

بررسی علائم عمودی و ارانه پیشنهادی جهت جا نمایی مناسب علائم عمودی در آزاد راههای شهری و حاشیه آن

چکیده

یکی از مهمترین تسهیلات مورد نیاز برای داشتن یک حرکت مطمئن و روان در شهرها از میان مبلمانهای مورد استفاده، علائم و تابلوهای ترافیکی هستند که نقش بسیار مهمی در ارائه اطلاعات عملکردی لازم به استفاده کنندگان از راه برای تامین یک سفر ایمن در طول مسیر بر عهده دارند.

در این مقاله، ضمن آشنایی با انواع مختلف علائم عمودی مورد استفاده در راهها با اشاره به ناهماهنگیهای موجود در نصب علائم، ضمن مقایسه برخی دستورالعملها و ضوابط مرتبط با جانمایی صحیح تابلوها با ارائه برخی پیشنهادات جهت ساماندهی مناسب نصب علائم قائم، راهکارهایی در جهت استفاده از روشهای محاسباتی و مهندسی در نصب علائم مطرح گردیده و برخی پیشنهادات کلی که مطابق توصیه های جدید سازمانهای معتبر دست اندرکار این امر می باشند ارائه خواهند شد.

کلید واژه ها: علائم قائم، نقطه انجام عمل، فاصله انجام عمل، نصب تابلو

مقدمه

تحقیقات مهم و اساسی در مورد تهیه علائم ایمنی مناسب در راهها از اوایل قرن گذشته آغاز گردید.

۱. کارشناس ارشد مهندسی عمران، مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر

اولین تلاش جدی در این زمینه در سال ۱۹۳۵ میلادی از سوی اداره راههای فدرال امریکا (FHWA) با عنوان تجهیزات متحد کنترل ترافیک (manual uniform traffic control devices) یا به اختصار (MUTCD) با کمک کمیته آشتو «کنفرانس ملی ایمنی راهها و خیابانها» انجام شد. انجمن مهندسان ترافیک «ITE» در سال ۱۹۴۲ به این کمیته ملحق شد و تغییراتی صورت داد. سازمان ملل در سال ۱۹۶۸ کنفرانسی درباره ترافیک جاده ها در وین برگزار کرده و در آن یک پیش نویس درباره علائم و چراغها تهیه کرد که به نام کنوانسیون وین ۱۹۶۸ معروف است (که قسمتهایی از آن شامل همان موارد قبلی نیز می باشد) و به عنوان سند مرجعی برای کشورهای مختلف جهان به شمار می رود.

دولت ایران نیز این کنوانسیون را امضاء نمود و در ماه مه ۱۹۷۶ نیز تصویب نامه دولت ایران در مورد آن به دبیر کل سازمان ملل تسلیم گردید. در سالهای اخیر تغییرات خاص و چشمگیری در زمینه تغییرات در علائم مشاهده نگردیده است و تنها در دستورالعملهای MUTCD و AASHTO در سال ۲۰۰۱ آخرین بررسیها، تحت عنوان یک مقاله مازاد بر استاندارد موجود به MUTCD اضافه شده است که موارد جدید را بیان می کند.

در کشور ما نیز در نصب علائم عمودی چندان رویه یکسانی مشاهده نشده و نیاز به اتخاذ یک وحدت رویه در عمل است .

تعریف مسئله

نگاهی به آمار تصادفات درون شهری و جاده ای رخ داده در سالهای اخیر در کشور که متأسفانه سیر صعودی به همراه دارد، مسئولین امر و علی الخصوص متولیان امور حمل و نقل را بر آن داشته است تا با نگاهی جدی به این مسئله به دنبال چاره اندیشی برای رفع معضلات یاد شده گردند.

در بررسی عوامل مختلف منجر به تصادفات می توان از عوامل انسانی، وسیله نقلیه، عوامل محیطی و عوامل مرتبط با جاده به عنوان مهمترین دلایل تصادفات نام برد که اهمیت پرداختن به نحوه رفع معضلات ناشی از هر کدام از دلایل یاد شده می تواند گامی در جهت آگاهی بخشی بیشتر برای آشنایی با این معضلات یادشده و نحوه حل آنها را پیش رو گذارد.

از جمله مهمترین اهداف این نوشتار، با توجه به اینکه علائم عمودی نصب شده در راههای درون شهری و جاده ها خود جزئی از مجموعه علائم مرتبط با جاده هستند و نصب نامناسب آنها و یا عدم اطلاع رسانی به موقع آنها خود می تواند در بروز حوادث تاثیر گذار باشد، ارائه برخی ضوابط جهت نصب و جانمایی مناسب علائم عمودی در آزادراههای مختلف شهرها و همچنین حاشیه‌های شهرها می باشد که بر اساس سرعت وسیله نقلیه و دیگر پارامترهای مربوطه در قسمتهای بعدی به تفصیل بررسی می گردد.

روش کار

در این مقاله، ضمن آشنایی اولیه با علائم ایمنی عمودی راهها، با توجه به اهمیت لزوم نصب مناسب تابلوها در آزادراههای شهرها و حاشیه آن و با عنایت به اینکه از جمله مهمترین نواحی سانحه خیز به دلیل حاشیه نشینها و گسترش صنایع و شهرکهای اقماری به حاشیه شهرها، حاشیه حدود ۱۵ کیلومتری خروجی و ورودی شهرها است، یک مطالعه میدانی جهت بررسی وضعیت رعایت ضوابط نصب علائم عمودی از وضع موجود برخی تابلوهای اقداماتی نصب شده در معابر ورودی پرتدد تهران و کرج صورت گرفته و عوامل مهم و تاثیرگذار در آنها مورد ارزیابی قرار گرفته است و با توجه به نتایج حاصل از این بررسی و عدم هماهنگی تابلوها و بررسی استانداردهای اغلب غیر واحد و مغایر در این زمینه برخی ضوابط عمده برای جانمایی و نصب تابلوها بر اساس سرعت وسیله نقلیه به عنوان یکی از پارامترهای مهم و تاثیرگذار در تصادفات و نیز سایر ضوابط عمده مورد نیاز ارائه گردیده‌اند.

۱. آشنایی با انواع علائم ایمنی عمودی

مجموعه علائم قائم به کار رفته در راهها در حالت کلی به سه دسته علائم شامل: علائم بازدارنده و حکم کننده (انتظامی)، علائم هشداردهنده یا اختطاری و علائم اخباری تقسیم‌بندی می‌گردند. البته در تقسیم‌بندی یاد شده یک دسته دیگری از علائم با نام علائم محدودیت سرعت به چشم می‌خورد که هرچند خود، زیرمجموعه‌ای از گروه علائم بازدارنده و حکم‌کننده هستند، اما به دلیل ویژگی کاری متفاوتی که صرفاً در جهت اعلام وضعیت سرعت مجاز دارند، می‌توانند به طور جداگانه هم طبقه بندی گردند. البته برخی علائم نیز به طور موقت در زمان تعمیرات راهها به کار می‌روند که

جزو علائم دائمی راه نمی باشند و به طور مشابه در گروههای یاد شده مورد اشاره قرار نگرفته اند.

علائم (انتظامی) شامل مجموعه ای از علائم هستند که وسیله عملی ساختن احکام و دستورات مربوط به مقررات عبور و مرور می باشند. تبعیت از فرامین این دسته از علائم برای استفاده کنندگان از راه اجباری بوده و رانندگانی که از انجام آن سرپیچی کنند به پرداخت جریمه و دیگر مجازاتهای مندرج در مقررات محکوم می گردند.

علائم اختطاری هم شامل مجموعه ای از علامتهایی هستند که رانندگان را از خطراتی که در مسیر با آن روبرو خواهند شد، آگاه می سازند. خطراتی که گذشتن از آن احتیاج به احتیاط بیشتر رانندگان دارد و ممکن است کم کردن سرعت یا به کار بردن تدابیر دیگری از سوی آنها لازم باشد، علائم محدودیت سرعت هم رانندگان را از میزان محدودیت سرعتی که در راه اعمال می گردد آگاه می کنند. علائم اخباری هم شامل مجموعه ای از علائمی هستند که اطلاعات مربوط به مسیر، مکانها، شهرها و امکانات مورد نیاز رانندگان را ارائه می دهند و اغلب به شکل مربع مستطیل بوده و برخی از آنها دارای انتهای نوک تیز و به شکل فلش هستند و مجموعه ای از اطلاعات اخباری در مورد مسیرها و در جاده های برون شهری و حاشیه شهرها برخی تسهیلات موجود در جاده ها را نیز نشان می دهند.

۲. ارائه ضوابط پیشنهادی برای جانمایی مناسب علائم قائم

۲-۱. مطالعه میدانی علائم قائم

جهت بررسی وضعیت رعایت ضوابط نصب علائم عمودی یک بررسی میدانی از وضعیت موجود تابلوهای اقداماتی نصب شده در معابر ورودی پر تردد و مهم شهرهای کرج و تهران به عنوان نمونه ای مطالعاتی صورت گرفت.

در این مطالعه، آزاد راه خروجی و ورودی تهران- کرج (در دو مسیر رفت و برگشت) به عنوان نماینده راههای چند خطه و کرج- چالوس (در دو مسیر رفت و برگشت) بعنوان نمونه ای از راههای دو خطه انتخاب گردیدند. بدین ترتیب ۲ مورد از راههای واقع در آزاد راههای ورودی تهران بزرگ و کرج، گستره میدان مورد بررسی را تشکیل می دهند.

جهت انتخاب نمونه ها از تابلوهای موجود در راههای تحت بررسی، مقطعیایی به طول حدوداً ۱۰ km، در ابتدای هر یک از مسیرها انتخاب گردید. محل انتخاب این

مقطعها به نحوی بود که فاصله کافی از ایستگاه اخذ عوارض داشته و وضعیت تردد ترافیک در حالت عادی باشد. با توجه به ویژگیهای نصب تابلوها، و با در نظر گرفتن فاصله میانگین تقریبی دو تابلوی متوالی، هر یک از قطعات ۱۰ km، به پنج قطعه دو کیلومتری تقسیم شدند و عموماً اولین تابلوی موجود در هر قطعه دو کیلومتری، به عنوان نماینده تابلوهای آن قطعه برگزیده شد. بدین ترتیب برای هر قطعه ۱۰ کیلومتری از هر مسیر، پنج تابلو انتخاب و در نهایت مجموعه‌ای متشکل از ۲۰ تابلو، جامعه نمونه آماری را تشکیل داد.

ویژگیهایی از تابلوها که در این فعالیت، اندازه‌گیری شده یا به طور کیفی بررسی شده‌اند از میان مهمترین ویژگیهای تابلوها انتخاب شده و عبارتند از ارتفاع نصب، فاصله جانبی، اندازه تابلو، رنگ، جانمایی، وضعیت منتظره بودن برای راننده و به چشم آمدن.

منظور از ارتفاع نصب در این مطالعه، حداقل فاصله لبه زیرین تابلو تا سطح آسفالت راه است. هنگام اندازه‌گیری، نخست فاصله لبه زیرین تابلو تا نقطه‌ای که پایه تابلودرون زمین فرو رفته است، اندازه‌گیری می‌شود و سپس اختلاف ارتفاع این نقطه تا سطح آسفالت راه به این اندازه اضافه یا از آن کم می‌شود. فاصله جانبی هم عبارت است از فاصله نزدیکترین نقطه تابلو به سطح آسفالت راه مورد نظر. اندازه تابلوهای مستطیلی با طول و عرض آنها و تابلوهای مثلثی شکل با a (اندازه یک ضلع) آنها و تابلوهای دایروی با D (اندازه قطر) آنها مشخص می‌شوند. رنگ تابلوها به صورت کیفی با کدهای مناسب، تقریباً مناسب و نامناسب بررسی گردیده است.

منظور از جانمایی در این مطالعه موقعیت نصب تابلو نسبت به مسیر حرکت راننده است و از این دید به سه حالت راست، چپ و بالا سری تقسیم شده‌اند. منتظره بودن و به چشم آمدن تابلو نیز به صورت کیفی بررسی شده‌اند.

۲-۱-۱. نتایج مطالعات

نتایج بررسی میدانی تابلوها نشان می‌دهد که بجز ۴ مورد از ۲۰ نمونه بررسی شده که دارای فاصله جانبی بیش از ۵ متر هستند، مابقی عموماً دارای فاصله جانبی کمتر از ۳/۶ متر بوده است که به عنوان حداقل فاصله جانبی توصیه شده اغلب استانداردها می‌باشد. به عبارت دیگر ۸۰٪ از موارد آمارگیری شده فاقد فاصله جانبی مناسب اند. در زمینه ارتفاع نصب نیز اندازه‌های ثبت شده از ۱۰۰ تا ۳۰۰ سانتی متر متغیرند و از ۲۰ مورد

بررسی شده (۱۵٪) تابلوها برای راننده‌های وسایل نقلیه، غیر منتظره گزارش شده‌اند و (۴۰٪) از تابلوها از نظر «بچشم آمدن» در موقعیت نامناسبی نصب شده‌اند. از آنجایی که چنین ناهماهنگی‌هایی معمولاً بدلیل عدم تدوین ضوابط یا اهتمام در رعایت ضوابط معین در نصب علائم عمودی در دیگر مسیرهای درون شهری و حاشیه شهرها نیز مشهود است (که ارائه نتایج مشابه از حوصله این بحث خارج می‌باشد) در ادامه مدلی کلی برای استخراج فواصل نصب تابلوها به همراه برخی ملاحظات عمومی در نصب این دسته از مبلمان‌های شهری پیشنهاد می‌گردد.

۲-۲. نگاهی به استانداردهای موجود در زمینه نصب علائم قائم

ضوابط شرکت علائم راهنمایی و فنی ایران (عرف ایران) (شرکت عرف ایران، ۱۳۷۷):
شرکت عرف ایران در خصوص نصب تابلوها، به نکات مختلفی از آئین نامه آلمان اشاره کرده است که از آن جمله می‌توان به گزارش «نصب و نگهداری علائم و تجهیزات راهنمایی و رانندگی» اشاره نمود که عیناً ترجمه فصل ۱۰ آیین نامه مذکور است.
- تحقیقات مهندسی مشاور ترافیک ایران و دبلیو - اس - اتکینز اینترنشنال (دبلیو - اس - اتکینز اینترنشنال، ۱۳۷۶): تحقیقات این گروه در هشت بخش صورت گرفته است که شامل جمع‌آوری و بررسی استانداردهای موجود، استفاده از نتایج کنوانسیون وین و نهایتاً ارائه ضوابطی متناسب با آن است.

ضوابط انستیتوی مهندسی ترافیک (ITE): انستیتوی مهندسی ترافیک نکات کاربردی نصب تابلوهای گوناگون را به تفکیک ارائه نموده و دو عامل سرعت وسیله نقلیه نزدیک شونده و فاصله‌ای که از آن تابلو قابل رویت است را در تعیین فاصله نصب تابلو بسیار مؤثر معرفی کرده است.

ضوابط آیین نامه تابلوهای آلمان (H.A.V.): در این آیین نامه فصل کاملی به چگونگی نصب تابلوها اختصاص داده شده است محل نصب تابلوها در صورتیکه مانعی وجود نداشته باشد، سمت راست جهت حرکت بوده و زاویه نصب ۹۰ درجه نسبت به محور مسیر تعیین شده است. بمنظور تأمین دید بهتر در قوسهای راستگرد، پیشنهاد شده که تابلو در سمت چپ جاده نصب گردد. در نقاط خطرناک یک جاده پیشنهاد شده است که تابلو در هر دو سمت مسیر نصب گردد.

۲-۳. ضوابط پیشنهادی برای جانمایی و نصب تابلوها بر اساس سرعت وسیله

نقلیه

یک تابلوی ترافیکی از دید راننده وسیله نقلیه‌ای که به سوی تابلو در حال حرکت است، در فاصله‌ای قابل رؤیت شده و مانند یک شیئی بسیار کوچک جلوه می‌کند. پس از آن، در فاصله‌ای نزدیکتر به تابلو، رنگ آن قابل تشخیص است. بعد از طی مسافتی شکل آن نیز مشخص شده و در مرحله نهائی نوشتار روی تابلو خوانا می‌شود. پارامتر اساسی تعیین فاصله نصب تابلو خوانا بودن شکل یا نوشتار روی آنهاست. در واقع تابلو باید جایی نصب شود که راننده پس از رؤیت آن و خواندن نوشتار و انتقال مفاهیم آن، زمان کافی جهت انجام واکنش مناسب و ایمن داشته باشد. از این دیدگاه تابلوهای ثابت ترافیکی به دو دسته تقسیم می‌شوند: تابلوهای دارای نقطه انجام عمل و تابلوهای دارای فاصله انجام عمل.

جدول (۱) بررسی وضعیت موجود تابلوها- کرج- چالوس (۱۰ کیلومتر اول)

ردیف	تابلو	km	موقعیت کیلومتراژ	نصب ارتفاع cm	جانمایی فاصله cm	اندازه تابلو cm	رنگ	جانمایی راننده	نزدن برای منتظره‌های آمدن	به چشم
۱	خطر		۰/۰۰	۱۹۲/۵۰	۵۱۸	مثث $a=68$	م	راست	م	م
۲	به تونل نزدیک می‌شوید		۲	۱۵۴/۳۸	۴۶۱	$\times 200$ ۱۵۹	م	راست	م	م
۳	کنترل سرعت		۵/۶	۱۵۰	۲۹۰	$\times 201$ ۷۹	ن	راست	م	م
۴	عبور عابر پیاده		۷/۸	۱۹۰	۵۱۵	مثث $a=68$	م	راست	ن	ن

ن	م	راست	م	مثلث $a=68$	۴۰۸	۱۵۶	۹/۵	پیچ خطرناک	۵
---	---	------	---	----------------	-----	-----	-----	---------------	---

جدول (۲) بررسی وضعیت موجود تابلوها- کرج- چالوس (۱۰ کیلومتر آخر)

ردیف	تابلو	کیلومتر از موقعیت km	ارتفاع نصب cm	فاصله جانبی cm	اندازه تابلو cm	رنگ	جانمایی	برای راننده منتظره‌ای بودن	به چشم آمدن
۱	پیچ خطرناک	۰/۰۰	۱۹۰/۸	۴۷۰	مثلث $a=81$	م	راست	م	م
۲	پیچ خطرناک	۲/۱۵	۱۴۰	۵۲۰	مثلث $a=81$	م	راست	م	م
۳	خطر در گردش به چپ	۴/۲	۲۰۰	۳۸۰	مثلث $a=68$	م	راست	م	م
۴	سبقت ممنوع	۷/۲	۱۴۲	۳۰۰	دایره $=75$ D	م	راست	م	م
۵	محدودیت سرعت	۹/۷	۱۰۰	۳۲۰	دایره $=75$ D	م	راست	م	ت.م

ردیف	تابلو	کیلومتر از موقعیت km	ارتفاع نصب cm	فاصله جانی cm	اندازه تابلو cm	رنگ	جانمایی	برای راننده مستظره‌ای بودن	به چشم آمدن
۱	عبور عابر پیاده	۰/۰۰	۱۰۰	۱۴۰	۱۰۵ × ۱۵۰	م	راست	ن	ن
۲	از سمت راست حرکت کنید	۲/۶	۱۰۳	۶۱۰	۱۰۰ × ۲۰۰	م	راست	م	ن
۳	تهران ۲۵ km	۴/۷	۱۰۰	۲۰۰	۱۲۰ × ۲۰۰	م	راست	م	م
۴	از سمت راست حرکت کنید	۶/۴	۱۱۰	۱۶۰	۱۲۰ × ۲۰۰	م	راست	م	ن
۵	کمر بند ایمنی را ببندید	۹/۷	۱۲۰	۱۵۰	۱۲۰ × ۲۰۰	م	راست	م	ن م

جدول (۴) بررسی وضعیت موجود تابلوها- بزرگراه تهران - کرج. شروع قطعه مورد بررسی، خروجی میدان کن

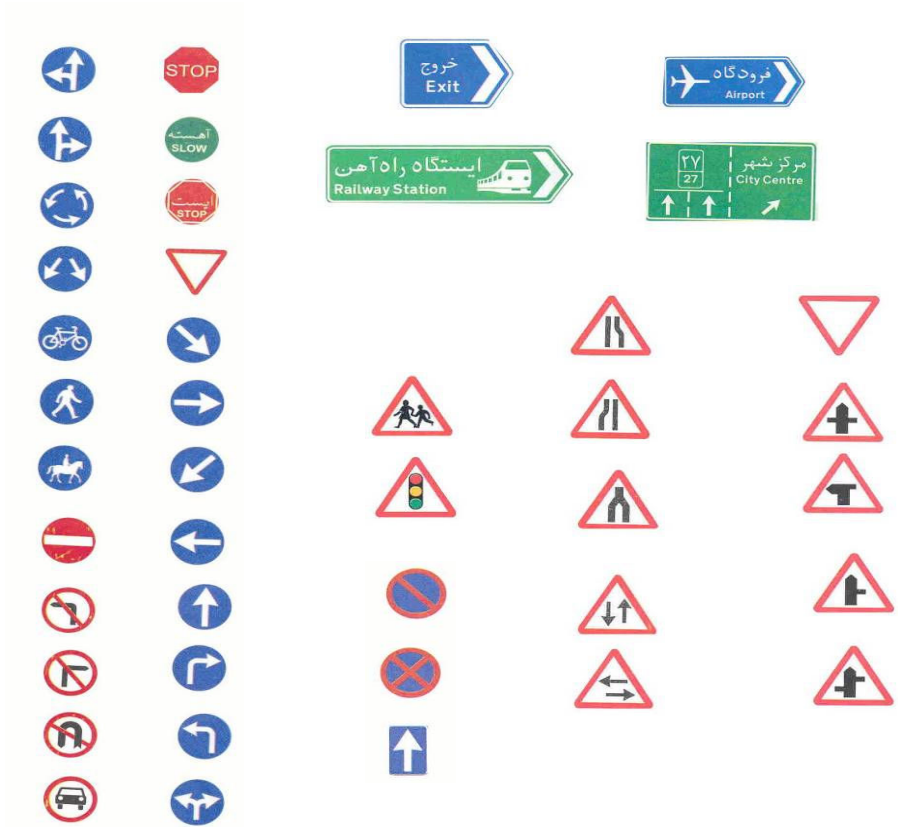
ردیف	تابلو	کیلومتر از موقعیت	ارتفاع نصب cm	فاصله جانبی cm	اندازه تابلو cm	رنگ	جانمایی	راننده	منتظره‌ای بودن برای	به چشم آمدن
۱	از سرعت خود بکاهید	۰/۰۰	۱۱۰	۹۶	۱۵۰× ۱۲۰	م	راست	ن	ن	ن
۲	شهرک راه آهن شهرک چلمه	۲/۲	۲۰۲	۱۰۷	۱۴۸× ۱۴۸	م	راست	م	ن	ن
۳	ورودی غربی ورزشگاه آزادی	۴/۱	۲۱۰	۱۴۵	۵۶۴× ۴۸۰	م	راست	م	ن	ن
۴	کمر بند ایمنی را ببندید	۷/۲	۱۱۹	۴۵۰	۱۲۰/۲۰۱	م	راست	م	م	م
۵	از سمت راست حرکت کنید	۹/۴	۲۹۰	۲۱۰	۱۶۰/۲۷۰	م	راست	م	م	م

توضیحات:

م: مناسب

ت.م: تقریباً مناسب

ن: نامناسب



شکل (۱) انواع علائم ایمنی قائم

Point of Compliance (P.O.C.) تابلوهای دارای نقطه انجام عمل (P.O.C.) بمنظور دادن آگاهی لازم به راننده از نقطه‌ای که در آن باید توقف کامل صورت بگیرد و یا مانوری انجام پذیرد، از تابلوهای دارای نقطه انجام عمل استفاده می‌شود. واکنش‌هاییکه به مفاد چنین تابلوهایی صورت می‌پذیرد عبارتند از:

الف) توقف کامل (تابلوی ایست) ؛ ب) کاهش سرعت (خطر در گردشها) ؛ ج) تغییر باند حرکت بمنظور هدفی خاص (دسترسی به یک رمپ خروجی) تقریباً حدود نصف تابلوهای مختلف انتظامی و هشدار و اخباری از این قبیل هستند.

تابلوهای دارای فاصله انجام عمل (D.O.C.) Distance of compliance

برای برخی از تابلوها عکس‌العمل خاصی در یک مدت زمان کوتاه آن طوری که در ذهن می‌آید لازم نیست. به عنوان نمونه تابلوی «حق تقدم با راننده طرف مقابل است» مفهومی را به راننده انتقال می‌دهد و عملی که راننده پس از دریافت مفهوم تابلو و تثبیت آن انجام خواهد داد عکس‌العمل آنی نیست، بلکه تا زمانی که تابلوی خاتمه وضع ذکر شده توسط راننده رؤیت نشود، راننده نسبت به محیط پیرامون خود حساس بوده و مفاد تابلو را عمل خواهد کرد. بعضی از تابلوها، مانند تابلوی «توقف را پیش رو دارید»، که نیاز به مکمل دارند، عکس‌العمل آنی نیاز ندارند. لازم به ذکر است که در ایران درصد کمتری از چنین تابلوهایی وجود دارند و تابلوهایی که از نوع مکمل هستند تابلوهای راهنمای مقصد و مسیر هستند که در فواصل معینی برای تثبیت بیشتر اطلاعات، تکرار می‌شوند. تابلوی چراغ راهنما نیز در فواصل مختلف تکرار می‌شود. با توجه به دو مورد یاد شده، مشخص می‌شود که برای نصب تابلوها از نقطه انجام عمل (P.O.C.) و یا از نقطه آغاز (D.O.C.)، نیاز به شناسایی کامل فرایند کسب اطلاعات تابلو و نیز حداقل فاصله‌ای است که از آن فاصله تابلو بوضوح قابل خوانده شدن و یا قابل تشخیص باشد.

میان این دو فاصله نیز، فاصله Minimum Required Legibility Distance

(MRLD) (حداقل فاصله خوانایی لازم) غالب است که همواره مقدار کمتری نسبت به Minimum Required Visibility Distance (MRVD) (حداقل فاصله دید لازم) دارد. تشخیص و بررسی این فاصله در شب به دلیل محدودیت قدرت روشنایی چراغهای ماشین بحرانی‌تر از شرایط مشابه در روز است.

فرآیند کسب اطلاعات تابلو

- رانندگان به طور متوسط دونگاه پیوسته به تابلوی اختطاری خواهند داشت که اولین نگاه به منظور کسب اطلاعات و پردازش آن و دومین نگاه به منظور تثبیت اطلاعات است که بین این دو نگاه، حداقل یک نگاه به جاده وجود دارد و هر نگاه باید به اندازه‌ای باشد که راننده بتواند پس از دریافت و پردازش اطلاعات لازم تصمیم گرفته و عمل کنترلی لازم را انجام دهد. لازم به ذکر است زمان این سه نگاه بهم وابسته نیستند.

میان هر دو نگاه متوالی، حداقل فاصله‌ای وجود دارد تا راننده بین این دو نگاه تغییر حالت دهد. مثلاً بین نگاه اول به تابلو و نگاه به جاده چنین فاصله‌ای را باید قائل شد. این فاصله Saccade نامیده شده و مقدار متوسط آن $0/3$ ثانیه است زمان تمام قسمتها زمان ثابتی است که از حاصلضرب مجموع زمانها در سرعت، فاصله بدست می‌آید. در تعیین فاصله MRLD بدلیل کاهش بازتاب نور از تابلو در شب، وضعیت روشنایی در شب تعیین کننده است (ASTM, ۱۹۹۱, PP ۶۰-۶۵) و (Mcshahen William,) (۱۹۹۰, PP ۲۹-۳۰).

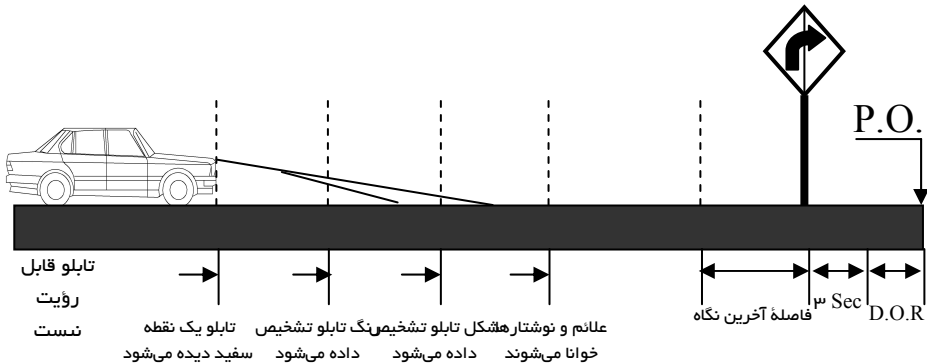
نصب تابلوها بگونه‌ای فرض شده است که فاصله مناسبی برای مانور یا عکس‌العمل لازم وجود داشته باشد. برای این منظور ارتفاع حروف یا اندازه تابلو باید به اندازه‌ای باشد که عمل خواندن و پردازش اطلاعات قبل از آنکه فاصله آخرین نگاه تمام شود امکان پذیر باشد.

پس از کسب اطلاعات یک تابلو، زمانی معادل ۳ ثانیه نیاز است تا این اطلاعات توسط راننده پردازش شوند و راننده قادر به تصمیم‌گیری در مورد آنها باشد. در تعیین فاصله نصب تابلوها از نقطه مورد نظر (P.O.C.)، فرضیات ذیل در نظر گرفته شده‌اند:

۱. طراحی تابلو (سمبل و نوشتار)، بر اساس رعایت حداقل فاصله خوانایی (MRLD) یا حداقل فاصله تشخیص تابلو (MRVD) صورت پذیرد.

۲. مطالعات بحث راه‌سازی و ترافیک نشان می‌دهد که حداقل ۳ ثانیه برای کامل شدن فرآیند خواندن تابلو مورد نیاز است. در نتیجه اگر زمان پیش دید را قسمتی از همین زمان کامل شدن فرآیند خواندن تابلو در نظر بگیریم و فرض ما بر این باشد که حواس راننده در این فاصله کاملاً متوجه جاده و محیط پیرامون آن است، راننده در آستانه ورود به این فاصله، حداکثر ۳ ثانیه احتیاج دارد تا مفهوم تابلو در ذهن وی تثبیت شود.

۳. در فرآیند رؤیت تابلو و عکس‌العمل مورد نیاز تا نقطه مورد نظر (P.O.C)، زمانی که راننده باید در اختیار داشته باشد تا عکس‌العمل لازمه را (در صورت وجود) انجام دهد، باقی مانده که برای تابلوهای دارای D.O.C این قسمت عملاً حذف می‌شود.



شکل ۲: مراحل رؤیت تابلوی قائم

۲-۳-۱. بررسی فاصله مناسب تابلوها

همانطور که قبلاً اشاره شد در تابلوهای دارای P.O.C سه نوع عکس‌العمل توقف کامل، کاهش سرعت و تغییر باند تا رسیدن به P.O.C ممکن است وجود داشته باشد. بنابراین به طور کلی در نصب تابلوها، مطابق (شکل ۲). همانطور که ملاحظه می‌شود، پروسه رؤیت تابلو نخست به صورت یک نقطه سفید کوچک شروع شده و سپس رنگ، شکل و نهایتاً سمبل یا نوشتار روی آن مشخص می‌گردد.

بنابراین، می‌توان فاصله نصب D را از فرمول زیر به دست آورد.

$$D = (D.O.R) + (V * T) \quad \text{فرمول (۱):}$$

که در آن:

V = سرعت وسیله نقلیه

T = زمان پردازش اطلاعات تابلو قبل از شروع واکنش

D.O.R (Distance of Reactive): فاصله طی شده توسط راننده از شروع

واکنش مورد انتظار تا اتمام آن.

همان طور که ملاحظه می‌شود فرمول فوق تابعی از سرعت وسیله نقلیه است. واضح است که در مطالعه جاری قسمتی از تابع که نیاز به آمارگیری دارد فاصله عکس‌العمل (D. O.R) خواهد بود.

در تابلوهای دارای P.O.C فاصله مورد نیاز جهت توقف کامل از فرمول ذیل

محاسبه می‌شود:

فرمول (۲):

$$d = ((0.278) \times (t) \times (v)) + \left(\frac{(v^2)}{(254 \times (f \pm g))} \right)$$

که در آن

d = فاصله مورد نیاز جهت توقف کامل از لحظه رویت تابلو (متر)،

t = زمان عکس‌العمل (۲/۵ ثانیه)

V = سرعت وسیله نقلیه برحسب Km/hr

F = ضریب اصطکاک بین چرخها و سطح جاده،

g = شیب جاده

ترم اول معادله فوق، مسافت طی شده در زمان واکنش است که با توجه به فرض شماره (۱) مدل نصب تابلو، واکنش راننده به تابلو قبل از عبور از کنار تابلو صورت می‌پذیرد. در بررسی (D. O.R) این ترم حذف شده و معادله به صورت زیر که در آن تنها ترم خط ترمز باقی مانده است نمایش داده می‌شود. در نتیجه:

فرمول (۳):

$$d = \frac{(v^2)}{(254 \times (F \pm g))}$$

همچنین در مورد تابلوهای دارای P.O.C با توجه به محیط نصب تابلو، سرعت اولیه وسیله نقلیه قابل دستیابی است. لذا پارامتر مورد نیاز، میزان کاهش سرعت یا به عبارتی سرعت ثانویه است. با بررسی کلی در مورد تابلوهایی که نیاز به کاهش سرعت دارند در می‌یابیم که این کاهش سرعت عمدتاً برای عبور از یک پیچ و یا برای ورود به یک رمپ است. البته در تابلوهای باریک شدن عرض باند سواره‌رو و تابلوهای محدودیت سرعت نیز انتظار کاهش سرعت و جود دارد. با توجه به اهمیت کاهش سرعت در مقایسه با دو مورد اخیر نیاز به بررسی این تابلوها در راههایی که تردد ترافیک از سرعت بالایی برخوردار است بیشتر احساس می‌شود.

در این حالت در فرمول فاصله نصب تنها تغییر حاصله، تغییر در میزان D.O.R می باشد که به صورت :

$$d = \frac{(V_1)^2 - (V_2)^2}{254(f \pm g)} \quad \text{فرمول (۴):}$$

در می آید که V_1 سرعت اولیه و V_2 سرعت متوسط نهایی است .
در مورد فاصله نصب تابلوهایی که در مدل خود دارای D.O.C می باشند، با مبنا قرار دادن مدل کلی D به معادله زیر خواهیم رسید:

$$D = T \times V_1 \quad \text{فرمول (۵):}$$

در مورد چنین تابلوهایی (مثلاً تابلوی رعایت تقدم حق عبور)، نیاز به عکس العمل سریع از جانب راننده نبوده و به طور کلی همان گونه که قبلاً اشاره شد بجای نقطه P.O.C نقطه D.O.C وجود داشته و راننده باید در آستانه ورود به D.O.C اطلاعات تابلو را دیده و پردازش کرده باشد که به این علت ترم D.O.R از معادله قبلی حذف می گردد. جهت نصب تابلوهای پایان محدودیتها (مثلاً پایان رعایت حق تقدم عبور) فاصله نصب تابلو از انتهای محدوده هم از فرمول (۵) محاسبه می گردد .

۲- ۴. ضوابط پیشنهادی دیگر جهت رعایت در نصب تابلوها

در ادامه برخی ضوابط مطرح شده در استانداردهای جدید که بر پایه آزمایشات نتیجه گیری شده اند به شرح زیر پیشنهاد می شوند (آیین نامه ایمنی راههای ایران، ۱۳۸۴) :

قابلیت خوانایی : قابلیت خوانایی تابلوهای راهنمایی و رانندگی از اهمیت ویژه ای برخوردار است و دستیابی به این هدف، عمدتاً به ابعاد نقوش و کلمات روی تابلو بستگی دارد. از آنجا که نقوش، وسیله بهتری برای انتقال پیام، نسبت به حروف هستند، لذا باید حتی الامکان در تابلوها از نقوش استفاده شود و هرگاه ناگزیر به استفاده از حروف باشیم، باید حداقل کلمات به کارگرفته شود. بهره گیری از تضاد رنگ نقوش و حروف، با رنگ زمینه تابلو، می تواند در افزایش قابلیت خوانایی تابلوسیار مفید و مؤثر باشد. عوامل دیگری که بر خوانایی تابلو در سرعتهای مختلف اثر می گذارد عبارت است از: فاصله طولی بین تابلو و خودرو در حال حرکت، به طوریکه زمان لازم برای خواندن و درک پیام تابلو را تامین نماید.

فاصله جانبی بین تابلو و لبه سطح عبور و زاویه بین صفحه تابلو و لبه سطح عبور، باید به نحوی باشد که راننده مجبور نگردد چشمهای خود را بیش از ده درجه از راستای حرکت منحرف نماید و لذا قبل از اینکه خودرو به نقطه‌ای برسد که تابلو از زاویه ۱۰ درجه دید راننده خارج شود پیام تابلو باید خواننده و درک شده باشد.

قابلیت دید: قابلیت دید هر تابلو به ابعاد و رنگهای آن بستگی دارد. یک تابلوی بزرگ به هر رنگی که باشد از قابلیت دید مناسب برخوردار است ولی محل نصب تابلو نیز نقش مهمی در قابلیت دید آن ایفا می‌نماید. علیرغم اینکه، در برخی موارد که انتخاب محل مناسب برای نصب تابلو دشوار می‌باشد، باید سعی شود که در انتخاب محل نصب، مطالعه و بررسی‌های لازم انجام گیرد تا قابلیت دید تابلوها، به خصوص تابلوهای کوچک، کاهش نیابد. در چنین مواردی رفع موانع دید در صورت امکان ضروری است. در غیر اینصورت باید مکان مناسب دیگری برای نصب پیدا کرد و در صورت لزوم از تابلوهای اخباری و یا تکراری همراه با علامت فرعی استفاده نمود. علاوه بر محل استقرار، ارتفاع نصب و قابلیت بازتاب نور و نورپردازی نیز در تأمین قابلیت دید تابلوها از عوامل مهم محسوب می‌شوند.

نورپردازی و بازتاب نور: کلیه تابلوهای راهنمایی و رانندگی باید در تاریکی نیز بخوبی قابل رؤیت باشد و لذا باید آنها را به وسیله مواد بازتاباننده نور و منابع نوری از داخل و یا از خارج تابلو قابل رؤیت در تاریکی نمود. این امر در مورد تابلوهای انتظامی و اختطاری حائز اهمیت بیشتری است و لذا هر نقصی در بازتاب نور و یا منبع روشنایی آنها، باید سریعاً برطرف گردد.

نصب تابلوها: هر نوع تابلو، به استثنای تابلوهای موقت، بایستی بطور پایدار نصب گردند. تابلوها در سمت راست جهت حرکت و با زاویه ۹۰ درجه با محور مسیر نصب می‌شوند و در قوسهای راست گرد، به منظور تأمین دید بهتر، تابلو را می‌توان در سمت چپ جهت حرکت نصب نمود. در نقاط پرخطر، نصب تابلو در هر دو سمت سواره‌رو بلامانع است ولی در مواردی که محل نصب تابلو سمت راست، طوریکه تابلو پشت خودروهایی که جلوتر حرکت می‌کنند، از نظر رانندگان پشت سر پوشیده می‌شود، نصب تابلو در هر دو سمت سواره‌رو ضروری می‌گردد. در مورد تابلوهای بزرگ، باید توجه داشت که آهن‌کاری پشت تابلو مانند یک منبع ذخیره سرما عمل نکند، در غیر اینصورت رنگ قسمتی از تابلو که به آهن چسبیده است، به علت سرمای زیاد خراب شده و یا خواهد ریخت. علائم تابلوهای فرعی را می‌توان با علامت اصلی مربوطه، روی یک تابلو

ادغام کرد. لازم به ذکر است این گونه تابلوها به شکل مربع مستطیل، با زمینه سفید و حاشیه سیاه می باشد که یک علامت اصلی مانند علامت خطر به همراه یک علامت فرعی مانند رعایت حق تقدم در پیش، بر روی آن منقوش است. همچنین می توان دو علامت اصلی را که یکی از آنها توضیح دیگری است بر روی یک تابلو ادغام کرد، از جمله مسائلی که در محاسبه و تعیین محل مناسب برای نصب علائم حائز اهمیت بوده و دخیل است بحث میدان دید چشم افراد می باشد و می توان از آن به نام « مخروط دید در صحنه مقابل » نام برد. صحنه مقابل، بخشی از فضای روبروی انسان است که بدون حرکت چشم دیده می شود و مخروط دید، مخروطی است که رأس آن چشم انسان، و قاعده آن صحنه مقابل است. (Mcshahen William, ۱۹۹۰, PP ۲۰-۳۰). مخروطی که با زاویه ۳ درجه نسبت به محور دید تشکیل می شود، مرکز صحنه مقابل نامیده می شود. دایره ای که با هاشور متقاطع در شکل (۳) ملاحظه می شود، مرکز صحنه مقابل است. در این مرکز، اشیاء به خوبی و به طور واضح دیده می شوند، و فرض می شود که با کوچکترین حرکت چشم، این مرکز به مخروطی با زاویه دید ۱۰ درجه تبدیل شود (دایره با هاشور ساده).

بخش خارج از مرکز صحنه مقابل را منطقه دید پیرامونی می نامند. در این منطقه قدرت دید کمتر شده و توان دید رنگها، به میزان زیادی کاهش می یابد. افزایش سرعت حرکت نیز با فاصله دید نسبت مستقیم دارد، و لذا هر چه سرعت افزایش یابد، چنین به نظر خواهد رسید، نقطه ثابتی که چشم متوجه آن بوده است، به فاصله دورتری منتقل شده باشد و به همین دلیل، زاویه دید هم بر روی صحنه مقابل تنگتر می گردد (شکل ۳) (AASHTO, ۱۹۷۸, PP ۶۹-۷۲).

بنابراین با توجه به این مسئله می توان گفت میدان دید تابلوها از چشم راننده می تواند تحت نام یک پنجره دید نیز بیان شود. که طبق مطالعات Astm، ۹۵ درصد تابلوهای قرار گرفته در این پنجره قابل رویت هستند. ابعاد این پنجره را به صورت واضحتر می توان برای ناظری که در پشت فرمان یک اتومبیل در خط حرکت گوشه راست جاده قرار دارد مطابق شکل (۴) به صورت یک رنج ۱۰ متر در ۳۰ متر تخمین زد که طی مطالعات و آزمایشات فراوانی با مطابقت با مطالب فوق الذکر مورد تأیید قرار گرفته است که برای فاصله تا ۱۰۰ متر قابل استناد می باشد (British standard Institution, ۱۹۹۸, PP ۱۲۰-۱۲۹) و (Padmus, ۲۰۰۰, PP ۸۵-۸۸) و

(www.۳M.com/tcm). همچنین مطالعات انجام یافته در مورد میزان به چشم آمدن سریع علائم نیز با توجه به میزان روشنایی انعکاسی از طرف آنها مطابق شکل (۴) برای علائم مستقر در شانه سمت راست و چپ و بالاسری به طور درصد ارائه گردیده‌اند بنابراین با توجه به مطالب یاد شده فواصل و ارتفاعهای ارائه شده در شکل (۴)، با توجه به کلیه اصولی که قبلاً گفته شد، به منظور تأمین هرچه بیشتر ایمنی تردد تعیین شده و رعایت آن به طور اکید توصیه می‌شود. در نصب تابلوها نیز توجه به میزان حداکثر زاویه دید مناسب آنها مورد توجه قرار گرفته است. همچنین تابلوهای بزرگی که با مواد منعکس کننده نور ساخته می‌شوند پیشنهاد می‌شود که به روش زیر در کنار و یا بالای سواره رو نصب گردند:

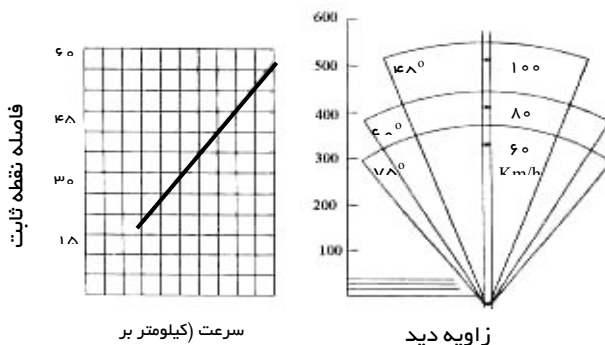
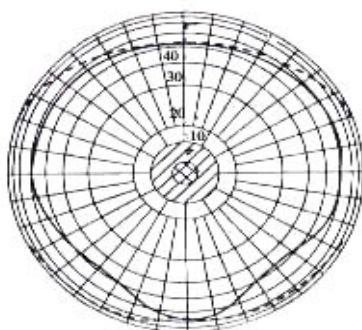
- تابلوهای کناری را می‌توان از عمود بر محور راه تا سه درجه به عقب چرخش داد.

- تابلوهای بالاسری در راههای که شیب سربالایی آنها مساوی یا بیش از ۲ درصد از سطح افق است عمود بر سطح افق نصب می‌شود و در راههای با شیب صفر تا ۲ درجه می‌توان آنها را نسبت به خط عمود بر سطح افق کمی به عقب یا جلو چرخاند که در سربالایی‌ها به جلو و در سرازیریها به عقب خواهد بود.

شرایط اطراف و پشت تابلو و خطر خیرگی چشم: برای اینکه علائم راهنمایی و رانندگی به بهترین وجه مورد توجه قرار گرفته و دیده شوند، صحنه اطراف و پشت تابلو نباید موجب گم شدن تابلو در صحنه طبیعت یا انبوه تابلوها، به خصوص تابلوهای تبلیغاتی شود. همچنین نورپردازی شدید تابلوهای تبلیغاتی در شبها، نور آفتاب در هنگام غروب و یا کمی بعد از طلوع در جاده‌های شرقی- غربی، موجب خیرگی چشم شده و مانع رؤیت مطلوب تابلوها می‌گردند. بنابراین ضمن احتراز از صحنه‌های طبیعی هماهنگ با رنگ تابلو و محل انبوه تابلوها، باید سعی شود که در جاده‌های شرقی - غربی، تابلوها در محل‌های سایه و دور از اثر خیره کننده آفتاب نصب گردد.

کثیف شدن تابلوها: علائم راهنمایی و رانندگی که نزدیک به سواره‌رو نصب می‌شوند و همچنین تابلوهای کم ارتفاع (بعثت پاشیده شدن مواد آلوده کننده و آبهای کثیف)، همیشه در معرض کثیف شدن قرار دارند. بنابراین باید در جهت تمیز نگهداشتن

آنها اهتمام داشت. شکل شماره (۵) نمودار میزان کثیف شدن تابلوها را، به نسبت نزدیکی آنها به سواره‌رو، نشان می‌دهد. سطوح زیر هر منحنی، منطقه یکسانی درجه کثیف شدن تابلو را مشخص می‌کند (www.۳M.com/tcm).



شکل (۳) مخروط دید و نسبت فاصله دید و افزایش سرعت

مسدود شدن دید توسط تابلوها : تابلوهای راهنمایی و رانندگی، به خصوص در حریم تقاطعها، مانع دید مطلوب رانندگان از تقاطعها می‌شوند. لذا هنگام نصب تابلو در هر تقاطع باید دقت نمود که تقاطع و وضعیت تردد در آن، از نظر رانندگان و دوچرخه‌سواران و عابرین پیاده پوشیده نماند. در مواردی که تأمین دید مطلوب مقدور نباشد، باید با بررسی‌های لازم، بهترین موقعیت را در شرایط موجود، برای نصب تابلو انتخاب نمود. یادآوری می‌شود که ارتفاع متوسط چشم راننده در خودروهای سواری ۱/۲۰ متر و در اتوبوسها و کامیونها ۲/۱۰ متر است .

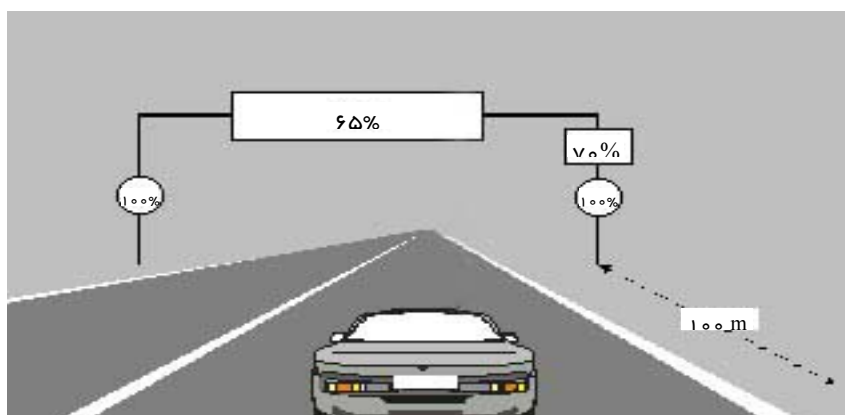
تجهیزات نصب و استقرار علائم: استقرار تابلوهای دائمی باید با چنان ایستایی انجام گیرد که در صورت برخورد با آنها، به خودروها حداقل خسارت وارد شود. علائم ترجیحاً به وسیله بست بر روی پایه‌های لوله‌ای نصب می‌گردند. در غیر این صورت، می‌توان با ایجاد سوراخ در صفحه تابلو، آنرا با پیچ و مهره به پایه لوله‌ای متصل نمود. در مواردی که تابلوها به ناچار نزدیک به لبه راه نصب می‌گردند، بهتر است که پایه علامت از کیفیتی برخوردار باشد که در صورت برخورد خودروها با آن، با کمترین مقاومت خم شده و موجب کاهش خسارات وارده به خودرو و سرنشینان آن گردد. کلیه لوله‌ها و بستها و پیچ و مهره‌ها و صفحات تابلوها باید از خوردگی و زنگ زدگی مصون باشند.

الف) میدان دید مناسب روبرو از چشم راننده

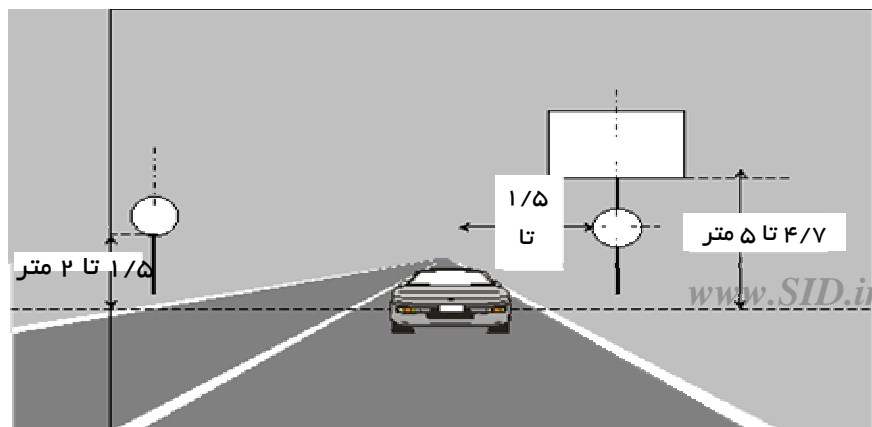


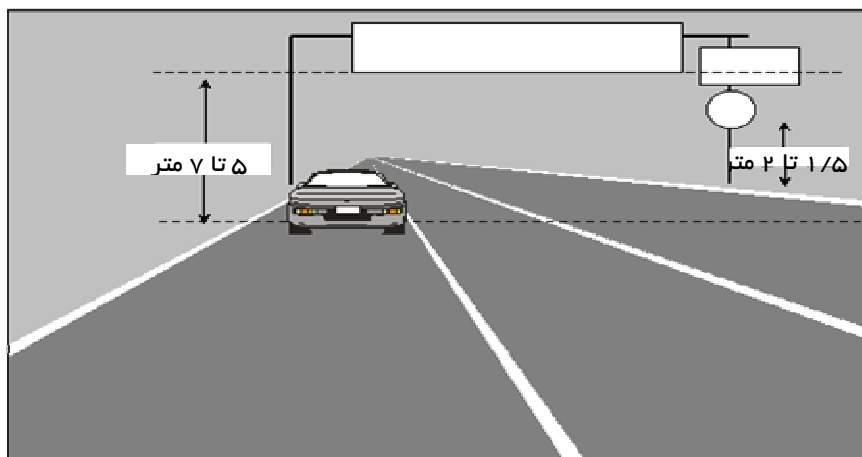


(ب) میزان تقریبی به چشم آمدن تابلوهای مختلف

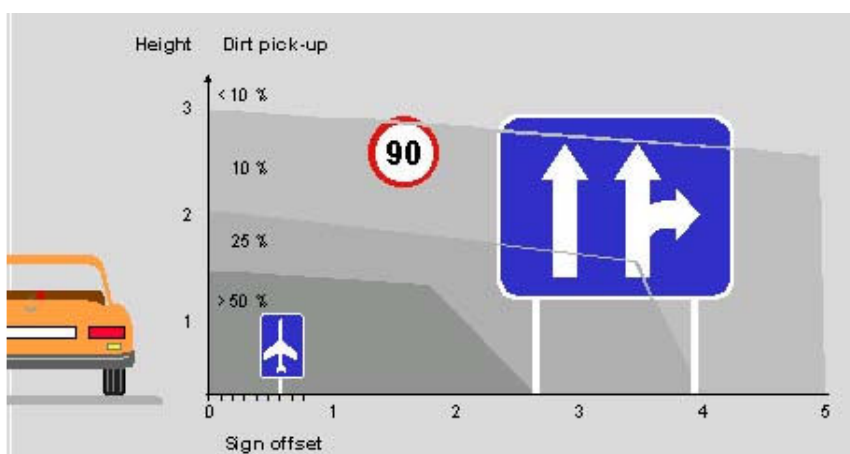


(ج) فاصله و ارتفاع پیشنهادی برای نصب تابلوها





شکل (۴): میدان دید مناسب در مورد تابلوها و موارد لازم جهت رعایت فاصله و ارتفاع آنها



شکل (۵) نمودار درجه کثیف شدن تابلوهای قائم

با توجه به مجموع مطالب بیان شده می توان نکات زیر را به عنوان مجموع نکات پیشنهادی در نصب تابلوها ارائه داد:

الف) ضوابط پیشنهادی برای جا نمایی و نصب تابلوها براساس سرعت وسیله نقلیه :

با توجه به اهداف طراحی و نصب تابلوها (انتقال اطلاعات لازم به راننده در فاصله ای مناسب جهت تصمیم صحیح، ایمن و بموقع راننده) و اهمیت سرعت وسیله نقلیه در تعیین این فاصله باید مدلی جهت استخراج فواصل نصب تابلوها از محل خطر ارائه گردد.

با توجه به اینکه در حالت کلی یا تابلوها دارای نقطه انجام عمل (POC) ((جهت آگاهی دادن به رانندگان از نقطه ای که در آن باید عملی صورت پذیرد(توقف کامل یا مانور و ...)) و یا فاصله انجام عمل (DOC) ((پاسخ به پیام آنها در یک مدت زمان کوتاه لازم نیست) نشان دهنده حق تقدم یا بیان موارد غیر ضروری برای واکنش سریع)) هستند . فاصله نصب D به شرح $D=(V \times T)+(D.O.R.)$ ارائه گردیده است که T حدود ۲/۵ تا ۳ ثانیه بوده و (D.O.R.) فاصله طی شده توسط راننده از شروع واکنش مورد انتظار تا اتمام آن است و نیاز مند آمارگیری هست.

ب) ضوابط پیشنهادی دیگر جهت رعایت در نصب تابلوها

- حداکثر استفاده از نقوش و حداقل استفاده از کلمات ؛
- بهره گیری از تضاد رنگ نقوش و حروف بارنگ زمینه تابلو ؛
- رعایت فاصله جانبی و ارتفاع مناسب تابلو و زوایه نصب تابلو نسبت به محور حرکت؛

- احتراز از صحنه های طبیعی هماهنگ بارنگ تابلو و محل انبوه تابلوها ؛
- نصب تابلوها در محل های عمدتاً سایه و دور از اثر خیره کننده آفتاب در جاده های شرقی - غربی ؛

- توجه به موقعیت محل از نظر تجمع برگها در فصول بهار و تابستان در صورت نصب تابلوها در فصول سرما ؛
- پاکسازی اطراف تابلو از گیاه و علف و ریختن سنگریزه و شن بجای آن جهت عدم رویش مجدد ؛

- نصب علائم بوسیله بست یا سوراخ بر روی پایه های لوله ای ؛

- طراحی علائم به نحوی که در صورت برخورد خودروها با آنها با کمترین مقاومت خم شوند؛
- تضاد بین رنگ حروف و رنگ زمینه یک تابلو؛
- نصب در دوسوی جاده در مناطق با تردد بالا و خطرناک و محل هایی که محل نصب تابلوی سمت راست طوری باشد که تابلو پشت خودروهایی که جلوتر حرکت می کنند از نظر رانندگان پشت سرپوشیده شوند؛
- توجه به آهن کاری پشت تابلو که باید به صورت منبع ذخیره سرما عمل نکند تا رنگ قسمتی از تابلو خراب نشده و نریزد؛
- در صورت احتمال عدم توجه لازم ازسوی رانندگان به یک علت خاص خطر، از دو علامت اصلی که یکی توضیح دیگری هست استفاده گردد؛
- در نظر داشتن پنجره دید مناسب ۱۰ متر در ۳۰ متر و میزان به چشم آمدن سریع تابلو ها با توجه به میزان روشنایی انعکاسی از طرف آنها در نصب مناسب و رعایت فاصله بهینه آنها از کنار جاده و ارتفاع مناسب آنها.

فهرست منابع و مآخذ

۱. آیین نصب علائم راهنمایی و رانندگی (کلیات) - عرف ایران - تهران - شهرداری تهران - ۱۳۷۷.
۲. دیبلیو. اس . اتگینز اینتر ناسنال - مطالعات ایمنی راهها - وزارت راه و ترابری - تهران - ۱۳۷۶.
۳. آیین نامه ایمنی راههای ایران، نشریه شماره ۲۶۷، سازمان مدیریت و برنامه ریزی، تهران ۱۳۸۴.
۴. "ASTM Standards on colour and appearance measurments"- ASTM-۱۹۹۱, PP ۶۰-۶۵.
۵. Mcshahen- William, (۱۹۹۰). "Traffic engineering" - Polytechnic university -newjersey-, PP ۲۹-۳۰.

۶. "Manual of uniform traffic control devices for streets and highways" AASHTO, U.S. Department of transportation, federal highway Administration, ۱۹۷۸, PP ۶۹-۷۲.
۷. "British standard Institution", (۱۹۹۸). London, PP ۱۲۰-۱۲۹.
۸. Padmus, P., (۲۰۰۰). "Minimum required nighttime luminance of retro reflective traffic signs, TNO. Human Factor Research Institute, Netherlands, PP ۸۵-۸۸.
۹. WWW.rM.com/tcm