه!**

علامت‌گذاری تداخل‌های منطقی شناسایی شده با اعمال قوانین رفتاری.

محدودیت‌های سرعت،
ممنوعیت سبقت‌گیری،
نصب علائم هشدار

3-2-4- مثال: ورودی غیر قابل رؤیت یک شهر

شهر/روستا بعد از تابلوی شهر شروع می‌شود. از این نقطه، حداکثر سرعت 50 کیلومتر بر ساعت مجاز است. کسی که از محدوده سرعت مجاز تجاوز کند، متحمل جریمه یا بدتر از آن می‌شود. با این وجود، V_{85} (سرعت پیموده شده توسط 85 درصد رانندگان در این محل) اغلب بالاتر از 50 کیلومتر بر ساعت تعیین شده است. بسیاری از تابلوهای شهری، تأثیر مورد انتظار بر رفتار رانندگی در محل‌هایی که نصب شده‌اند را نداشته‌اند. این مسأله باید مهندسان را مجبور به بکارگیری اقدامات طراحی یا حداقل اقدامات اصلاحی نماید. با این حال، در بسیاری از مناطق، این اقدامات را بدون هیچ نوع هشدار انجام می‌دهند و به جای آن به کنترل‌کننده‌های ثابت سرعت یا کنترل‌کننده‌های متحرک سرعت اکتفا می‌کنند. بسیاری از رانندگان خود را مقصر نمی‌دانند، بلکه خود را قربانی می‌شناسند.



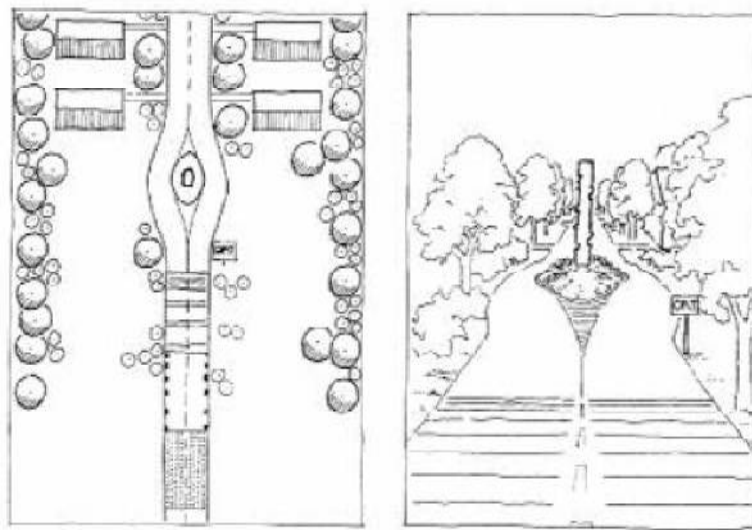
شکل 3-16: مشخصات بدون تغییر راه علی‌رغم تغییر کارکرد

← تغییر کارکرد/ ورودی شهر قابل رؤیت نیست.

← تابلوی شهر قابل مشاهده نیست و تغییر کارکرد نمی‌تواند اختصاص یابد.

برنامه‌ریزانی که در زمینه عوامل انسانی فعالیت دارند، امروزه به شدت به استفاده از جزیره‌های ترافیکی می‌اندیشند. به این شیوه، آنها یک فاصله در مسیر راه در ورودی شهر از طریق باریک کردن و ایجاد پیچ در جاده که راننده را مجبور به ارایه رفتار مناسب می‌کند، طراحی می‌نمایند. طرح موفقیت‌آمیز است ولی در هر مورد قابل اطمینان نیست، اغلب V_{85} دوباره بعد از فاصله گرفتن از جزیره ترافیکی افزایش می‌یابد. این مسأله به این دلیل است که جزیره به تنهایی، دقیقاً همانند تابلوی شهر به تنهایی، یک تأثیر موقت بر رفتار رانندگی دارند و نه یک تأثیر پایدار بر راننده.

علاوه بر این، هر دو با هم شانس بیشتری دارند، چون جزیره ترافیکی و تابلوی شهر مکمل یکدیگرند و متقابلاً همدیگر را تقویت می‌کنند. به هر حال، تأثیر ممکن است وقتی که راه بعد از تابلوی شهر و جزیره ترافیکی یک نمای کاملاً متفاوتی از راه قبل از آن محل دارد، به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود یابد. جداول لبه، پیاده‌روها، روشنایی، پوشش گیاهی کاملاً متفاوت، ساختمان‌های در طول خیابان و نیز در سطح سواره‌رو، این چیزی است که ورودی شهر را قابل باور می‌کند. فقط در این حالت است که راننده باور می‌کند در یک راه آزاد به سمت خارج شهر نمی‌راند، بلکه او در محدوده شهری رانندگی می‌کند. او برای این وضعیت آماده خواهد شد و بنابراین V_{85} به 60- 50 کیلومتر بر ساعت کاهش می‌یابد و دوباره افزایش نخواهد یافت.



شکل 3-17: اصلاح قطعه غیر منطقی راه

- ← جزیره ترافیکی با منطقه‌ای که تغییر کارکرد در آن علامت‌دهی شده است،
- ← اشیای چشمگیر توجه راننده را به سمت نقطه بحرانی جلب می‌کنند،
- ← تغییر در کارکرد با رویه‌کاری خاص حمایت می‌شود (درخشندگی / برآمدگی رویه، خط‌کشی لرزاننده و ...)،
- ← تابلوی شهر می‌تواند به وضوح برای تغییر کارکرد اختصاص یابد.

بنابراین اگر می‌خواهید یک ورودی مؤثر و ایمن برای شهر داشته باشید، برای جایی که تابلوی شهر باید قرار گیرد، هیچ گزینه دیگری موجود نیست. تابلوی شهر باید به روی منظره شهر باز شود که نه تنها پایان رانندگی آزاد را اعلام می‌کند، بلکه او را متقاعد به انجام آن می‌نماید. در مفهوم عوامل انسانی می‌توان به این ضرب‌المثل آلمانی اشاره داشت که می‌گوید: "قبل از هر چیز طعمه باید برای ماهی خوشمزه باشد".

3-3- اصل بدیهی میدان دید و منظرآرایی

3-3-1- تشریح اصل - راه باید میدان دید ایمن را برای راننده فراهم کند

رانندگی موتوری، میدان دید را بسیار بیشتر از دیگر جابجایی‌های روزمره تغییر می‌دهد. تغییرات در میدان دید باعث احساسات خوشایند و برانگیزاننده در اغلب افراد می‌شود. این احساسات ناخواسته هستند و نمی‌توانند سرکوب شوند.

احساسات خوشایند انگیزه اصلی برای یادگیری و انجام ورزش‌های مختلف نظیر پرواز با هواپیمای بدون موتور هستند. هر چه میزان نیروی مورد نیاز کمتر باشد، حرکت و جابجایی بهتر درک می‌شود.

تغییر در میدان دید همراه با احساسات مثبت، از جمله علل هدایت‌کننده رانندگی موتوری هستند. این عامل انسانی اصلی منجر به طراحی میدان دیدی می‌شود که مناسب با سرعت 100 کیلومتر به ازای هر ساعت است. اثرات کسالت‌آور یا پریشان‌کننده، گمراه‌کننده یا گیج‌کننده، بر کیفیت رانندگی تأثیر می‌گذارند. راه و محیط راه، یک میدان

دید یکپارچه ارائه می‌دهد. این موضوع می‌تواند موجب ثبات یا بی‌ثباتی رفتار راننده شود. همچنین ممکن است راننده را خسته یا تحریک کند. طراحی خوب و دقیق میدان دید را مدیریت میدان دید می‌نامند. یک میدان دید باکیفیت، به طور مؤثر راننده وسیله نقلیه موتوری را محافظت می‌کند و او را از منحرف شدن به سمت لبه خط عبوری یا حتی خارج شدن از خط حفظ می‌نماید.

دلایل توسعه و بسط خوانایی راه به منظر آن

مسأله ایمنی راه یک موضوع کاملاً پیچیده است که روش‌های ارائه شده در این بخش، بعد دیگری به نام منظرآرایی راه را نیز به آن می‌افزاید. منظر راه که اغلب در زمینه‌های ایمنی تعریف می‌شود (حذف فضای سبز، تخریب ساختمان‌ها و ...)، برای تأمین نیازهای ایمنی راه ایجاد و نگهداری می‌شود.

ارتقاء ایمنی راه، مفهومی است که به صورت میان‌بر در هر مطالعه مربوط به توسعه و طراحی راه‌ها و خیابان‌ها مطرح است. بنابراین راه نباید مستقل از محیط اطرافش در نظر گرفته شود و راهبرد توسعه راه باید با فرایند طراحی پروژه‌های کلی، مشترکات زیادی داشته (راه به اضافه زمین‌های اطراف) و در سطح یک مسیر با یک تحلیل دینامیکی اضافه عمل کند.

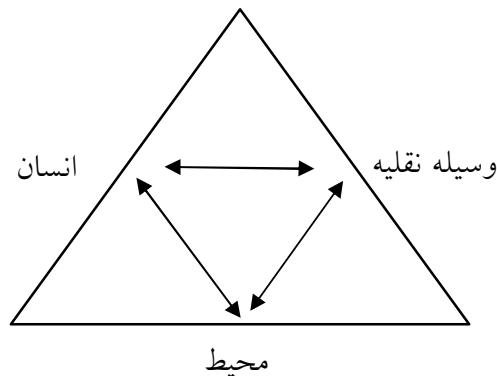
وجود مناظر در تمامی زیرساخت‌ها، یک واقعیت غیرقابل انکار است. چیزی که باید به دنبال آن بود، تاثیرات آن بر رانندگی و ایمنی راه می‌باشد. به منظور سنجش این موضوع، لازم است مکانیزم ادراک و استنباط در هنگام تحلیل یک مسیر مورد بررسی قرار گیرد. خوانایی محیط بر عملکرد راننده تأثیرگذار است. همانطور که تفسیر و ادراک اشتباه ممکن است باعث تصادف شود، اصلاح محیط راه، خوانایی آن را افزایش می‌دهد. توسعه مناظر راه یک اقدام بلندمدت است و اگرچه این کار به تنهایی برای جلوگیری از رخداد تصادف کافی نیست ولی در ایمنی راه تأثیرگذار است. بنابراین منظرآرایی، مفهومی است که علاوه بر سایر موضوعات باید مورد بررسی قرار گیرد.

مبنای روش منظرآرایی و خوانایی راه و فرضیه کاری

خوانایی یکی از ضوابط ارزیابی ایمنی یک راه می‌باشد و فرضیه اساسی این است که رانندگان رفتار خود را (سرعت و پذیرش قانون) بر اساس تحلیل ثابت داده‌های خطی (دینامیک حرکت) و داده‌های عرضی (احتمال، ادراک یا عدم آن، مواجهه با رویداد) که از مقاطع مختلف راه برداشت می‌کنند، تطبیق دهند. یک تفسیر اشتباه ممکن است باعث تصادف گردد.

با اصلاح خوانایی راه و منظر راه می‌توان کاربران را راهنمایی و تعادلی در سیستم انسان، وسیله نقلیه و محیط ایجاد کرد. اگرچه باید به این نکته توجه داشت که فعالیت در زمینه مناظر راه یک اقدام بلندمدت است و به تنهایی برای جلوگیری از رویداد تصادف کافی نیست.

هدف در واقع، رفتار مناسب کاربر در یک راه می‌باشد و از آنجا که این رفتار به طور مستقیم به ادراک راننده از راه بستگی دارد، لازم است تلاش‌ها در جهت خوانایی بیشتر راه انجام شود تا بتوان با تغییر رفتار راننده، ایمنی راه را توسعه داد. البته باید به این مطلب توجه داشت رانندگان باید رفتار خود را نه تنها بر اساس آنچه که می‌بینند، بلکه بر اساس ادراک شخصی و عقلانی اصلاح کنند که بستگی به میزان آگاهی راننده و نگرش او دارد.



محیط راه (شامل راه و مناظر اطراف) اطلاعاتی را در خصوص مشخصات راه و نقاط مشکل‌دار در آن به راننده ارائه می‌دهد. بنابراین راننده رفتار خود (سرعت و هوشیاری) را هنگام نزدیک شدن به یک تقاطع و یا قوس و یا عبور از یک منطقه روستایی تطبیق می‌دهد.

نشانه‌های ادراک راه

نشانه‌های رسمی



علائم افقی و عمودی و سایر تجهیزات راه

نشانه‌های غیررسمی



وضعیت کناره راه و مناظر اطراف (نشانه‌های ثابت)، اشغال موقتی زمین، عابران پیاده و فعالیت‌های کشاورزی (نشانه‌های متحرک)



شکل 3-18: نمونه‌هایی از خوانایی و ناخوانایی راه



در تصویر روبرو، تعیین نوع راه مشکل است، آیا یک راه دوخطه است یا یک راه چهارخطه مجزا؟ وضعیت محیط راه و پل از نوع معمول بزرگراهها می‌باشد، ولی در واقع این راه یک راه دوخطه است.



در این شکل، میدان دید و خوانایی راه در پیچ و تقاطع برای کاربر ضعیف است. هر آنچه که کاربر می بیند با علامت گذاری در تضاد است. کاربر در تشخیص راه و محل تقاطع و پیچ، دچار سردرگمی می شود.



در این شکل، میدان دید و خوانایی راه مناسب است: پیچ و راه به وضوح قابل تشخیص می باشند. شیب، فضای سبز و خانه ای که مشاهده می شود، وجود پیچ و جهت آن را کاملاً آشکار می سازد.

باید توجه داشت:

راه هنگامی خوانا است که وضعیت راه با نوع عملکرد مورد انتظار راننده، مطابق و هماهنگ باشد.

تشخیص سلسله مراتب منظرآرایی

منظرآرایی در امتداد یک راه، که برای هر جهت ترافیک انجام می گیرد، بر این هدف متمرکز است که آنچه برای طراحی مناسب توسعه یک راه به منظور تردد رانندگان شایسته است، ارایه شود.

این سلسله مراتب پویا (دینامیک)، تمامی اجزای یک راه را به هم ارتباط می دهد. بنابراین با تلفیق ضوابط مختلف، نقاط مشکل دار مشخص می شوند. این نقاط، مکان هایی هستند که مناظر راه باعث عدم ایمنی یا کاهش آن می شوند چرا که باعث می شود رانندگان رفتاری مخالف با آنچه انتظار می رود از خود نشان دهند. در این تقاطع اولین اقدامی که باید صورت گیرد بهبود خوانایی راه است.

هدف، دستیابی به این موفقیت در منظرآرایی راه است که هیچگونه تضادی بین آگاهی راننده و وضعیت راه وجود نداشته باشد. ساختار این سلسله مراتب به چهار نوع ضابطه بستگی دارد:

1- وضعیت یک راه از لحاظ فنی

- طرح هندسی راه،
- اصول طراحی (وضعیت راه، مقررات دارای اولویت، رده بندی، طراحی تقاطع ها و ...)،
- تجهیزات راه.

2- مفهوم عملکردی راه

- وضعیت ترافیک،
- نوع کاربران،
- کاربری‌ها و عملکردها،

3- زمین‌های اطراف و مناظر

- توپوگرافی،
- راه‌ها و مرزهای دیداری،
- کاربری زمین،
- بخش‌های مختلف منظر راه (برای مناظر وسیع)،
- طرح کلی مناظر راه و هرگونه توسعه محلی،
- حالت محیطی (روز هنگام و شب هنگام).

4- ادراک کاربر

- مفاهیم راحتی و محدودیت،
- تعبیر دینامیکی راه (UPI و UPCV).

سه ضابطه اول سلسله مراتب فنی یک مسیر را ارائه می‌دهند که از مقایسه آن با سلسله مراتبی که بر اساس تفسیر کاربر از راه می‌باشد (بر طبق ضابطه آخر) مشکلات پدیدار می‌شوند.

با ترکیب این سلسله مراتب دینامیکی مسیر و رفتار کاربران می‌توان روش‌های حل مشکل ایمنی را تکمیل و اصلاح کرد. با انجام همزمان و گام به گام این دو رویکرد، می‌توان محل‌های بروز مشکل را شناسایی و درک کرد. این سلسله مراتب دینامیکی به تمامی بخش‌های منظر راه در مورد مناظر با مقیاس وسیع مربوط می‌شود. سفر بر اساس بخش‌های مختلف منظر که از آنها عبور می‌شود، تقسیم می‌گردد. این سلسله مراتب همچنین از تحلیل در سه مقیاس کوچکتر نیز تعیین می‌گردد.

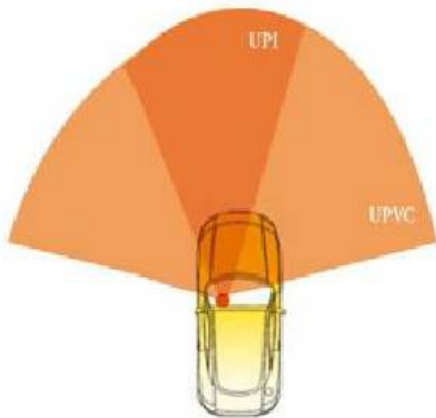
مقیاس مناظر راه به ترتیب زیر می‌باشد:

- مقیاس کیلومتری: محیط کلی جغرافیایی مانند مناظر مختلف راه که مسیر طی شده و نماهای دور را تشکیل می‌دهند (دره، تپه، بیشه، تاکستان و ...).
- بناهای شاخص: قطع یکنواختی راه توسط علامت‌های مشخصه‌ای نظیر مناره، سیلو،
- مقیاس هکتومتری: خوانایی کلی که مبتنی بر مناظر نزدیک می‌باشد،
- مقیاس رانندگی: میدان دید و خوانایی نزدیک در راه و محدوده آن.

بخش‌های تفسیر

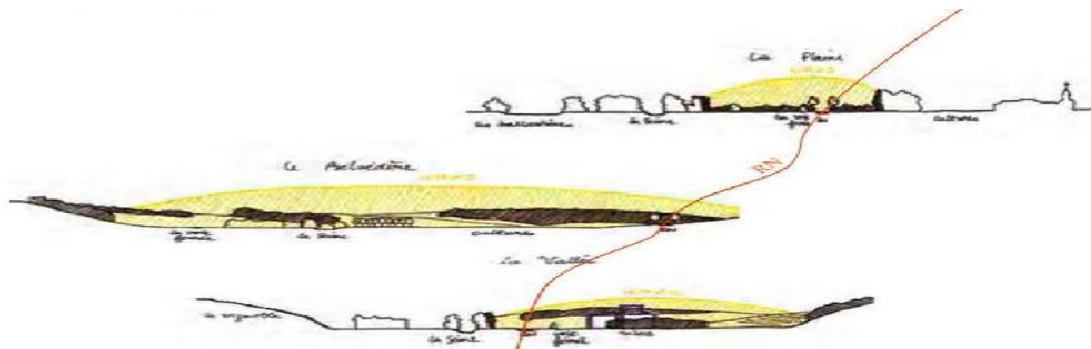
بخش ادراک دیداری راننده (UPCV)

- ادراک کلی یکنواخت راننده (میدان دید کلی راننده) می‌باشد،
- شامل خوانایی کلی و بناهای شاخص است (راه، محیط راه، مقیاس هکتومتری فضاها، کناری، افق گسترده مقابل)،
- یک ریتم برای سفر ایجاد می‌کند.



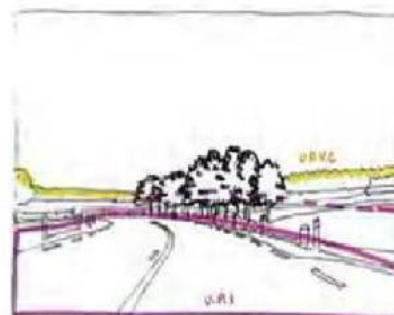
بخش ادراک خود راه (UPI)

- بخشی که راننده هنگام رانندگی می‌بیند (جایی است که راننده اطلاعات لازم را برای رانندگی به دست می‌آورد)،
- با خوانایی و میدان دید نزدیک مطابقت دارد (نوار راه، پیچ‌ها، علائم راه، فضاها، کناری، حاشیه‌ها/علائم عمودی/درختکاری، با افق راه به عنوان نقطه کانونی)،
- به راننده این امکان را می‌دهد تا در مدت زمانی کوتاه، موقعیت را پیش‌بینی کند،
- (افزایش سرعت، کاهش سرعت، ترمز) و شامل تعامل مستقیم راه و راننده می‌باشد.



شکل 3-19: مثالی از UPCV که توسط مسیر قطع می‌شود

UPI در واقع فضایی است در امتداد محور راه که کاربر در آن حرکت می‌کند. در این حالت دینامیکی، تحلیل با بهره‌گیری از این دو مفهوم صورت می‌گیرد: حرکت در امتداد UPI یا UPI مضاعف. توجه: UPI داخل UPVC قرار دارد.



حرکت در امتداد UPI

در این حالت، افق با حرکت وسیله نقلیه حرکت می‌کند که باعث ایجاد اثر لوله‌ای می‌شود:

- سرعت ثابت باقی مانده یا افزایش می‌یابد (باید در محل بررسی شود)،
- از میزان توجه و هوشیاری کاسته می‌شود،
- اگر UPI به طور ناگهانی پایان یابد یک منظر جدید ایجاد می‌شود که ممکن است باعث کاهش سرعت یا توقف شود.

اگر UPI با یک عارضه غیرمنتظره مانند یک پیچ یا یک تقاطع پایان یابد، یک خطر غافلگیرانه به ایجاد خواهد شد که به میزان انحنای قوس یا میدان دید تقاطع بستگی دارد. کاری که باید انجام شود عبارت است از: مشخص و مورد تأکید قرار دادن عارضه‌های جانبی، قطع UPI، ایجاد نواحی انتقال بین UPI ها، علامت‌گذاری به طور مصنوعی، بازکردن یا بستن UPI با درختکاری و سایر اشکال طراحی و غیره.



UPI مضاعف

هنگام حرکت در یک UPI، یک UPI دیگر نیز در پس‌زمینه دیده می‌شود که ناحیه ادراک را گسترش می‌دهد. این UPI می‌تواند توسط یک قوس یا یک شیب ایجاد شود. در این حالت، این دو UPI با پوشش یک طول متغیر از هم جدا می‌شوند (به طور متناوب، می‌توان آن UPI را با یک طول پوششی در آن در نظر گرفت).

- در این حالت، ادراک ممکن است با مشکل مواجه شود،
- راننده ممکن است یک عارضه را پیش‌بینی کند و ممکن است سرعتش را حفظ کند یا آن را به طور ناگهانی افزایش یا کاهش دهد،

- این امر ممکن است باعث ارتکاب تخلف در بعضی از رانندگان شود که سعی دارند سرعت و فراوانی وسایل نقلیه را به منظور سبقت در نواحی که سبقت ممنوع و یا میدان دید محدود است، تخمین بزنند.
- کاری که باید انجام شود بسته به وضعیت موجود، باز کردن یا بستن محدوده UPI (یا درختکاری یا قطع درختان)، جلوگیری از ایجاد فعالیت یا دادن اهمیت کافی به فعالیت‌ها به طوری که دو UPI با فاصله مشخص در بین آنها، ایجاد شود.



مفاهیم محدودیت یا راحتی در تحلیل سلسله مراتب منظر راه

هنگامی که تحلیل پیش‌گفته مناظر در مقیاس‌های متفاوت، حالت عرضی را بیان می‌کند، مفهوم محدودیت/راحتی به حالت خطی با لحاظ دینامیک و ریتم سفر بیشتر ارتباط پیدا می‌کند. امروزه این نتیجه به دست آمده است که در هنگام رانندگی، به میزان بالایی از هشیاری راننده نیاز است.

هدف از تحلیل محدودیت/راحتی، تعدیل سطح هوشیاری راننده با اصلاح میزان کار و توجه او در سفر می‌باشد. قطع یکنواختی راه که باعث افزایش هوشیاری می‌شود نیاز به توضیح بیشتری نداشته و باید نقشش را در ایجاد ریتمی که منطبق بر انتظارات است، ایفا کند.

واژه‌های محدودیت و راحتی، احساس راننده را در حین سفر در یک راه ابراز می‌کنند. به بیان ساده‌تر، مفاهیم محدودیت و راحتی راهبرد رانندگی راننده را مشخص می‌کند.

مفهوم محدودیت: در حقیقت مداخله واقعی یا القایی ناشی از قوانین، تراکم ترافیک، امتداد مبهم مسیر و یا شکل خاصی از زیرساخت می‌باشد که راننده یا باید خودش را با آن وفق دهد یا اینکه در معرض یک خطر جدی قرار می‌گیرد.

مفهوم راحتی: در واقع یک احساس آسایش است که از طریق ادراک کلی محیط راه ایجاد شده و راننده می‌تواند آزادانه سرعت خود را تا حد مشخصی افزایش دهد، در عین حال که مطابق قوانین و مقررات رانندگی می‌کند. انواع مختلف مقاطع مناظر راه به شرح زیر می‌باشند:

• مقطع محدود شهری

- محیط در طول مشخصی بیشتر یا کمتر از حد معمول، شهری (مسکونی) می‌باشد. ساختمان‌ها ممکن است بلافاصله در کناره راه قرار داشته باشند یا خیر،

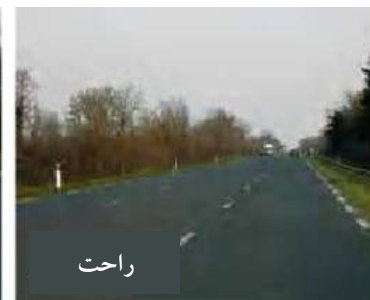
- تقاطع‌های پیچیده که نسبتاً به یکدیگر نزدیک می‌باشند (با فاصله کمتر از 1000 متر)،
- وجود تجهیزات یا طراحی راه به صورت شهری متراکم: روشنایی خیابان، تبلیغات، وضعیت کناره‌های راه و غیره. وجود این عوامل در کنار یکدیگر رانندگان را از حرکت در منطقه‌ای آگاه می‌سازد که امکان بالقوه تضادها و پیچیدگی‌ها در آن بسیار زیاد است.

• مقطع محدود برون‌شهری

- یک منظر بسته که باعث عدم دید جانبی می‌شود،
 - عدم وجود یک نمای پرسپکتیو دوردست،
 - مشکلات در طرح راه: پیچ‌ها، شیب‌ها، مشخص نبودن امتداد مسیر، تقاطعات و غیره.
- این وضعیت، هنگام رانندگی، پیش‌بینی را با مشکل مواجه می‌کند و به این مفهوم است که رانندگی تحت تأثیر سایر وسایل نقلیه قرار می‌گیرد، اما از نقطه‌نظر مدیریتی می‌توان سرعت راننده را کنترل کرد.

• مقطع برون‌شهری راحت (بدون محدودیت)

- یک منظر باز و شفاف که امکان دید جانبی دوردست را فراهم می‌آورد،
 - وجود یک نمای پرسپکتیو در امتداد راه،
 - راه‌های مستقیم با پیچ‌های عریض و پروفیل طولی نسبتاً هموار.
- چون در این وضعیت حاشیه ایمنی زیادی ایجاد می‌شود، رانندگان به پیشی گرفتن از سایر وسایل نقلیه ترغیب می‌شوند که این امر از لحاظ ایمنی چندان مناسب نیست.



برقراری ارتباط بین این برداشت‌ها و ایمنی راه، نه تنها ساده نبوده بلکه طبقه‌بندی شده نیز نمی‌باشد و بستگی به موقعیت محل دارد (در مورد بخش‌ها یا به صورت جداگانه یا سلسله‌مراتبی). مقطعی که از لحاظ راننده راحت به نظر می‌رسد ممکن است ایمن نباشد و مقطعی که محدود است ممکن است در افزایش ایمنی نقش داشته باشد و برعکس.

در یک سلسله‌مراتب طولانی بخش‌های محدود، راننده به نوعی احساس تنگنا می‌کند و می‌خواهد به طریقی ممکن از آن تنگنا رهایی یابد (به عنوان مثال هنگامی که راننده در پشت سر یک کامیون یا یک ماشین کندروی کشاورزی قرار می‌گیرد که باعث محدودیت سرعت او می‌شود). در یک سلسله‌مراتب طولانی بخش‌های راحت،

راننده توجهش را به محیط اطراف از دست می‌دهد و ممکن است از وجود یک پیچ یا تقاطع آگاه نشود (به عنوان مثال در راهی که چند کیلومتر مسیر به صورت مستقیم است و درست در جایی که امتداد مسیر مشخص نیست یک پیچ قرار دارد). مهمترین مسأله در این رویکرد آن است که باید از احساس راننده آگاه شد تا بتوان از آن در ایجاد ریتم سفر و توسعه راه استفاده کرد.

در هنگام ایجاد ریتم سفر، تلاش باید در جهتی باشد که مکان‌های مهمی که در آنها یکنواختی راه، قطع می‌شود مورد شناسایی و تأکید قرار گیرند (مرز مقطع منظر) و طول مقطع منظر راه محاسبه شود تا از اثرات باقی ماندن انعکاس مقطع منظر و پیامدهای ناشی از آن بر روی رفتار راننده پرهیز شود. ریتم ایده‌آل و مطلوب باید به صورت دایره‌وار عمل کند: تناوب بین مقاطع راحت و محدود.

3-2-3- نتیجه کار عملی

با تطبیق رفتار رانندگی، راننده ناخواسته و معمولاً به طور غریزی، دامنه دید خود را بهینه می‌کند. او با شتاب‌گیری، ترمزگیری یا تغییر جهت، انگیزه (اطلاعات) کافی را به دست می‌آورد. راننده پیوسته سعی در بهینه‌سازی دامنه دید خود تا جایی که با اقدامات عملکردی یا آرایه اطلاعات و ارتباطات منحرف نشده باشد، دارد. فرمان، پدال‌های ترمز و گاز، اجزای کنترلی هستند که دامنه دید مطلوب را فراهم می‌آورند. راننده، دامنه دید خود را با یک اقدام شدید یا چند اقدام اصلاح می‌کند:

- شتاب‌گیری (اغلب)،
- راندن به سمت مرکز جاده،
- تغییر جهت دادن بین مرکز و لبه جاده،
- تغییر جهت ناگهانی به سمت خط عبوری طرف چپ،
- قطع و بریدن گوشه‌ها،
- تنظیم ناخودآگاه جهت.

اصلاح یا بهینه‌سازی رفتار راننده، طی دهه‌ها مورد بررسی دقیق قرار گرفته است. از آن به بعد تحلیل تصادفات همراه با خسارت‌های بسیار شدید، این تغییرات به ظاهر بی‌دلیل در سرعت، خط عبوری و جهت را درک کرده‌اند. کم‌کم، این تغییرات به عنوان عکس‌العمل‌های غیر قابل اجتناب به نقص در میدان دید شناسایی شدند. روابط صریح زیر را می‌توان اثبات نمود:

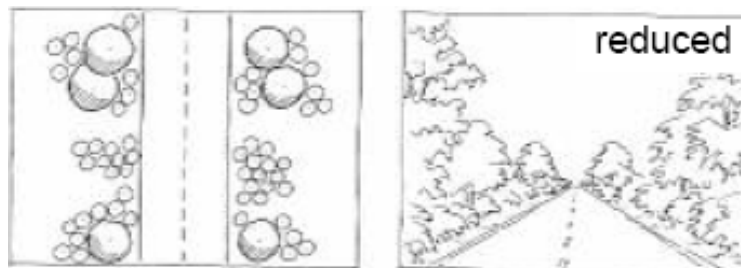
- سرعت، راندن در یک خط و اطمینان از جهت، کارکردهای کیفیت دامنه دید محسوب می‌شوند.
- مشخصات دامنه دید، امکان پیش‌بینی در خصوص متوسط رفتار رانندگی را فراهم می‌آورد.
- وابستگی‌های میان مشخصات دامنه دید و رفتار رانندگی می‌توانند به سه گروه تقسیم شوند:

1- تعداد اشیایی که با پیش‌زمینه مغایرت دارند، تراکم میدان دید را مشخص می‌کند. این تراکم بر V_{85} تأثیر می‌گذارد (سرعتی که توسط 85 درصد همه کاربران در آن قطعه راه اتخاذ می‌شود).



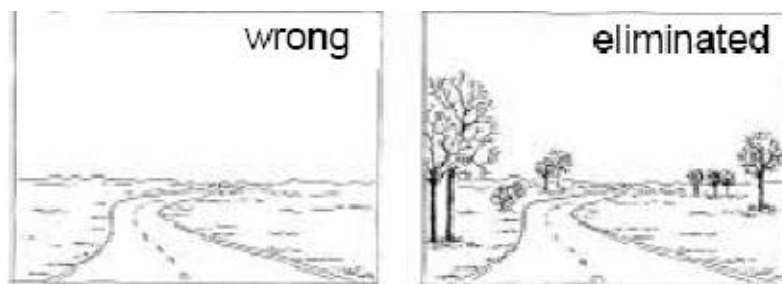
شکل 3-20: تراکم دیداری دامنه دید، کم است

← قطعه رویکردی مستقیم، طولانی و خسته‌کننده راننده را وادار به افزایش سرعت می‌کند.



شکل 3-21: تراکم دیداری دامنه دید، بهبود یافته است

← درختکاری متنوع با اختلاف در ارتفاع، فواصل و ریتم منجر به انگیزه بیشتر می‌شود، راننده از سرعت خود می‌کاهد.



شکل 3-22: تراکم دیداری دامنه دید کافی است

← مسیر پریچ‌وخم،

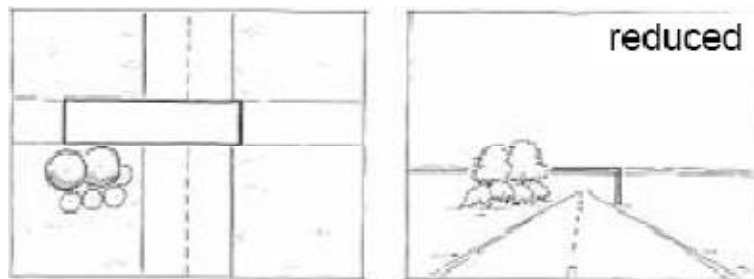
← پوشش گیاهی متنوع با ارتفاع، فاصله و ریتم مختلف،

← فضاسازی انجام شده.

2- نظم ساختار بندی کناره، تقارن و هماهنگی فضای کناری راه را مشخص می‌کند، ساختار فضای جانبی. این مسأله بر رانندگی در یک خط تأثیر می‌گذارد.

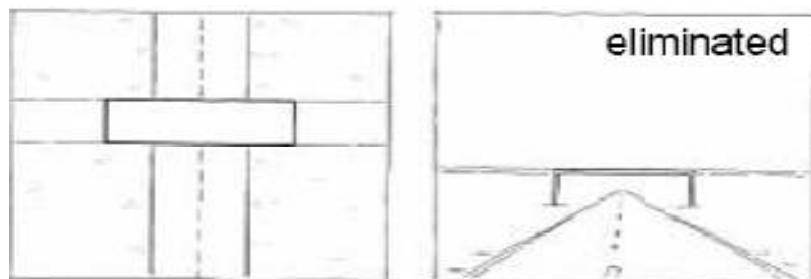


شکل 23-3: ساختار فضای جانبی - ابرسازه نامتقارن منجر به حواس‌پرتی می‌شود، راننده به سمت خط عبوری طرف چپ منحرف می‌شود



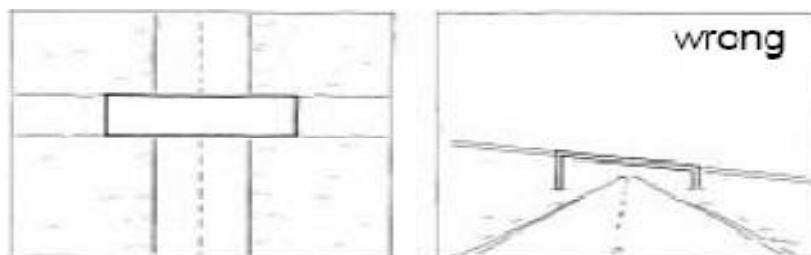
شکل 24-3: ابرسازه نامتقارن اصلاح شده است

← نقص با درختکاری اصلاح شده است.

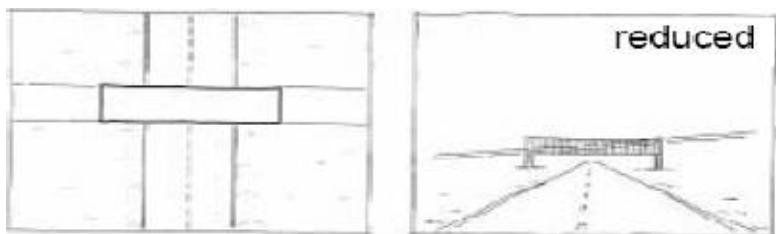


شکل 25-3: ابرسازه نامتقارن حذف شده است

← تقارن حاصل شده، تمایلی برای رانندگی به سمت خط عبوری چپ ایجاد نمی‌شود.



شکل 26-3: ساختار فضای جانبی - تمایل به سمت خط عبوری طرف چپ، به دلیل کناره بلندتر سمت چپ ابرسازه که بر جهت‌گیری غالب است.



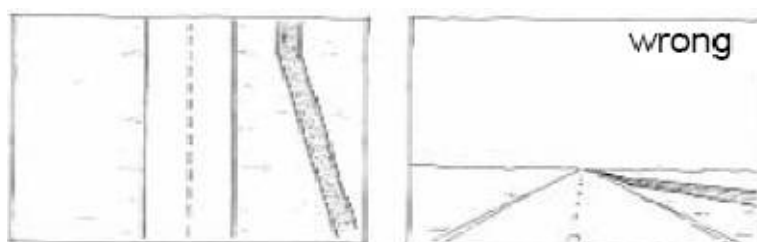
شکل 3-27: ارتفاع نامساوی سازه اصلاح شده است

← ارتفاع نامساوی، پوشانده شده است.



شکل 3-28: ارتفاع نامساوی سازه حذف شده است

← تقارن حاصل شده، تمایلی برای راندن به سمت خط عبوری طرف چپ وجود ندارد.



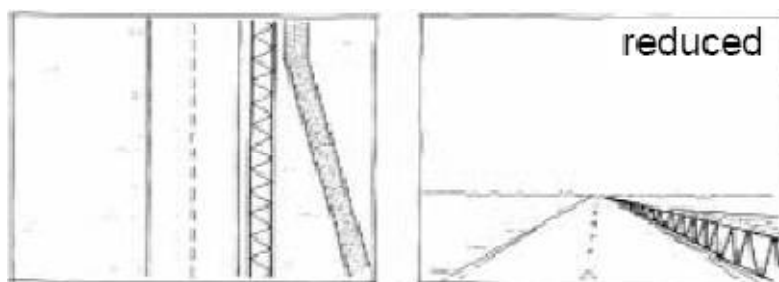
شکل 3-29: تصور غلط از دورنما

← خط جهت گیری ناموازی (نرده، خط درختکاری، ضربه گیرها یا مشابه آن) منجر به تخمین بیش از حد فواصل می شود.



شکل 3-30: تصور غلط از دورنما - پیچ بعد از قطعه دارای خطا در تخمین فاصله

← رانندگان فاصله تا پیچ را بیش از اندازه تخمین می زنند. سرعت آنها بالاست، تصادفات بسیاری رخ می دهند.



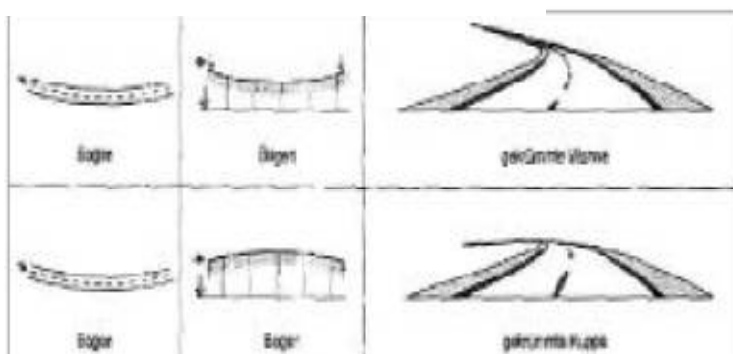
شکل 3-31: تصور غلط از دورنما اصلاح شده است

← نقص از بین می‌رود.



شکل 3-32: تصور غلط از دورنما با خطوط جهت‌گیری موازی از بین رفته است

← یک تصور غلط دیگر از دورنما: پیچ در ترکیب با محل فرورفته یا در ترکیب با بالای تپه منجر به تخمین بیش از حد/کمتر از حد شعاع قوس‌ها می‌شود.

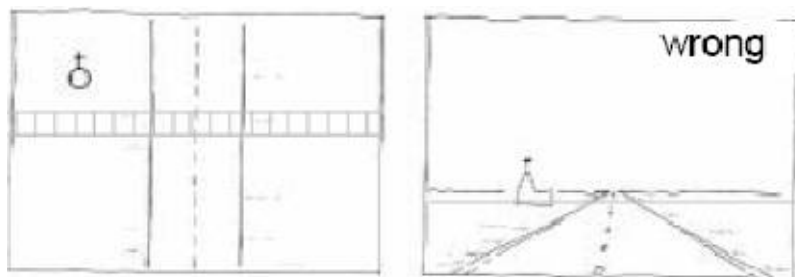


شکل 3-33: تصور غلط از دورنما با یک قوس

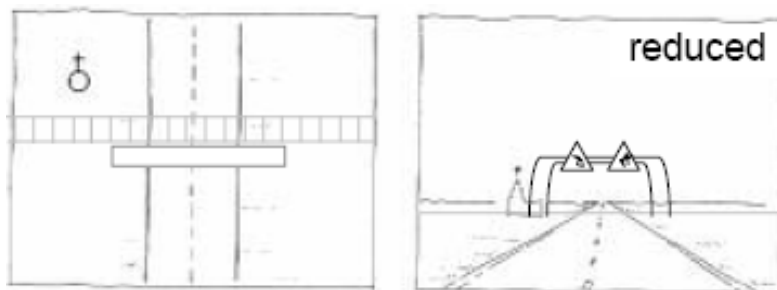
← با یک محل فرورفته (شکل بالا): تخمین کمتر از حد شعاع قوس، سرعت‌گیری،

← با یک محل مرتفع: تخمین بیشتر از حد شعاع قوس، کاهش سرعت.

3- شکل فضا در جهت رانندگی، ساختار عمق فضایی درک شده را تعیین می کند. این امر همراه با عمق میدان دید، بر جهت و سرعت V_{85} تأثیرگذار است.



شکل 3-34: عمق ساختار فضا- اشیای چشمگیر در مقایسه با تقاطع راه آهن بیشتر جلب توجه می کنند



شکل 3-35: اصلاح اشیای حاشیه که بیشتر جلب توجه می کنند با استفاده از اشیای شکل دهنده منظره، شاید با تابلوهای ترافیکی

دامنه دید عمیق تر به سرعت بیشتر منجر می شود.

سرعت = به عمق و وسعت دامنه دید بستگی دارد.

	↓	
میدان دید 600 متر	→	$V_{85} \approx 100 \text{ km/h}$
میدان دید 300 متر	→	$V_{85} \approx 65 \text{ km/h}$

این بدان معناست که متوسط رانندگان یقیناً به روشی قابل پیش بینی به کیفیت نامطلوب میدان دید واکنش نشان می دهند. در بیشتر موارد، عکس العمل ناخواسته و غیر ارادی راننده عبارت خواهد بود از:

- شتاب گیری و یا
- انحراف از خط عبوری و یا
- تغییر ناکافی جهت.

بنابراین، در یک قطعه راه تحت بررسی، کیفیت میدان دید در فواصل منظم 50 متری بررسی خواهد شد. گزینه‌های مشخص برای بهبود کیفیت میدان دید به اجرا گذاشته خواهند شد، زیرا قطعات راه دارای میدان دید با کیفیت مناسب، بسیار ایمن‌تر از قطعات راه دارای دامنه دید با کیفیت پایین هستند. اگر قطعات 50 متری تحت بررسی قرار دارند، باید به طور سیستماتیک در خصوص معیارهایی که در ادامه می‌آیند، کنترل و بررسی شوند. این معیارها، متداول‌ترین نقص‌ها در کیفیت میدان دید را تشریح می‌کنند.

تراکم ناکافی میدان دید

1- قطعات رویکردی / حاشیه یکنواخت مثل:

- ← پوشش گیاهی یکنواخت بدون تفاوت در ارتفاع / فواصل در خیابان‌ها، نهرها،
- ← طراحی کسل‌کننده و یکنواخت در تونل‌ها بدون تضاد با طراحی گرافیکی یا اشیای ثابت،
- ← ساختمان‌های یکنواخت در طول راههای شریانی،
- ← مناظر خسته‌کننده یا راههای هم‌شکل بدون تنوع در پوشش گیاهی.

2- قطعات رویکردی طولانی / با قابلیت دید کم قبل از نقاط بحرانی:

- ← بدون اشیای ثابت،
- ← بدون پیچ‌وخم در مسیر راه.

ساختار نامناسب فضای جانبی

1- ابرسازه‌های نامنظم یا با ارتفاع‌های متفاوت و آنهایی که موازی با محور دید نیستند:

- ← پل‌ها، تابلوهای تبلیغاتی، علامت‌دهی و تسهیلات اخذ عوارض،
- ← گروه گیاهان.

2- موقعیت متقارن اشیای چشمگیر نسبت به شانه راه، مثل:

- ← درختان، ساختمان‌ها، تسهیلات فنی یا دیگر اشیای منفرد.

3- هدایت دیداری بدون ایجاد تصورات غلط به دلیل خطوط غیر موازی دیداری نسبت به شانه راه، مثل:

- ← خط‌کشی‌ها، شانه‌های سخت / باریکه‌های کناری،
- ← ضربه‌گیرها، برف‌گیرها و حصار حیوانات وحشی،
- ← گیاهان، مسیرهای دوچرخه‌سواری، اسب‌سواری و خودروهای اضطراری،
- ← مسیرهای نگهداری عمومی.

4- پدیدار شدن متعامد (عمود) اشیا مثل:

- ← درختان، جهت‌نماها یا
- ← اشیای منفرد مثل ساختمان‌ها، درختان، تابلوهای ترافیکی.

5- پیکربندی دیداری قوس‌های خارجی:

- ← ظهور غیر موازی قوس خارجی (خطوط درختکاری، ضربه‌گیرها)،
- ← ظهور دیداری قوس خارجی بدون فواصل،
- ← قوس داخلی بدون خط‌کشی‌های واضح/ قابل رؤیت.

عمق ناکافی ساختار فضا

1- اشیای چشمگیر همراه با حواس‌پرتی ناشی از جهت راه یا نقاط بحرانی:

- ← مزاحمت ناشی از برج کلیساها، سایر ساختمان‌ها، روشنایی‌ها، گیاهان.

2- تصور غلط دیداری به دلیل خطوط غیر موازی دیداری، بخش‌های مستور شده از خط عبوری یا پیچ‌ها در محل‌های فرورفته:

- ← تصور غلط از فاصله،
- ← تصور غلط از جهت،
- ← تصور غلط از دورنما.

3- بررسی ناقص مسیر راه در موقعیت‌های زیر:

- ← سبقت‌گیری،
- ← رانندگی در پیچ،
- ← رانندگی با سرعت بالا.

کیفیت دامنه دید قطعه راه طراحی شده همیشه می‌تواند با این موارد تعیین شود. تغییرات لازم در برنامه‌ریزی و ساخت راه نیز همیشه می‌تواند مستقیماً مشخص شود.

3-3-3- اقدامات

به منظور تضمین مدیریت مؤثر میدان دید، یک مستندسازی/ شبیه‌سازی تصویری از عکس راه در فواصل 50 متری به کار گرفته می‌شود (روش مصور). در این روش، میدان دید به شیوه‌ای ترسیم شده که به نظر کاربر راه مانند یک توضیح تصویری 2 بعدی یا یک مدل 3 بعدی می‌رسد. تداخل‌ها در میدان دید که به این روش شناسایی می‌شوند، به طور سیستماتیک قابل حل هستند. در اینجا، نیز اصول اولویت‌دار ذکر می‌شوند.

1- حذف: طراحی میدان دید!

ایجاد پیچ‌وخم برای از بین بردن یکنواختی مسیر، ایجاد تقارن در ابرسازه‌ها با اقدامات مربوط به ساخت و

اصلاح تداخل‌های شناسایی‌شده در میدان دید از طریق اقدامات مربوط به ساخت/ طراحی (هدایت خط فضایی) یا

2- کاهش: اصلاح میدان دید!

استفاده از اشیای ثابت، ایجاد یک پیکربندی کامل برای پیچ‌های بیرونی، پوشش خطوط هدایت دیداری غیر موازی که منجر به خطاهای بصری می‌شود.

اصلاح بادوام و پایدار تداخل‌های شناسایی‌شده در دامنه دید با بهبود هدایت دیداری یا

3- به حداقل رساندن: نصب علائم هشدار در میدان دید!

محدودیت‌های سرعت
ممنوعیت سبقت‌گیری
نصب علائم هشدار

علامت‌گذاری تداخل‌های شناسایی‌شده در میدان دید با اعمال قوانین واضح رفتاری.

HUMAN FACTORS GUIDELINE
FOR SAFER ROAD INFRASTRUCTURE