فصلنامه مهندسی ترافیک، سال بیستم، شماره ۸۰، بهار ۱۳۹۹، ص. ۳٤-۲۳

ارائه مدل جدید حداقل فاصله خوانایی تابلوهای راهنمای مسیر

محمد اتقائی، دانشجوی دکتری مهندسی عمران – راه و ترابری، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

سعید حسامی (مسئول مکاتبات)، دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

E-mail: S.hesami@nit.ac.ir

چکیده

علائم راهنمایی و رانندگی به ویژه تابلوهای راهنمای مسیر در مدیریت سیستم حمل و نقل نقش بسیار مهمی را ایفا می کنند. تابلوهای راهنمای مسیر هنگامی که اصل قابلیت خوانایی و قابلیت دید در آنها رعایت شده باشد، پیام را به درستی و به موقع به رانندگان در حال حرکت منتقل می کنند. یکی از موارد مهمی که در طراحی و نصب تابلوهای راهنمای مسیر اهمیت فراوان دارد، حداقل فاصله خوانایی تابلوها می باشد. با شناخت درست این پارامتر، می توان تابلوها را به درستی طراحی و به درستی نصب کرد تا رانندگانی که با سرعت مجاز در معابر حرکت می کنند به طور ایمن پیام تابلوها را دریافت کنند. در آیین نامه های کشورهای مختلف روابط متنوعی برای محاسبه پارامتر حداقل فاصله خوانایی بکارگیری شده است. در ایران هم مطالعاتی برای محاسبه حداقل فاصله خوانایی انجام شد که در نشریه شماره ۳-۲۶۷ سال ۱۳۸٤ انتشار یافت. با توجه به لزوم مطالعه بیشتر در مورد تحقیقات صورت گرفته در ایران و همچنین با توجه به معرفی فونت جدید ابریشم برای تابلوها، در این مقاله، تحقیقی پیرامون رابطه فاصله خوانایی جدید در ایران صورت پذیرفته و سپس مدل جدید حداقل فاصله خوانایی معرفی گردیده است.

واژه‌های کلیدی: تابلوهای هدایت مسیر، قابلیت خوانایی، حداقل فاصله خوانایی، مدل جدید

۱. مقدمه

یکی از مهمترین تجهیزات ترافیکی علائم راهنمای مسیر می-باشند که نقش و عملکرد آنها در کنترل و هدایت جریان ترافیک بسیار محسوس است. برای اینکه این تابلوها بهترین عملکرد را داشته باشند و پیام آنها در کمترین زمان و بهترین حالت به رانندگان انتقال داده شود، می‌بایست در طراحی و نصب آنها دو اصل قابلیت خوانایی و قابلیت دید لحاظ گردد. متن و نقوش تابلوهای راهنمای مسیر باید به طور کامل توسط رانندگان در زمان رانندگی قرائت شود. از اینرو رانندگان برای قرائت پیام تابلوها دارای محدودیت زمانی می باشند که این محدودیت زمانی با میزان حجم اطلاعات بر روی تابلوها و همچنین موقعیت و نحوه نصب تابلوها متناسب می باشد.

فاصله ای که راننده می تواند، پیام تابلوها را قرائت کند ، فاصله خوانایی می گویند و در این فاصله باید محدودیت زمانی قرائت تابلوها مطابقت داده شود، تا پیام تابلوها به طور ایمن به رانندگان در حال حرکت انتقال پیدا کند.

حداقل فاصله ای که رانندگان در حال حرکت، می توانند تابلوها را شروع به قرائت کنند تا در فاصله خوانایی، تمام پیام تابلوها را – با توجه به محدودیت زمان خوانایی تابلوها – قرائت کنند، حداقل فاصله خوانایی می گویند.

در ایران برای بدست آوردن حداقل فاصله خوانایی تابلوها با توجه به تحقیقات مور و کریستی و همچنین برای فونت کاروان انجام شد ولی با توجه به اینکه تحقیقات صورت گرفته نیاز به بررسی بیشتر داشته و همچنین با توجه به اینکه مطابق بررسی های صورت گرفته، فونت مناسب برای تابلوهای راهنمای مسیر، فونت ابریشم می باشد، لذا در این مقاله، پس از مرور آیین نامه های مختلف در مورد محاسبه حداقل فاصله خوانایی، حداقل فاصله خوانایی جدید تابلوهای راهنمای مسیر در ایران با توجه به بروز رسانی برخی پارامترها نظیر (فونت ابریشم) معرفی گردیده است.

۲. مروری بر آیین نامه های داخلی و خارجی در مورد فاصله خوانایی

۲-۱ آیین نامه علائم راههای ایران (نشریه شماره ۳-۲٦۷ ، سال ۱۳۸٤)

به جهت تعیین رابطه بین اندازه حروف و میزان خوانایی در زمان تدوین آئین‌نامه علائم راههای ایران آزمایشی در تهران انجام گرفت. آزمایش در تهران به منظور اندازه گیری میزان خوانائی ۲۱ کلمه فارسی که تعدادی از آنها نامهای آشنای شهرهای بزرگ و بقیه کلمات غیر آشنا بودند با استفاده از ده "ناظر" بعمل آمده است. سه کلمه از کلمات فوق به زبان انگلیسی و بقیه به فارسی انتخاب سپس کلمات فوق الذکر در سه گروه که هر گروه نماینده ارتفاع معینی از حروف بودند تقسیم شدند. ارتفاع حروف آزمایش شده به ترتیب ۲۰ سانتیمتر، ۳۰ سانتیمتر ، ٤۰ سانتیمتر و ۵۰ سانتیمتر و نوع الفبای انتخاب شده یک نوع خط متداول جهت نوشتن در شهر تهران بود. برای حروف به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر از خط متداول دیگری و نیز از حروف الفبای انگلیسی آزمایش بعمل آمد. بدین ترتیب فاصله متوسط خوانائی برای کلیه "ناظرین" و همچنین متوسط خوانائی برای ارتفاع حروف (در گروههای سه کلمه ای) که از مقابل تمام ناظرین عبور داده شدند محاسبه گردید.

در این آیین‌نامه جهت تعیین فاصله دید (D) از نتایج تحقیقات مور و کریستی استفاده نموده است. طبق این تحقیق، فاصله دید از روی زمانی که راننده برای خواندن تابلو احتیاج دارد، تعیین می‌شود، به شرطی که چشم او بیش از ۱۰ درجه از خط مستقیم منحرف نشود. بدین ترتیب فاصله دید تابعی از تعداد کلمات و یا اعداد و اطلاعات روی تابلو، سرعت وسیله نقلیه و فاصله جانبی تابلو از محور می‌باشد. با توجه به نکات یاد شده، رابطه ۱ جهت تعیین فاصله دید در آیین‌نامه علایم کشور پیشنهاد گردید.

$$D = ۰/۲۸٤\ VT + ۵/۷S \qquad (۱)$$

که در آن:

V: سرعت عملکردی معبر بر حسب کیلومتر بر ساعت

T: زمان قرائت تابلو بر حسب ثانیه

S: فاصله جانبی تابلو از خط حرکت مستقیم وسیله نقلیه بر حسب متر

از آنجا که زبانهای فارسی و انگلیسی از دو ریشه متفاوت نشأت می‌گیرند برای علائم دو زبانه زمان قرائت بیشتری جهت حروف فارسی باید در نظر گرفته شود.

همچنین پارامتر T در رابطه ۱ از رابطه زیر (رابطه ۲) بدست می‌آید:

$$T = \frac{N}{3} + 2 \qquad (۲)$$

که در آن:

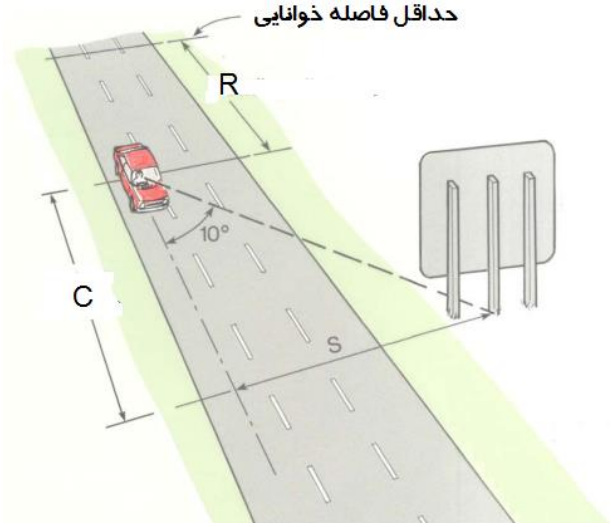
N: تعداد مقصدهای نوشته شده روی تابلو می‌باشد.

بعنوان مثال اگر ٤ مقصد روی تابلو نوشته شود، رابطه ۱ به صورت زیر تغییر می‌یابد:

$$D = ۰/۹٤٦\ V + ۵/۷S \qquad (۳)$$

۲-۲ آیین نامه کشور انگلستان

در آیین نامه Traffic Sign Manual (TSM) کشور انگلستان، حداقل فاصله خوانایی مطابق شکل ۱ و رابطه ٤ بیان شده است.



شکل ۱. حداقل فاصله خوانایی در آیین نامه TSM

$$D = R + C \qquad (٤)$$

D = حداقل فاصله خوانایی

R = فاصله قرائت تابلو

C = حداکثر فاصله از تابلو با توجه به محدودیت زاویه دید

در این آیین نامه حداکثر زاویه خوانایی تابلوها را ۱۰ درجه بیان می کند.

از اینرو رابطه مسافت حداکثر فاصله از تابلو که راننده مجاز است تابلو را قرائت کند در رابطه ۵ بیان می شود:

$$C = S \cdot \cot(10) = S \cdot 5.7 \qquad (۵)$$

S = فاصله میان مرکز باند راه تا مرکز تابلو

همچنین مسافت قرائت تابلو (R) هم مطابق رابطه زیر بیان می-شود:

$$R = \text{سرعت} \times \text{زمان قرائت} = V \cdot T \qquad (٦)$$

مطابق این آیین نامه ؛ اندازه‌گیری‌های انجام شده در آزمایشگاه نشان داده‌اند که اگر N تعداد کلمات در تابلوباشند، زمان لازم برای خواندن تمام کلمات و برگرداندن دید به مسیر، طبق رابطه ۷ است:

$$T = \frac{N}{3} + 2 \qquad (۷)$$

در این آیین نامه اشاره شده است که زمان قرائت تابلو (T)، حداکثر زمانی است که برای قرائت تابلو نیاز است. یعنی در این

زمان رفتار مرور چشمی رانندگان هم در نظر گرفته شده است و در این زمان راننده مجاز است دو بار به تابلو، نگاه کند.

در نهایت رابطه حداقل فاصله خوانایی بصورت رابطه ۸ بیان می گردد:

$$D = (\frac{N}{3} + 2)V+5.7S \quad (۸)$$

D = حداقل فاصله خوانایی (m)

N = تعداد کلمات بر روی تابلو

V = سرعت عملکردی معبر (km/h)

S = فاصله مرکز تابلو تا مرکز باند (m)

همانطوری که مشخص است رابطه ای که در آیین نامه نشریه شماره ۳-۲٦۷ سال ۱۳۸٤ منتشر شده با روابط فوق در این نامه انگلیس بسیار شبیه است و با توجه به اینکه ویژگی های فونت فارسی و انگلیسی متفاوت است ، شبیه بودن معادلات حداقل فاصله خوانایی در نشریه شماره ۳-۲٦۷ سال ۱۳۸٤ کمی قابل تامل است.

۲-۳ امارات متحده عربی (آیین نامه شهرداری ابوظبی - ۲۰۱٤)

در آیین نامه ابوظبی توانایی قرائت متن و نقوش را قابلیت خوانایی معرفی کرده و فاصله ای که راننده با توانایی چشمی ۱۰-۱۰ بتواند پیام تابلو را قرائت کند را فاصله خوانایی می‌نامد.

در این آیین نامه حداکثر زاویه دید برای تابلوهای بالاسری ۷ درجه و برای تابلوهای جانبی ۱۵ درجه معرفی شده است.

در نهایت با توجه به شکل های ۲ و ۳ روابط ۹ و ۱۰ را برای حداقل فاصله خوانایی تابلوهای راهنمای مسیر معرفی می کند.

برای حالتی که تابلوها بصورت جانبی نصب گردند:

$$X = 0.463V(0.32N - 0.21)D + 6.22S \quad (۹)$$

برای حالتی که تابلوها بصورت بالاسری نصب گردند:

$$X = 0.463V(0.32N - 0.21)D + 13.57h - 14.25 \quad (۱۰)$$

که در آن :

X = حداقل ارتفاع x بر روی تابلو

V = سرعت ۸۵٪ و یا سرعت عملکردی معبر برحسب km/h

N = مجموع واحدهای اطلاعات بر روی یک تابلو و گروهی از تابلوها که مطابق جدول زیر اندازه گیری می گردد:

جدول ۱. واحدهای اطلاعات بر روی تابلو بر حسب آیین نامه ابوظبی

نوع اطلاعات	عدد واحد
تعداد کلمات تا ۸ حرف	۱ واحد به ازای هر کلمه
تعداد کلمات بیشتر از ۸ حرف	۲ واحد به ازای هر کلمه
جهت نما (فلش) اختصاصی	۰,۲۵ واحد به ازای هر فلش
جهت نما (فلش) نقشه ای	۱ واحد
نقوش ، مسافت و ...	۰,۵ واحد به ازای هر کدام

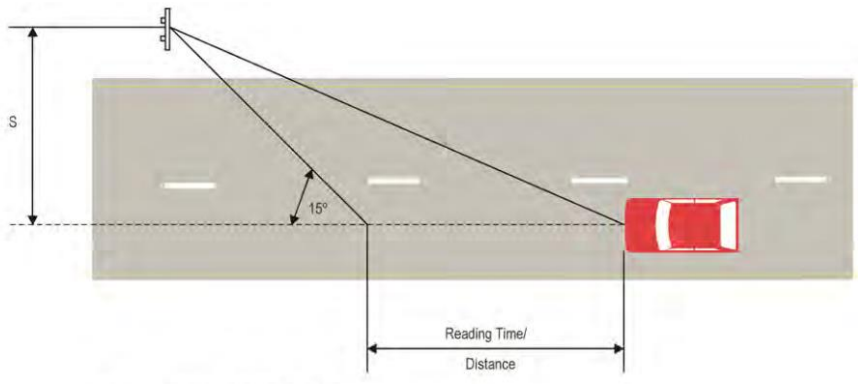
D = عبارت است از:

برای راههای روستایی و درجه پایین: ۱

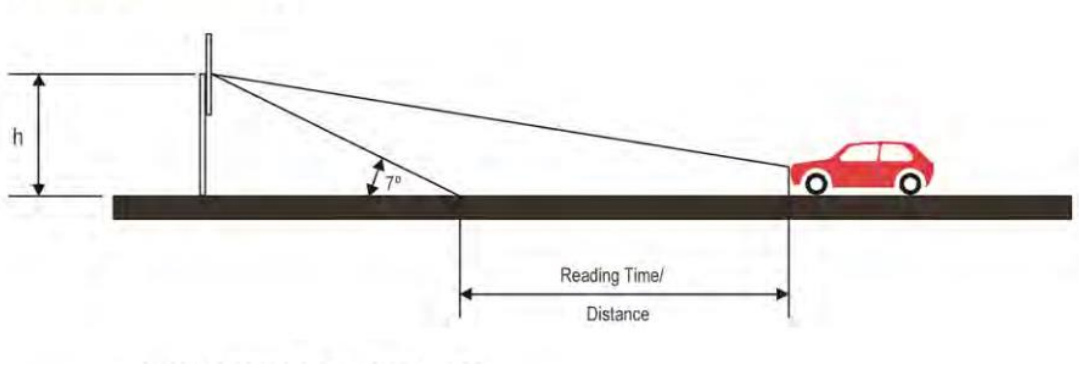
برای راههای شهری و درجه بالا: ۱,۵

S = فاصله جانبی از امتداد مرکز دید راننده تا مرکز تابلوی جانبی (بر حسب متر)

h = فاصله عمودی از سطح روسازی تا مرکز تابلوی بالاسری (بر حسب متر)



شکل ۲. حداقل فاصله خوانایی در حالت جانبی در آیین نامه ابوظبی



شکل ۳. حداقل فاصله خوانایی در حالت بالاسری در آیین نامه ابوظبی

۳. روش تحقیق

در این پژوهش برای محاسبه حداقل فاصله خوانایی تابلوهای راهنمای مسیر، آزمونی انجام گرفت. در این آزمون که یک رایانه به یک دستگاه ویدئو پروژکتور متصل بوده است از کاربران خواسته شده بود که در فاصله ای مشخص، از صفحه نمایش قرار بگیرند. فاصله قرارگیری داوطلبان از صفحه نمایش به جهت قرارگیری زاویه دید مناسب بوده[1] و بنابر ادعای تمامی کاربران، در این فاصله، وضوح رویت تابلو بسیار عالی و کاربران نسبت به تابلوها اشرافیت کامل داشتند.

برای انجام این پژوهش دو سری تابلو طراحی شده و دو آزمون برگزار شده است. آزمون اول مربوط به تابلوهای سری اول ، آزمون دوم مربوط به تابلوهای سری دوم بوده است.

در این آزمون، از داوطلبان خواسته شده بود تا پس از قرارگیری در جایگاه، تابلوهایی که در صفحه نمایش بصورت تصادفی رویت می شوند را با دقت مشاهده کرده و پس از قرائت کامل تمام نوشتار و نقوش و درک آنها، دکمه ی مخصوص صفحه کلید را بفشارند. حتی در تابلوهایی که عبارات انگلیسی در آنها بود هم از کاربران خواسته شده بود، –مطابق رانندگی یک فرد ایرانی(پارسی زبان) – توجهی به عبارات انگلیسی نکنند و فقط نوشتار پارسی و نقوش را قرائت کنند. برای انجام این آزمون که از نرم افزار DMDX استفاده شده، پس از فشردن دکمه صفحه کلید توسط داوطلب، نرم افزار زمان عکس العمل کاربر را بصورت خودکار و بصورت میلی ثانیه در سیستم ذخیره کرده و پس از حدود چند ثانیه، تابلوی بعدی در صفحه نمایش ظاهر شده است. این روند ادامه یافته تا در نهایت آزمون اول تمام شود. پس از کمی وقفه و استراحت، از کاربران خواسته شده بود در صورت آمادگی در آزمون دوم هم شرکت کنند. شرایط آزمون دوم همانند آزمون اول است و فقط در تابلوهای سری دوم و در طراحی تابلوها به جای واژه های بزرگراه و بلوار و ... از نقوش استاندارد جایگزین آنها استفاده شده است. آزمون اول حدود ٤,٥ دقیقه و آزمون دوم حدود ٤ دقیقه طول کشیده است.

شکل ٤. نحوه انجام آزمایش و شرایط محیط آزمایش

۳-۱ داوطلبان شرکت کننده

به منظور انجام این پژوهش ۷۵ نفر در هر آزمون شرکت داشتند که سعی شده در این افراد، از نمونه های مختلفی از لحاظ سنی، میزان تحصیلات ، تنوع شغلی و ... وجود داشته باشند. این افراد شامل دانشجویان، اساتید، کارمندان دانشگاه بوده و همچنین برای گستردگی نمونه ها از کارگران خدماتی دانشگاه هم خواسته شده بود تا در این آزمون شرکت داشته باشند. حداقل و حداکثر سن شرکت کنندگان به ترتیب ۱۹ و ۵۵ سال می باشد که از این تعداد ٦۰ نفر مرد و ۱۵ نفر زن با میانگین سنی ۲۹,۱ سال بودند. از شرایطی که داوطلبان برای انجام این آزمایش نیاز داشتند ، داشتن گواهینامه رانندگی بود. میانگین تجربه رانندگی داوطلبان ٦ سال می باشد. قدرت بینایی تمامی داوطلبان بدون عینک بصورت ۱۰-۱۰ بوده و داوطلبانی که با عینک رانندگی می کردند ، از آنها خواسته شده بود که با عینک رانندگی در این آزمون شرکت کنند. بنابراین تمامی داوطلبان، چه افرادی که بدون عینک بودند و چه افرادی که با عینک بودند، قدرت دید آنها بطور کامل تامین شده بود. همچنین تمامی داوطلبان ضمن آشنایی کامل با زبان پارسی ؛ در قرائت نوشتار پارسی مسلط بوده اند.

٤. بحث و بررسی

در این پژوهش، پس از مطالعه آیین نامه های مختلف ، آزمایشی به منظور تعیین مدل حداقل فاصله خوانایی تابلوهای راهنمای مسیر انجام پذیرفت. در این مقاله از نتایج پژوهش حسامی و همکاران در تعیین مدل زمان قرائت تابلو استفاده شده است. از آنجایی که در مدل حداقل فاصله خوانایی علاوه بر مدل زمان قرائت تابلو، نیاز به محاسبه پارامترهای دیگر نظیر مخروط دید و فرآیند خواندن تابلوها نیز می باشد، لذا در ادامه پس از معرفی دو عنصر مخروط دید و فرآیند خواندن تابلوها، مدل نهایی حداقل فاصله خوانایی معرفی می گردد.

٤-۱ مخروط دید

به بخشی از فضای روبروی انسان که بدون حرکت چشم دیده می شود، صحنه مقابل گفته می شود و مخروط دید مخروطی است فرضی، که راس آن چشم انسان و قاعده آن صحنه مقابل می باشد.

چشم انسان دارای میدان دید وسیعی می باشد . این میدان دید تقریبا ۵۵ درجه بالای افق، ۷۰ درجه زیر افق، ۹۰ درجه به سمت چپ و ۹۰ درجه به سمت راست است. اما فقط مساحت کوچکی از میدان دید دارای دید دقیق و صحیح می باشد. این مساحت دید دقیق شامل مخروطی است به شعاع ۲ الی ٤ درجه از نقطه مرکزی. یک میدان دید با وضوح کمتر هم در محیط خارجی میدان دید دقیق قرار دارد که به آن میدان دید محیطی می گویند. اگرچه در این میدان دید میزان دقت چشم کاهش می یابد، ولی در این میدان دید، اهداف بیشتری مورد توجه قرار خواهند گرفت. اهداف مورد نیاز که در میدان دید محیطی قابل شناسایی هستند، شامل عابرین پیاده، تابلوها و علائم و چراغهای راهنمایی می باشند. اهدافی در میدان دید محیطی بهتر تشخیص داده خواهند شد که نسبت به نقطه مرکزی دید، نزدیکتر باشند. از اینرو عمده اهدافی که در میدان دید محیطی مورد توجه قرار می گیرند ، در زوایای بین ۱۰ الی ۱۵ درجه از مرکز دید قرار می گیرند.

در این پژوهش، مطابق HSM[۲]، به عنوان یک مرجع معتبر بین المللی، حداکثر زاویه دید برای مشاهده تابلوها (۱۵ درجه) در نظر گرفته شده است.

از اینرو در ادامه روابط حداکثر فاصله وسیله نقلیه از تابلوها، بصورتی که راننده به راحتی بتواند تابلو را قرائت کند (با توجه به محدودیت زاویه دید)، با توجه به نوع نصب تابلوها بصورت زیر تعیین می گردند:

٤-۱-۱ نصب تابلو بصورت بالاسری

مطابق شکل ۵ رابطه زیر برای تعیین حداکثر فاصله خوانایی با حداکثر زاویه دید معرفی می گردد:

$$tan\,15 = \frac{B + (H - 1.08)}{A} \qquad (۱۱)$$

و یا به عبارتی:

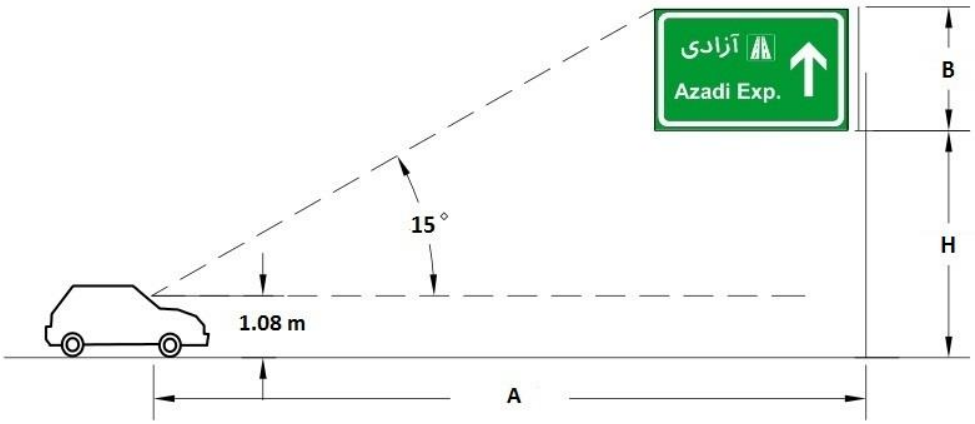
$$A = \frac{1}{\tan 15}(B + H - 1.08) = 3.73(B + H - 1.08) \quad (۱۲)$$

A = حداکثر فاصله وسیله نقلیه از تابلو با حداکثر زاویه دید (متر)

H = ارتفاع نصب تابلو که معمولا از روی آسفالت تا زیر تابلو محاسبه می شود و در حالت استاندارد ۵,۵ متر می‌باشد.

B = ارتفاع تابلو (متر)

همچنین مطابق آیین نامه طرح هندسی ایران (نشریه شماره ٤١٥) فاصله چشم راننده از سطح آسفالت ۱,۰۸ متر در نظر گرفته شده است.



شکل ۵. مشخصات پارامترها در تابلوهای بالاسری

٤-١-٢ نصب تابلو بصورت جانبی و در حاشیه راه

مطابق شکل ٦ رابطه زیر برای تعیین حداکثر فاصله خوانایی با حداکثر زاویه دید معرفی می گردد:

$$tan\,15 = \frac{W1 + W2 + W3}{A} \quad (۱۳)$$

و یا به عبارتی:

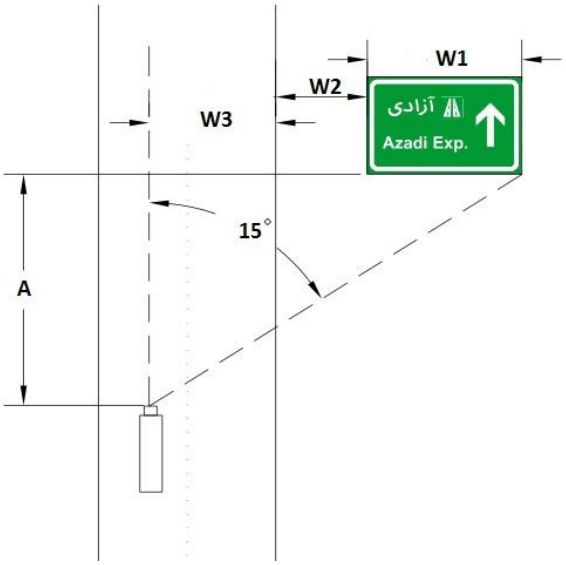
$$A = \frac{1}{\tan 15}(W1 + W2 + W3) = 3.73(W1 + W2 + W3) \quad (١٤)$$

A = حداکثر فاصله وسیله نقلیه از تابلو با حداکثر زاویه دید (متر)

W1 = عرض تابلو (متر)

W2 = فاصله لبه آسفالت تا کناره تابلو (متر)

W3 = فاصله امتداد خط دید راننده تا لبه آسفالت (متر)



شکل ٦. مشخصات پارامترها در تابلوهای جانبی

٤-٢ فرآیند خواندن تابلو

فرآیند پردازش یک تابلو در ذهن راننده شامل: مشاهده، رویت، تشخیص و خواندن است. مراحل پردازش تابلو در ذهن راننده به این صورت است که ابتدا تابلو باید در زاویه دید راننده باشد تا مرحله مشاهده انجام گیرد. پس از آنکه مرحله مشاهده انجام گرفت، مرحله رویت امکان پذیر می شود و در این مرحله است که راننده از وجود تابلو و اطلاعات روی آن مطلع می شود.

گام دیگری که باید در ذهن راننده صورت پذیرد تا بتواند بر اساس آنها در خصوص عکس العمل مناسب تصمیم گیری کند، مرحله تشخیص و خواندن تابلو و سپس پردازش آن در ذهن است. نتایج مطالعات نشان می دهد، اغلب رانندگان پس از رویت اولیه تابلو، به منظور تثبیت اطلاعات در مغز خود، نیاز به رویت مجدد دارند و در این راستا، حداقل یک بار به جاده نگاه می کنند تا موقعیت خود را در مسیر حرکت به نحو ایمن حفظ کنند.

در این راستا پژوهش هایی برای تعیین زمان رفتارهای چشمی رانندگان به منظور تعیین مدت زمان اولیه نگاه به تابلو، مدت زمان دید ثانویه و مدت زمان دید به جاده انجام شده است. هلموت[3] و همکارانش در پژوهشی که بر روی تابلوهای ترافیکی انجام دادند، زمان قرائت اولیه تابلو را ۰,٦۳ ثانیه، زمان قرائت ثانویه را ۰,۸۱ ثانیه و مدت زمان دید به جاده (RLD) را برابر ۰,۷٤ ثانیه تعیین کرده اند.

همچنین هلموت و همکارانش در ایالت متحده بر روی تابلوهای راهنمای مسیری که به صورت استاندارد طراحی شده بودند، بر روی زمان قرائت اولیه و زمان قرائت ثانویه (یا پایانی) آنها پژوهشی انجام دادند که در آن نشان دادند زمان قرائت اولیه برای دو تابلویی که آزمایش روی آنها صورت گرفت، بطور متوسط برای تابلوی اولی ۰,۷٤ ثانیه و برای تابلوی دومی ۰,٦٦ ثانیه بوده است. در ادامه اشاره شده است که زمان قرائت پایانی برای تابلوی اولی ۰,٦۸ ثانیه و برای تابلوی دومی ۰,٦۲ ثانیه بوده است.

از اینرو با توجه به مطالعات های پیشین در این پژوهش فرض می شود به طور میانگین به ازای هر ۰,۷ ثانیه یکبار قرائت تابلو، راننده برای تثبیت موقعیت خود به جاده نگاه می کند. همچنین مدت زمان دید به جاده (RLD[4]) هم برابر ۰,۷٤ ثانیه در نظر گرفته می شود.

جدول ۲. تعداد مشاهده به جاده بر حسب زمان درک و عکس العمل(T)

	تعداد نگاه به جاده (n)	RLD	D=n*RLD
$0.7 \leq T < 1.4$	۱	۰,۷٤	۰,۷٤
$1.4 \leq T < 2.1$	۲	۰,۷٤	۱,٤۸
$2.1 \leq T < 2.8$	۳	۰,۷٤	۲,۲۲

٤-۳ مدل نهایی

پس از انجام آزمایش و تحلیل و بررسی داده ها، مدل پیش بینی زمان قرائت تابلوها بصورت زیر معرفی می گردد:

$$T = 528.851 + 197.356W + 116.198S \quad (۱۵)$$

T = زمان خوانایی (ms)

W = تعداد کلمات فارسی نوشته شده بر روی تابلو

S = تعداد نقوش جایگزین کلمات بر روی تابلو

پس از معرفی مدل پیش بینی زمان قرائت تابلوها میبایست مدل اصلی این پژوهش که برای تعیین حداقل فاصله خوانایی بکار برده خواهد شد، معرفی گردد. به جهت معرفی مدل اصلی همانند بسیاری از مدل ها، نیازمند است فرضیاتی در نظر گرفته شود. از جمله فرضیاتی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته عبارت است از: سرعت وسایل نقلیه ای که وارد محدوده خوانایی شدند ثابت می باشد.

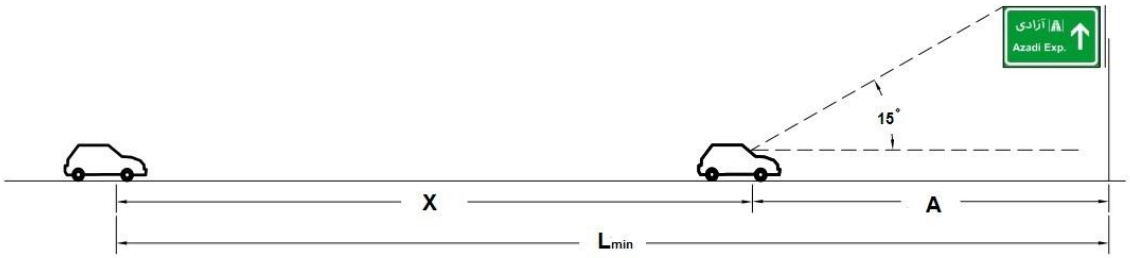
پس از در نظر گرفتن فرضیات، حداقل فاصله خوانایی L_{min} با توجه به شکل های ۷ و ۸، بصورت رابطه ۱٦ تعریف می شود. طبق تعریف، حداقل فاصله خوانایی، حداکثر فاصله از تابلو می‌باشد که در آن فاصله، راننده به راحتی و به وضوح می تواند تابلو را قرائت کند.

$$L_{min} = X + A \quad (۱٦)$$

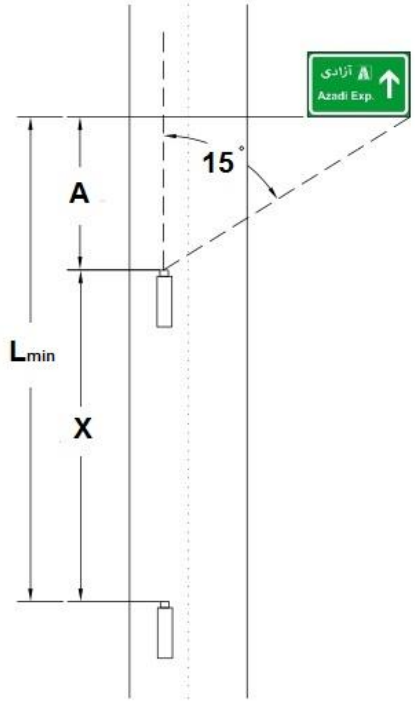
L_{min} = حداقل فاصله خوانایی(متر)

X = فاصله مستقیم حداقل فاصله خوانایی تا محل حداکثر زاویه دید (متر)

A = فاصله مستقیم محل حداکثر زاویه دید تا محل نصب تابلو (متر)



شکل ۷. مشخصات پارامترهای مدل کلی در تابلوهای بالاسری



شکل ۸ مشخصات پارامترهای مدل کلی در تابلوهای جانبی

با توجه به فرض در نظرگرفته (سرعت در محدوده خوانایی ثابت است) و طبق رابطه ساده فیزیکی X=VT و با در نظرگیری رابطه ۱۵ خواهیم داشت:

$$X = V * T \quad (۱۷)$$

$$X = V*(528.851+197.356W+116.198S) \quad (۱۸)$$

از اینرو با توجه به رابطه های ۱۶ و ۱۸ خواهیم داشت:

$$L_{\min} = V*(528.851+197.356W+116.198S)+A \quad (۱۹)$$

از طرفی با توجه به تعریف پارامتر A در دو حالت و همچنین با درنظرگیری رفتار چشمی در قرائت تابلو، رابطه نهایی در دو حالت زیر تعریف می شود:

الف : حداقل فاصله خوانایی برای تابلوهای بالاسری:

$$L_{\min} = V*(\frac{528.851+197.356W+116.198S}{1000}+D)+3.73(B+H-1.08) \quad (۲۰)$$

L_{min} = حداقل فاصله خوانایی (متر)

V = سرعت عملکردی و یا سرعت مجاز معبر (m/s)

W = تعداد کلمات پارسی روی تابلو

S = تعداد نقوش بجای کلمات بر روی تابلو

B = ارتفاع تابلو (متر)

H = ارتفاع نصب تابلو که معمولا از روی آسفالت تا زیر تابلو محاسبه می شود و در حالت استاندارد ۵,۵ متر می‌باشد.

D = مدت زمان متوسطی که راننده به جهت تسلط بر رانندگی در محدوده خوانایی به جلو نگاه می کند که از جدول ۲ بدست می آید.

ب: حداقل فاصله خوانایی برای تابلوهای جانبی:

$$L_{\min} = V*(\frac{528.851+197.356W+116.198S}{1000}+D)+3.73(W1+W2+W3) \quad (۲۱)$$

L_{min} = حداقل فاصله خوانایی

V = سرعت عملکردی و یا سرعت مجاز معبر (m/s)

W = تعداد کلمات پارسی روی تابلو

S = تعداد نقوش بجای کلمات بر روی تابلو

W1 = عرض تابلو

W2 = فاصله لبه آسفالت تا کناره تابلو

W3 = فاصله امتداد خط دید راننده تا لبه آسفالت

D = مدت زمان متوسطی که راننده به جهت تسلط بر رانندگی در محدوده خوانایی به جلو نگاه می کند که از جدول ۲ بدست می آید.

توجه شود که حداقل فاصله خوانایی (L_{min}) بدست آمده در روابط فوق فاصله مستقیم امتداد خط دید راننده تا محل نصب تابلو می باشد.

از این رو تابلویی که طراحی می شود ، میبایست اندازه نوشتار و نقوش مندرج بر روی آن بگونه ای باشد که در فاصله L_{min} به راحتی و به خوبی خوانده شود و یا به عباراتی خوانایی آن در فاصله L_{min} تامین شده باشد.

۵. جمع بندی و نتیجه گیری

تابلوهای راهنمای مسیر به عنوان یکی از مهمترین ابزارهای کنترل ترافیک، نقش بسیار مهمی را در راستای کنترل جریان ترافیک ایفا می کنند. چنانچه تابلوهای راهنمای مسیر با فرض داشتن قابلیت دید مناسب، طوری طراحی و نصب گردند که قابلیت خوانایی و قابلیت دید آنها در نظر گرفته نشود؛ نه تنها عملکرد مثبتی نخواهند داشت بلکه احتمالا دارای عملکرد مخربی هم خواهند بود. یکی از موارد مهم در طراحی تابلوهای راهنمای مسیر، محاسبه حداقل فاصله خوانایی تابلوها است که با دانستن این پارامتر می توان ارتفاع بلوک حروف کلمات را متناسب با سرعت طرح تعیین کرد. از این رو دانستن پارامتر حداقل فاصله خوانایی از ضروریات طراحی تابلوها می باشد. از آنجایی که ماهیت هر فونت از فونت دیگر متفاوت می باشد و از آنجایی که آزمایش صورت گرفته در ایران که در نشریه ۳-۲۶۷ سال ۱۳۸٤ تشریح شده است با فونت کاروان بوده و نیاز است پارامتر های دیگری نیز در این مدل تاثیرگذار باشند لذا در این پژوهش مطالعه جامع تری برای تعیین پارامتر حداقل فاصله خوانایی با فونت ابریشم صورت پذیرفت که می تواند این مدل به عنوان یک مدل جدید معرفی و جایگزین مدل سابق حداقل فاصله خوانایی در نشریه ۲٦۷ شود.

٦. پی‌نوشت‌ها

۱. زاویه دید مناسب برای قرائت تابلوها در شرایط رانندگی مطابق HSM ، مخروطی با زاویه ۱۵ درجه می باشد. به منظور انجام این آزمون ، کاربر در فاصله ای قرار گرفته است که هنگام قرائت تابلو ، این محدودیت زاویه دید رعایت گردد.

2. Highway Safety Manual
3. Helmut
4. Road Look Duration

۷. منابع

– اتقائی کردکلائی، محمد، "ارزیابی قابلیت خوانایی تابلوهای راهنمای مسیر"، (۱۳۹٤)، پایان نامه کارشناسی‌ارشد – دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل.

– نشریه شماره ۳-۲٦۷ آیین نامه ایمنی راهها (علائم ایمنی راه)، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸٤.

– شرکت مهندسین مشاور راهان پویش، گزارش "مقایسه میدانی عملکرد ۵ قلم پیشنهادی برای تابلوهای اطلاعاتی و تعیین قلم برتر"، تهران ۱۳۹۰.

– حسامی، سعید؛ صفارزاده، محمود؛ اتقائی، محمد، "ارائه مدل پیش بینی زمان قرائت تابلوهای راهنمای مسیر با محوریت تعداد کلمات و نقوش"، شانزدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران ۱۳۹۵.

– عظیمی تبریزی، مهدی، آیین نصب تابلوهای عمودی (کلیات) تهران: انتشارات عرف ایران.

– آیین نامه طرح هندسی راههای ایران (نشریه شماره ٤۱۵) – معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۹۱.

– سلیمانی کرمانی، م.، صفارزاده، م. ، نوروزی، الف.، "بررسی قابلیت خوانایی تابلوهای اطلاع رسانی جاده‌ها با روش مدلسازی"، فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک، ۱۳۸۷.

- Traffic Sign Manual (TSM) Chapter 7 - the design of traffic signs, Department of Transport, 2013.

- Traffic Control Devices Manual, Abu Dhabi City Municipality, 2014.

- AASHTO, The Highway Safety Manual (HSM), Washington D.C.: Association Of State Highway & Transportation Professionals, 2010.

- H. T. Zwahlen, "Traffic Sign Reading Distances and times during Night Driving," Transportation Research Record 1495, pp. 140-146, 1995.

- H. T. Zwahlen, A. Russ and T. Schnell, "Driver Eye Scanning Behavior While Viewing Ground-Mounted Diagrammatic Guide Signs before Entrance Ramps at Night," in 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board (TRB), 2003.