

مدل تعیین حداقل فاصله خوانایی تابلوهای راهنمای مسیر مبتنی بر حجم

اطلاعات مندرج بر روی تابلو

سعید حسامی، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران
محمود صفارزاده، استاد، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
امین میرزا بروجردیان، استادیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
محمد اتقائی*، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: atghaei@hotmail.com

دریافت: ۹۶/۰۹/۰۸ - پذیرش: ۹۷/۰۱/۱۸

صفحه ۱۲۹-۱۴۷

چکیده

با افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش تقاضای حمل و نقل، شبکه راههای کشور گسترش یافته و این عامل سبب شد تا نیاز رانندگان به تجهیزات راهنمایی و رانندگی در سطح راهها به دلیل افزایش ایمنی آنها بیشتر احساس شود. یکی از مهمترین تجهیزات مربوط به ایمنی راهها، تابلوهای راهنمای مسیر می باشند. در همین راستا، در این پژوهش، به منظور تعیین رابطه حداقل فاصله خوانایی مرتبط با حجم اطلاعات مندرج در تابلو، پس از طراحی دو سری از تابلوهای راهنمای مسیر که سری اول شامل تابلوهای دارای نوشتار پارسی و سری دوم شامل تابلوهای دارای نقوش و نوشتار پارسی بودند، با استفاده از نرم افزار DMDX و با در نظرگیری شرایط مناسب، زمان درک و عکس العمل قرائت تابلوها توسط کاربران ثبت شد. پس از بررسی داده‌ها، مدل رگرسیون مبتنی بر تعداد کلمات روی تابلو و تعداد نقوش بجای کلمات روی تابلو، به عنوان متغیرهای مستقل و زمان درک و عکس العمل به عنوان متغیر وابسته، ساخته شده است. در نهایت با توجه به محدودیت‌های زاویه دید و عوامل موثر بر آن و همچنین خواص مرور چشمی، مدل نهایی حداقل فاصله خوانایی تابلوهای راهنمای مسیر که مبتنی بر حجم اطلاعات مندرج بر روی آن می باشد، ارائه گردیده است.

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

۱-مقدمه

اطراف آن مسیر آشنایی ندارند (یانگ و همکاران، ۲۰۱۲). تابلوهای راهنمای مسیر برای اینکه رسالت خود را به بهترین نحو به انجام دهند، میبایست طوری طراحی و نصب گردند که رانندگان - به عنوان کاربران راهها- در مدت زمان محدود خوانایی، پیام تابلو را به خوبی دریافت کنند. برای همین میبایست در طراحی و نصب آنها دو عنصر قابلیت خوانایی و قابلیت دید به خوبی تامین شده باشد (اتقائی

تحقیقات بر روی تابلوهای راهنمای مسیر همواره به عنوان یک موضوع کلیدی و اصلی در رشته مهندسی ترافیک مطرح بوده است. تابلوهای راهنمای مسیر، اطلاعات مربوط به راهها از قبیل جهت، نام مسیر، نام مکان، فاصله و ... را به کاربران راهها ارائه می‌دهند. نقش این تابلوها در راستای مدیریت جریان ترافیک و در راستای هدایت مسافران بسیار مهم است؛ علی‌الخصوص برای رانندگانی که با محیط

کردکلائی، ۱۳۹۴). قابلیت دید هر تابلو به ابعاد و محل نصب تابلوها بستگی دارد (عظیمی تبریزی، ۱۳۸۵). از اینرو باید تابلو طوری ساخته و نصب گردد تا در تمام مدت شب و روز دارای قابلیت دید بالایی باشد (آیین نامه MUTCD، ۲۰۰۹). ولی در قابلیت خوانایی مسائل مربوط به طراحی تابلوها نظیر نوع فونت نوشتار، اندازه فونت، تضاد ترکیب رنگ نوشتار و پس زمینه و میزان حجم اطلاعات بر روی تابلوها به جهت درک سریعتر رانندگان بستگی دارد (عظیمی تبریزی، ۱۳۸۵ و آیین نامه MUTCD، ۲۰۰۹) در واقع قابلیت خوانایی نقطه پایانی روندی است که راننده برای فهم تابلو ترافیکی با آن روبه رو می شود (فتحیان، ۱۳۸۷). همانطوری که اشاره شد، در طراحی علائم راهها، مهمترین فاکتوری که باید در نظر گرفته شود قابلیت خوانایی و به تبع آن فاصله خوانایی می باشد. قابلیت خوانایی علائم در چندین حالت می تواند تعریف شود (ساکول و همکاران، ۲۰۰۳):

الف: خوانایی در حالت ایستگاهی: برای هر تابلو و بینندگان آن در شرایطی ایستگاهی و ثابت، قابلیت خوانایی آن تعریف می شود.

ب: خوانایی در حالت حرکت: به ظرفیتی از ابزارهای کنترل ترافیک از جمله تابلوها اشاره می شود تا راننده وسیله نقلیه پیام تابلوها را در مدت زمانی محدود خوانایی بطور شفاف و واضح قرائت کند و آنرا تحلیل و ارزیابی کند.

تقریباً ۹۰ درصد اطلاعاتی که مورد نیاز برای راننده است، از طریق مشاهده بدست می آید، بنابراین ضروری است که اطلاعاتی که در راهها نمایش داده می شوند، در جایی قرار گیرند که متغیرهای مربوط به ظرفیت بینایی - که راننده بتواند پیام را بخوبی مشاهده و درک کند و به موقع پاسخ دهد - به طور مناسب رعایت شده باشد (آیین نامه HSM، ۲۰۱۰)

همچنین تابلوها باید به گونه ای طراحی شوند تا کاربران بتوانند در مدت زمان محدود مشاهده و قرائت، بر کل پیامهای تابلو اشرافیت کامل داشته باشد و حداکثر پیام تابلو را به راحتی و بهترین نحو دریافت کنند. با توجه به اینکه میزان حجم اطلاعات بر روی تابلوهای راهنمای مسیر از بین کل تابلوهای ترافیکی بیشتر است، (یانگ و همکاران، ۲۰۱۲) میبایست در مورد محدودیت حجم اطلاعات روی تابلوها و مدت زمان خوانایی کاربران در محدوده خوانایی هم پژوهش هایی صورت گیرد تا رانندگان در مدت زمان محدود خوانایی، پیام تابلوها را به بهترین نحو دریافت کنند. برای همین منظور در دنیا تلاشهایی صورت گرفت که ضمن رعایت مسائل ایمنی، بر یکسان سازی و استانداردسازی برخی اصول تاکید شده بود. یکی از مهمترین این موارد مفاد کنوانسیون ۱۹۶۸ وین است که کشور ایران هم یکی از امضا کنندگان این کنوانسیون می باشد (کنوانسیون وین، ۱۹۶۸). از مهمترین موارد استانداردسازی مربوط به علائم؛ استانداردسازی رنگها و استاندارد سازی نقوشی است که بجای کلمات بر روی تابلوها درج می شود (پانیاتی، ۱۹۸۸)، چرا که نقوش می توانند به عنوان یک پیام ارتباط خوبی با رانندگان (چه داخلی و چه خارجی)، برقرار کند (حسامی و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین در آیین نامه های طراحی تابلوهای راهنمای مسیر کشورهای مختلف (حتی کشورهای عضو کنوانسیون ۱۹۶۸) هم یکسری اختلافات دیده می شود (شینار و همکاران، ۲۰۱۳) که یکی از این موارد درج نوع فونت، اندازه فونت و حجم اطلاعات مندرج بر روی تابلوها می باشند که با توجه به زبانهای رسمی کشورهای مختلف؛ زبانهای مندرج و به تبع آن نوع فونت و اندازه و میزان حجم اطلاعات مندرج بر روی تابلوها هم متفاوت می باشند.



شکل ۱. نقوش استاندارد که بجای کلمات بکار می روند

طبق آخرین پژوهش‌های صورت گرفته در کشورمان، از میان ۵ فونت برتر که در طراحی تابلوها گاه‌ا استفاده می‌شود، فونت ابریشم نسبت به فونت‌های دیگر از نظر خوانایی به عنوان فونت برتر شناخته شده است (مهندسیین مشاور راهان پویش، ۱۳۹۰) از طرفی در آخرین نسخه نشریه شماره ۲۶۷ تحت عنوان ایمنی راهها، تمامی تابلوها با این فونت طراحی شده و حداقل فاصله خوانایی آنها هم مشخص شده است (نشریه شماره ۲۶۷، ۱۳۹۳) ولی با این وجود در مورد میزان حجم اطلاعات بر روی تابلوها و رابطه آن با فاصله خوانایی، اطلاعات مناسبی درج نشده است که برای رسیدن به این مهم میبایست زمان درک و عکس‌العمل قرائت تابلوها بررسی گردد. پژوهش‌هایی در مورد زمان درک و عکس‌العمل تابلوهای راهنمای مسیر در حالت دینامیکی و استاتیکی صورت پذیرفته است.

یانگ و همکارانشان مطالعاتی در مورد زمان درک و عکس‌العمل قرائت تابلوهای راهنمای مسیری که شامل ترکیبات مختلفی از زبان‌های خارجی بر روی آن بود، در شرایط آزمایشگاهی استاتیکی و با استفاده از ۶۷ داوطلب انجام دادند. آنها پس از طراحی تابلوهای راهنمای مسیری که در آنها ترکیبات مختلفی از زبانهای خارجی هم درج شده بود، نسبت به ثبت زمان درک و عکس‌العمل قرائت تابلوها توسط سیستم DMDX، اقدام کردند. در نهایت به این نتیجه رسیدند که چنانچه در طراحی تابلوهای راهنمای مسیر در کشور چین، به غیر از زبان اصلی (چینی)، زبان دیگری مانند انگلیسی هم در آنها درج شده باشد، در زمان عکس‌العمل کاربران هنگام قرائت تابلوها تاثیر زیادی ندارد. همچنین چنانچه در طراحی تابلوها به غیر از زبان اصلی (چینی) و زبان دوم، زبان سوم هم در ترکیب طراحی تابلوها قرار گیرد، در قابلیت خوانایی تابلوها تاثیر گذار بوده و زمان عکس‌العمل قرائت تابلوها به مقدار محسوس افزایش می‌یابد (یانگ، ۲۰۱۲).

فو و همکارانشان مطالعاتی بر روی حجم اطلاعات تابلوهای راهنمای مسیر انجام دادند. آنها پس از معرفی فرمولی بر مبنای حجم اطلاعات بر روی تابلوها، نسبت به طراحی تابلوها اقدام کردند. در این پژوهش از کاربران خواسته شده بود تا هدف مورد نظر را در تابلوها پیدا کنند. برای انجام این مطالعه که در شرایط شبیه سازی استاتیکی و با استفاده از ۱۲ نفر صورت پذیرفت، در نهایت به این نتیجه رسیدند که در تابلوهایی که حجم اطلاعات مندرج بروی آنها بیشتر باشد، یافتن یک هدف مشخص بر روی تابلوها زمان بیشتری صرف می‌کند (فو و همکاران، ۲۰۱۳).

متز و کروگر در سال ۲۰۱۴ پژوهشی را بر روی تابلوهای راهنمای مسیر مربوط مجتمع‌های خدماتی رفاهی در بزرگراههای آلمان انجام دادند. آنها در این پژوهش با استفاده از دستگاه شبیه ساز رانندگی، که با استفاده از ۳۰ داوطلب انجام پذیرفت، تاثیر نقوش اضافی (تبلیغاتی) - که در طراحی تابلوهای راهنمای مسیر مربوط به مجتمع‌های خدماتی، رفاهی آلمان مجاز می‌باشد، را مورد بررسی قرار دادند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که نقوش اضافی تاثیر قابل توجهی بر روی زمان درک و عکس‌العمل قرائت تابلوها ندارند (متز و کروگر، ۲۰۱۴).

از این رو در این پژوهش پس از بررسی زمان درک و عکس‌العمل تابلوهای راهنمای مسیر مختلف، نسبت به ساخت مدل حداقل فاصله خوانایی تابلوهای هدایت مسیر اقدام می‌گردد.

۲- روش مطالعه

۲-۱- طراحی علائم و روش آزمون

برای انجام این آزمون دو سری تابلو طراحی شده است. سری اول شامل ۲۸ تابلوی راهنمای مسیر می‌باشد که در طراحی آنها فقط نوشتار پارسی وجود دارد و هیچ گونه

می‌کنند. تمامی تابلوها توسط نرم افزار Corel Draw 16 و بر مبنای اصول آیین نامه ای طراحی گشته و ابعاد معیارهای طراحی نظیر اندازه فونت، اندازه نقوش، اندازه ضخامت کادر، اندازه و نوع جهت نما (فلش)، ترکیب تضاد رنگ بین پس زمینه تابلوها با اطلاعات مندرج بر روی آنها (با ترکیب رنگ سبز و سفید) در تمامی تابلوها ثابت در نظر گرفته شده است. مقیاس کلی تابلوهای طراحی شده برای نمایش در محل آزمون هم برای کلیه تابلوها ثابت بوده است. همچنین کلمات بکار برده شده برای معرفی معابر بر روی تابلوها هم طوری انتخاب شده بودند که برای تمامی داوطلبان آشنا بوده باشد. در این آزمون سیستم به دستگاه ویدئو پروژکتور متصل بوده و مطابق شکل ۴ کاربران در فاصله‌ی ۴.۴۵ متری از صفحه نمایش قرار گرفته بودند. فاصله قرارگیری داوطلبان از صفحه نمایش به جهت قرارگیری زاویه دید مطلوب بوده و بنا بر ادعای تمامی کاربران، در این فاصله وضوح رویت تابلو بسیار عالی و کاربران نسبت به تابلوها اشرافیت کامل داشتند.

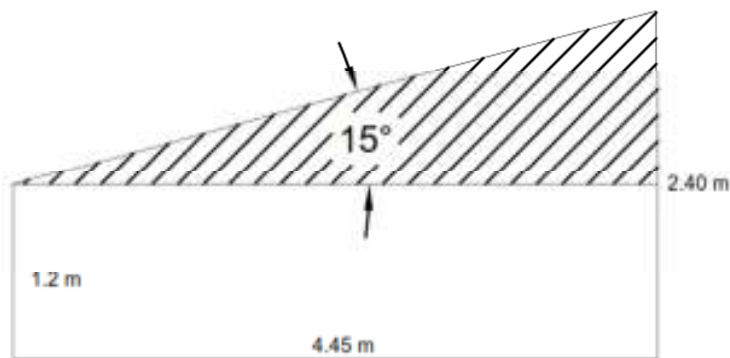
نوشتار انگلیسی (به عنوان زبان خارجی) و نقوش بجای کلمات وجود ندارد و نمونه‌ای از این نوع تابلوها در شکل شماره ۲ نمایش داده شده است. سری دوم شامل ۲۱ تابلوی راهنمای مسیر می باشد که ویژگی‌های عمومی این تابلوها همانند تابلوهای سری اول می‌باشد و تنها تفاوت آنها با تابلوهای سری اول این است که به جای عبارات بزرگراه، بلوار و غیره، از نقوش استاندارد جایگزین آنها استفاده شده است و نمونه‌ای از این نوع تابلوها هم در شکل شماره ۳ نمایش داده شده است. در تابلوهای سری اول فقط تعداد کلمات روی تابلو به عنوان متغیر معرفی شده است و نحوه طراحی تابلوها به گونه‌ای است که تعداد کلمات در تابلوها به ترتیب از یک معبر - یک کلمه تا چهار معبر - دوازده کلمه افزایش پیدا می‌کنند. در تابلوهای سری دوم هم علاوه بر تعداد کلمات بر روی تابلوها، تعداد نقوش بجای کلمات هم به عنوان متغیر در نظر گرفته شده است و نحوه طراحی آنها به گونه‌ای است که از یک معبر - یک نقش - یک کلمه تا چهار معبر - چهار نقش - نه کلمه افزایش پیدا



شکل ۲. نمونه‌ای از تابلوهای طراحی شده سری اول



شکل ۳. نمونه ای از تابلوهای طراحی شده سری دوم



شکل ۴. نمای شماتیکی از فاصله داوطلبان از تابلو با توجه به نمایش یک تابلو با حداکثر ارتفاع

تابلوها به جای واژه های بزرگراه و بلوار و ... از نقوش استاندارد جایگزین آنها استفاده شده است. آزمون اول حدود ۴.۵ دقیقه و آزمون دوم حدود ۴ دقیقه طول کشیده است. لازم به اشاره است برای اینکه از یادگیری داوطلبان از روند آزمون اطمینان حاصل شود، پس از مرحله توضیحات به داوطلبان و قبل از انجام آزمون اصلی، تمامی داوطلبان در یک آزمون آموزشی کوتاه با همین سیستم و با چهار تابلو شرکت کرده‌اند و پس از کسب اطمینان از فراگیری کامل قوانین آزمون، به آنها اجازه داده شد در آزمون اصلی شرکت کنند.

۲-۲- داوطلبان شرکت کننده

در این پژوهش ۷۵ نفر شرکت داشتند که سعی شد این افراد از نمونه‌های مختلفی از لحاظ سنی، میزان تحصیلات، تنوع شغلی و غیره وجود داشته باشند. این افراد شامل دانشجویان، اساتید، کارمندان دانشگاه بوده و همچنین برای گسترده‌گی نمونه‌ها 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 ۶۰ 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 ۶ سال می‌باشد. قدرت بینایی تمامی داوطلبان بدون عینک بصورت ۱۰-۱۰ بوده و داوطلبانی که با عینک رانندگی می‌کردند، از آنها خواسته شده بود که با عینک رانندگی در این آزمون شرکت کنند. پس بنابراین

در این آزمون سیستم به دستگاه ویدئو پروژکتور متصل بوده و مطابق شکل ۴ کاربران در فاصله‌ی ۴.۴۵ متری از صفحه نمایش قرار گرفته بودند. فاصله قرارگیری داوطلبان از صفحه نمایش به جهت قرارگیری زاویه دید مطلوب بوده 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 که دو سری تابلو طراحی شده بود، دو آزمون برگزار شده است. آزمون اول مربوط به تابلوهای سری اول، آزمون دوم مربوط به تابلوهای سری دوم بوده است. در این آزمون شبیه‌سازی، از داوطلبان خواسته شده بود، تا پس از قرارگیری در جایگاه، تابلوهایی که در صفحه نمایش بصورت تصادفی رویت می‌شود را با دقت مشاهده کرده، و پس از قرائت کامل تمام نوشتار و نقوش و درک آنها، دکمه‌ی مخصوص صفحه کلید را بفشارند. برای انجام این آزمون که از نرم افزار DMDX استفاده شده، پس از فشردن دکمه صفحه کلید، نرم افزار زمان عکس العمل کاربر را بصورت خودکار و بصورت میلی ثانیه در سیستم ذخیره می‌کند و پس از حدود چند ثانیه، تابلوی بعدی در صفحه نمایش ظاهر می‌شود. این روند ادامه می‌یابد تا 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 همانطوری که اشاره شده است، در طراحی

پارسی؛ در قرائت نوشتار پارسی مسلط بوده‌اند. (زبانی که نوشتار بر روی تابلوها با آن نوشته شده‌اند).

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



شکل ۵. شرایط و نحوه انجام آزمون

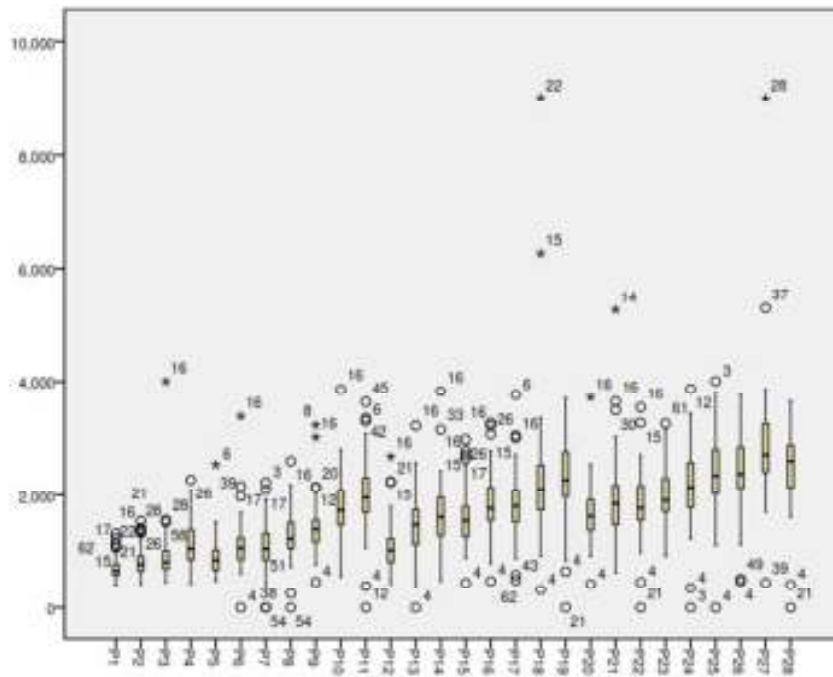
حذف اعداد پرت و غیر منطقی اقدام شده است (شکل ۶ و ۷). داده‌های پرت اغلب سه یا بیشتر از سه واحد انحراف معیار از میانگین مربوط به خودشان دارند. حضور داده‌های پرت می‌تواند نتایج تحلیل را به گونه ای نامطلوب تحت تاثیر قرار دهد و تحریف کند. از این رو بنابر نظر متخصصان آمار، داده‌های پرت قبل از تحلیل داده‌ها باید حذف شوند (نیرومند، ۱۳۸۴). پس از حذف داده‌های پرت، میبایست جهت نرمال بودن داده‌ها اطمینان کسب کرد. آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوفو شاپیرو-ویلک آزمون‌هایی هستند که برای تشخیص نرمال بودن داده‌ها از آنها استفاده شده است. از اینرو در جداول ۱ و ۲ نتایج حاصل از آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو-ویلک به جهت بررسی نرمال بودن داده‌های آزمون اول و آزمون دوم به عنوان خروجی نرم افزار SPSS نمایش داده شده است. معمولاً چنانچه سطح معنی‌داری در این دو آزمون که در جدول‌های ۱ و ۲ با Sig. نمایش داده شده، بیشتر از ۵ درصد باشد، می‌توان داده‌ها را با اطمینان بالایی نرمال فرض کرد (مومنی و فعال قیومی، ۱۳۹۱). با توجه به جداول ۱ و ۲ و با توجه به اینکه مقادیر سطح معناداری Sig. در هر دو آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو-ویلک، بیشتر از ۵ درصد است، پس با اطمینان می‌توان داده‌ها را به عنوان داده‌های نرمال در نظر گرفت.

۳- تحلیل آماری

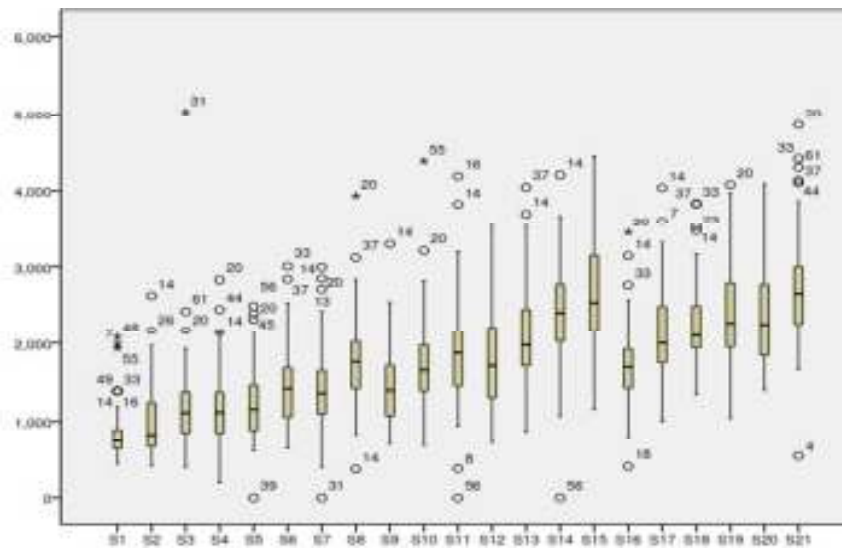
برای انجام تحلیل‌های آماری پژوهش و به جهت ساخت مدل و اعتبارسنجی مدل، داده‌های آماری را به دو قسمت تقسیم شده است. برای معتبرسازی مدل، یک چهارم تا یک پنجم تعداد نمونه‌ها برای کالیبره کردن مدل کافی و مناسب است به این ترتیب داده‌ها را بصورت تصادفی به دو دسته ۶۲ تایی برای ایجاد مدل و ۱۳ تایی برای اعتبارسنجی مدل تقسیم شده‌اند.

۳-۱- بررسی داده‌ها

با توجه به اینکه در آزمون اول و دوم به ترتیب ۲۸ و ۲۱ تابلو بصورت تصادفی نمایش داده شده است، بنابراین پیش بینی شده است که به علت یکنواختی شرایط آزمون، امکان دارد کاربران در به ثبت رساندن زمان درک و عکس‌العمل برخی تابلوها از دقت و تمرکز کافی برخوردار نبوده باشند. پس از بررسی اجمالی بر روی داده‌ها در بانک اطلاعاتی مشاهده شد که در برخی از ردیف‌های زمان عکس‌العمل یک تابلو - که زمان درک و عکس‌العمل رانندگان در یک بازه منطقی قرار دارند - در برخی از فیله‌های یک ردیف اعدادی غیر منطقی و به صورت بیش از حد زیاد و یا بیش از حد کم موجود است که پیش بینی شده این داده‌ها، داده‌های پرت باشند. از اینرو با استفاده از روش ترسیم نمودار جعبه‌ای برای داده‌های هر دو آزمون، توسط نرم‌افزار SPSS، داده‌های پرت و غیرمنطقی شناسایی شدند و سپس نسبت به



شکل ۶. نمودار جعبه‌ای برای تعیین داده‌های پرت آزمون اول



شکل ۷. نمودار جعبه‌ای برای تعیین داده‌های پرت آزمون دوم

جدول ۱. نتایج آزمون های تشخیص نرمال بودن داده‌ها برای آزمون اول

شماره تابلو	کولموگروف - اسمیرنوف	شاپیرو - ویلک
	Sig.	Sig.
1	0.200	0.788
2	0.200	0.403
3	0.200	0.375
4	0.200	0.075
5	0.068	0.065
6	0.200	0.600
7	0.200	0.058
8	0.200	0.314
9	0.200	0.963
10	0.200	0.286
11	0.174	0.129
12	0.178	0.413
13	0.200	0.446
14	0.200	0.405
15	0.200	0.680
16	0.200	0.142
17	0.194	0.537
18	0.200	0.863
19	0.080	0.068
20	0.184	0.053
21	0.200	0.304
22	0.200	0.861
23	0.200	0.921
24	0.052	0.105
25	0.200	0.348
26	0.200	0.674
27	0.200	0.480
28	0.200	0.228

جدول ۲. نتایج آزمون های تشخیص نرمال بودن داده‌ها برای آزمون دوم

شناسه تابلو	کولموگروف - اسمیرنوف	شاپیرو - ویلک
	Sig.	Sig.
۱	0.132	0.282
۲	0.121	0.085
۳	0.200	0.189
۴	0.125	0.086
۵	0.200	0.059
۶	0.200	0.055
۷	0.200	0.617
۸	0.200	0.534
۹	0.200	0.216
۱۰	0.200	0.747

0.442	0.200	۱۱
0.05	0.064	۱۲
0.350	0.200	۱۳
0.656	0.200	۱۴
0.064	0.051	۱۵
0.905	0.200	۱۶
0.436	0.200	۱۷
0.594	0.200	۱۸
0.107	0.145	۱۹
0.262	0.200	۲۰
0.461	0.200	۲۱

پس از مرحله بررسی داده‌ها، به منظور ادامه فرآیند تحلیلی آماری از میانگین کلی زمان درک و عکس العمل استفاده شده است.

- توزیع خطاها باید دارای توزیع نرمال باشد.
- بین متغیرهای مستقل همبستگی وجود نداشته باشد (دارای همخطی نباشند).

از اینرو به منظور ساخت مدل، شروط فوق مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

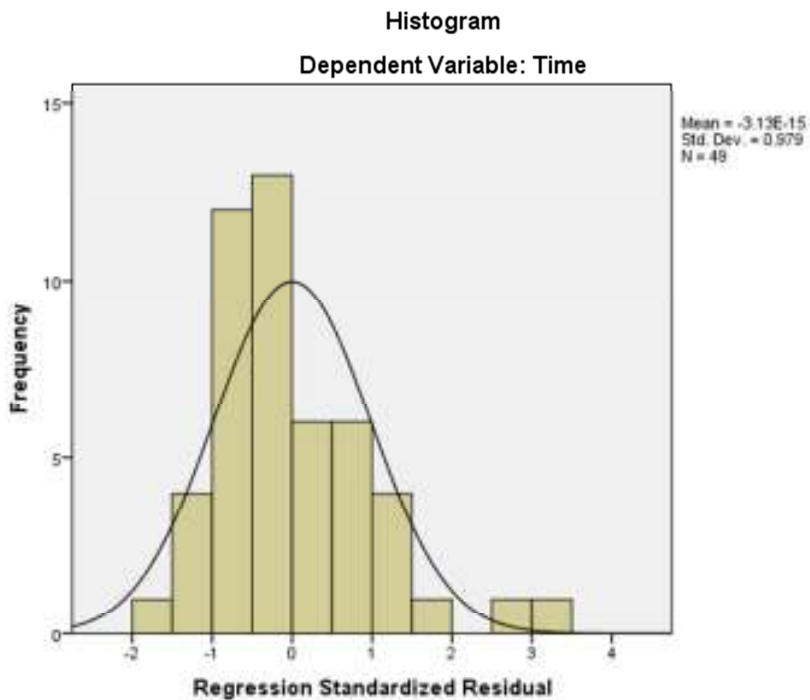
شکل ۸ نتیجه آزمون نرمال بودن خطاها را نشان می‌دهد. همانطوری که مشخص است نمودار توزیع فراوانی خطاها، تقریباً نرمال است، پس بنابر این شرط نرمال بودن توزیع خطاها، برقرار می‌باشد.

همچنین به منظور بررسی میزان اثرگذاری متغیرهای مستقل و وابسته در ساخت مدل، ماتریس همبستگی بین متغیرهای مدل به عنوان نتیجه آزمون همبستگی پیرسون تشکیل شده است.

۳-۲- مدل‌سازی

با توجه به هدف نهایی پردازش داده‌ها که ساخت مدلی آماری می‌باشد، لازم است متغیرهای مستقل و وابسته به جهت بررسی میزان اثر آنها به نرم‌افزار SPSS معرفی گردند. از این رو متغیرهای تعداد کلمات بر روی تابلوها و تعداد نقوش بجای کلمات بر روی تابلوها به عنوان متغیر مستقل و زمان درک و عکس العمل قرائت آنها هم به عنوان متغیر وابسته معرفی شدند.

برای ساخت مدل رگرسیون خطی میبایست برخی شروط رعایت شوند که آنها عبارتند از:



شکل ۸. نمودار توزیع فراوانی خطاها

جدول ۳. ماتریس همبستگی بین متغیرهای مدل (آزمون همبستگی پیرسون)

زمان درک و عکس العمل	تعداد نقوش بجای کلمات بر روی تابلو	تعداد کلمات (نوشتار) روی تابلو	
		۱	تعداد کلمات (نوشتار) روی تابلو
	۱	0.007	تعداد نقوش بجای کلمات بر روی تابلو
۱	0.315	0.924	زمان درک و عکس العمل

۲۰ استفاده شده است. پس از دریافت اطلاعات زمان درک و عکس‌العمل تابلوهای مختلف، و سپس میانگین گیری از آنها، جدول اطلاعاتی آنها به نرم‌افزار SPSS معرفی شد. در آنالیز انجام شده توسط این نرم‌افزار سطح اطمینان ۹۵٪ برای در نظر گرفتن متغیرها در مدل ملاک عمل قرار گرفته است. به این ترتیب در هر گام متغیرهایی که خطای آنها از ۵٪ بیشتر باشند، از مدل حذف می‌شوند و مدل در گام بعدی با متغیرهای باقیمانده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

همانطوری که در جدول ۳ مشخص است، متغیرهای تعداد کلمات روی تابلو و تعداد نقوش بجای کلمات بر روی تابلو که به عنوان متغیر مستقل معرفی شده‌اند، دارای میزان همبستگی کمی نسبت به هم هستند، که این میزان برای ساخت مدل قابل قبول است. متغیر زمان درک و عکس‌العمل هم با متغیرهای مستقل دارای میزان همبستگی نسبتاً بالایی هستند که این مورد هم برای ساخت مدل مورد تایید است (مومنی و فعال قیومی، ۱۳۹۱). به منظور ساخت مدل، از نرم‌افزار SPSS نسخه

جدول ۴. نتایج برازش مدل رگرسیون خطی

متغیر	ضریب برآورد شده	t آماره	p-value
ثابت	۵۲۸۸۵۱	۱۱.۴۴۵	۰.۰۰۰
تعداد کلمات (نوشتار) روی تابلو (W)	۱۹۷.۳۵۶	۲۸.۰۱۵	۰.۰۰۰
تعداد نقوش بجای کلمات بر روی تابلو (S)	۱۱۶.۱۹۸	۹.۳۹۵	۰.۰۰۰

R Square = 0.950

بالای R^2 ، نشان می دهد که مدل تشکیل شده، مدل مناسبی می باشد (مومنی، ۱۳۹۱). بنابراین مدل نهایی پژوهش بصورت رابطه شماره ۱ بیان می شود:

$$T = 528.851 + 197.356W + 116.198S$$

جدول ۴ نتایج برازش مدل رگرسیون خطی را به داده ها نشان می دهد. p -مقدار برای هر متغیر نشان دهنده معنی دار بودن ضرائب تخمینی متغیرها در سطح اطمینان ۹۵ درصد است. از طرفی با توجه به مقدار قابل توجه و نسبتاً

(۱)

که در آن:

T = زمان قرائت تابلو،

W = تعداد کلمات (نوشتار) روی تابلو و

S = تعداد نقوش بجای کلمات بر روی تابلو است.

همچنین با توجه به محدودیت تعداد کلمات و تعداد نقوش برای تابلوهای طراحی شده در آزمون های اول و دوم، لذا برای این مدل هم همان محدودیتها بصورت زیر لحاظ می شود:

در جدول ۵ خلاصه نتایج آزمون مقایسه میانگین دو جامعه (t-test) نمایش داده شده است.

$$1 \leq W \leq 12, \quad 0 \leq S \leq 4, \quad W, S \in N$$

همانطوری که مشخص است p -value $\in N$ (یا همان sig.) بزرگتر از سطح معنی داری ۵ درصد (p -value > 0.05) می باشد که این بدین معناست تفاوت قابل ملاحظه ای بین میانگین دو گروه وجود ندارد و از اینرو مدل معتبر است.

۳-۳- اعتبار سنجی مدل

برای این منظور میانگین جامعه آماری که در مدل سازی وارد نشده است را در نظر گرفته و با نتایج خروجی از مدل مقایسه شده است. برای انجام این عمل از آزمون مقایسه میانگین دو جامعه (t-test) استفاده شده است.

جدول ۵. نتایج آزمون T-test برای معتبر سازی مدل

T-test			آزمون برای فرض برابری واریانس ها			مدل
نتیجه	P-Value	T	نتیجه	P-Value	F	
مدل معتبر است	۰.۶۳۴	-۰.۴۷۷	مدل معتبر است	۰.۸۹۴	۰.۰۱۸	رگرسیون خطی (رابطه ۱)

۴- مخروط دید و محدوده خوانایی

قرائت کند، با توجه به نوع نصب تابلوها بصورت زیر بررسی می‌شود:

۴-۱- حالت تابلوی بالاسری

مطابق شکل ۹ برای تعیین حداکثر فاصله خوانایی با حداکثر زاویه دید رابطه ۲ قابل استفاده است:

$$\tan 15 = \frac{B+(H-1.08)}{A} \quad (2)$$

و یا به عبارتی:

(۳)

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

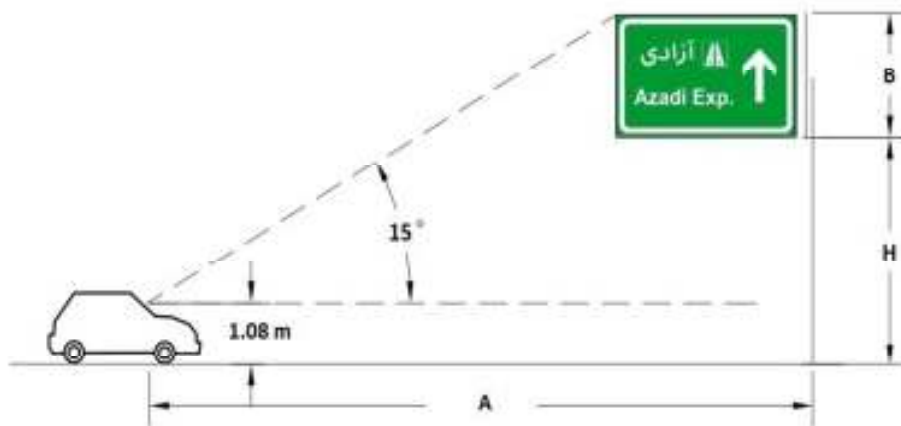
که در آن:

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

H = ارتفاع نصب تابلو که معمولاً از روی آسفالت تا زیر تابلو محاسبه می‌شود و در حالت استاندارد ۰.۵ متر می‌باشد و B = ارتفاع تابلو (متر) است.

همچنین مطابق آیین نامه طرح هندسی ایران (نشریه شماره ۴۱۵) فاصله چشم راننده از سطح آسفالت ۱.۰۸ متر در نظر گرفته شده است (نشریه شماره ۴۱۵، ۱۳۹۱).

به بخشی از فضای روبروی انسان که بدون حرکت چشم دیده می‌شود، صحنه مقابل گفته می‌شود و مخروط دید مخروطی است فرضی، که راس آن چشم انسان و قاعده آن صحنه مقابل می‌باشد. چشم انسان دارای میدان دید وسیعی می‌باشد. این میدان دید تقریباً 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 می‌باشد. این مساحت دید دقیق شامل مخروطی است به شعاع ۲ الی ۴ 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 می‌گویند. اگرچه در این میدان دید میزان دقت چشم کاهش می‌یابد، 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 می‌باشند. اهدافی در میدان دید محیطی بهتر تشخیص داده خواهند شد که که نسبت به نقطه مرکزی دید، نزدیکتر باشند. از اینرو، عمده اهدافی که در میدان دید محیطی مورد توجه قرار می‌گیرند، در زوایای بین ۱۰ الی ۱۵ درجه از مرکز دید قرار می‌گیرند (آیین نامه HSM، ۲۰۱۰). از اینرو در این پژوهش، با در نظر گرفتن حداکثر زاویه دید برای مشاهده تابلوها (۱۵ درجه)، رابطه حداکثر فاصله وسیله نقلیه از تابلوها، بصورتی که راننده به راحتی بتواند تابلو را



شکل ۹. مشخصات پارامترها در تابلوهای بالاسری

۲-۴- حالت تابلوی جانبی

مطابق شکل ۱۰ برای تعیین حداکثر فاصله خوانایی با حداکثر زاویه دید رابطه ۴ قابل استفاده است :

$$\tan 15 = \frac{W1+W2+W3}{A} \quad (۴)$$

و یا به عبارتی :

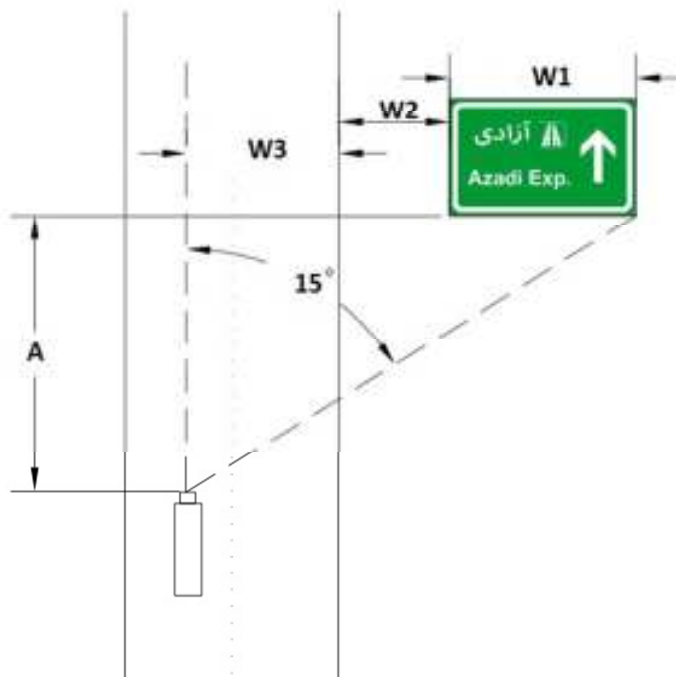
$$A = \frac{1}{\tan 15} (W1 + W2 + W3) = 3.73(W1 + W2 + W3) \quad (۵)$$

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

$W1$ = عرض تابلو

$W2$ = فاصله لبه آسفالت تا کناره تابلو

$W3$ = فاصله امتداد خط دید راننده تا لبه آسفالت



شکل ۱۰. موقعیت تابلوهای جانبی نسبت به خط عبور وسیله نقلیه

۵- فرآیند خواندن تابلو

دید راننده باشد تا مرحله مشاهده انجام گیرد. پس از آنکه مرحله مشاهده انجام گرفت، مرحله رویت امکانپذیر می شود و در این مرحله است که راننده از وجود تابلو و اطلاعات روی آن مطلع می شود.

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

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 می‌دهد، اغلب رانندگان پس از رویت اولیه تابلو برای تثبیت اطلاعات در مغز خود، نیاز به رویت مجدد دارند و در این راستا، حداقل یک بار به جاده نگاه می‌کنند تا موقعیت خود را در مسیر حرکت به نحو ایمن حفظ کنند (هلموت، ۱۹۹۵).

در این راستا پژوهش‌هایی برای تعیین زمان رفتارهای چشمی رانندگان به منظور تعیین مدت زمان اولیه نگاه به تابلو، مدت زمان دید دوم و مدت زمان دید به جاده انجام شده است. هلموت و همکارانش در پژوهشی که بر روی تابلوهای ترافیکی انجام دادند، زمان قرائت اولیه تابلو را ۰.۶۳ ثانیه، زمان قرائت ثانویه را ۰.۸۱ ثانیه و مدت زمان دید به جاده را برابر ۰.۷۴ ثانیه تعیین کرده‌اند (هلموت، ۱۹۹۵ و سلیمانی کرمانی و همکاران، ۱۳۸۷).

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 و نشان دادند زمان قرائت اولیه برای دو تابلویی که آزمایش روی آنها صورت گرفت، بطور متوسط برای تابلوی اولی ۰.۷۴ ثانیه و برای تابلوی دومی ۰.۶۶ ثانیه بوده است. در ادامه اشاره شده است که زمان قرائت پایانی برای تابلوی اولی ۰.۶۸ ثانیه و برای تابلوی دومی ۰.۶۲ ثانیه بوده است (هلموت و همکاران، ۲۰۰۳). از اینرو با توجه به مطالعات‌های پیشین، در این پژوهش فرض می‌شود به ازای هر ۰.۷ ثانیه یکبار قرائت تابلو، راننده برای تثبیت موقعیت خود به جاده نگاه می‌کند. همچنین مدت زمان دید به جاده (RLD) هم برابر ۰.۷۴ ثانیه در نظر گرفته می‌شود (سلیمانی کرمانی و همکاران، ۱۳۸۷).

جدول ۶. تعداد مشاهده به جاده بر حسب زمان درک و عکس العمل (رابطه ۱)

D=n*RLD	RLD	تعداد نگاه به جاده (n)	
0.74	0.74	۱	$0.7 \leq T < 1.4$
1.48	۰.۷۴	۲	$1.4 \leq T < 2.1$
2.22	۰.۷۴	۳	$2.1 \leq T < 2.8$

۶- بحث و بررسی

پس از انجام آزمایش و تحلیل و بررسی داده‌ها، و ساخت مدل پیش بینی زمان درک و عکس العمل 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 مدل‌ها، نیازمند است یک سری فرضیاتی در نظر گرفته شود. از جمله فرضیاتی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است عبارت است از اینکه سرعت وسایل نقلیه‌ای که وارد محدوده خوانایی شدند ثابت می‌باشد.

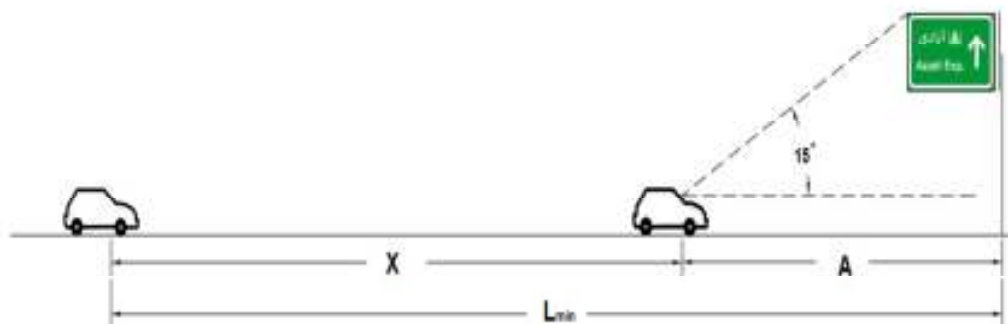
پس از در نظر گرفتن این فرض، حداقل فاصله خوانایی L_{min} با توجه به شکل‌های ۱۱ و ۱۲، بصورت رابطه ۶ تعریف می‌شود. طبق تعریف، حداقل فاصله خوانایی، حداکثر فاصله از تابلو می‌باشد که در آن فاصله، راننده به راحتی و به وضوح می‌تواند تابلو را قرائت کند.

$$L_{min} = X + A \quad (6)$$

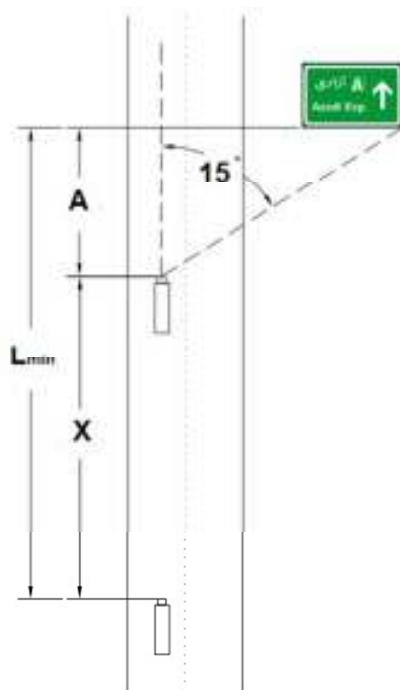
L_{min} = حداقل فاصله خوانایی

X = فاصله مستقیم حداقل فاصله خوانایی تا محل حداکثر زاویه دید

A = فاصله مستقیم محل حداکثر زاویه دید تا محل نصب تابلو



شکل ۱۱. مشخصات پارامترهای مدل کلی در تابلوهای بالاسری



شکل ۱۲. مشخصات پارامترهای مدل کلی در تابلوهای جانبی

با توجه به فرض مطرح شده و طبق رابطه ساده فیزیکی $X=VT$ ، و با در نظرگیری رابطه ۱ خواهیم داشت:

$$X = V * T \quad (7)$$

$$X = V * (528.851 + 197.356W + 116.198S) \quad (8)$$

از اینرو با توجه به رابطه‌های ۶ و ۸ خواهیم داشت:

$$L_{min} = V * (528.851 + 197.356W + 116.198S) + A \quad (9)$$

از طرفی با توجه به تعریف پارامتر A در دو حالت و همچنین با در نظرگیری رفتار چشمی در قرائت تابلو، رابطه نهایی بصورت روابط ۱۰ و ۱۱ تعریف می‌شود:

الف: حداقل فاصله خوانایی برای تابلوهای بالاسری:

$$(10)$$

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

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

B = ارتفاع تابلو (متر)

H = ارتفاع نصب تابلو که معمولاً از روی آسفالت تا زیر تابلو محاسبه می‌شود و در حالت استاندارد ۰.۵ متر می‌باشد.

D = مدت زمان متوسطی که راننده به جهت تسلط بر رانندگی در محدوده خوانایی به جلو نگاه می‌کند که از جدول ۶ به دست می‌آید.

ب: حداقل فاصله خوانایی برای تابلوهای جانبی:

$$L_{min} = V * \left(\frac{528.851 + 197.356W + 116.198S}{1000} + D \right) + 3.73(W1 + W2 + W3) \quad (11)$$

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 می‌کند که از جدول ۶ بدست می‌آید.

توجه شود که حداقل فاصله خوانایی (L_{min}) بدست آمده در روابط فوق فاصله مستقیم امتداد خط دید راننده تا محل نصب تابلو می‌باشد. (شکل ۱۱ و ۱۲). از این رو تابلویی که طراحی می‌شود، می‌بایست اندازه نوشتار و نقوش مندرج بر روی آن بگونه‌ای باشد که در فاصله L_{min} به راحتی و به خوبی خوانده شود و یا به عبارتی خوانایی آن در فاصله L_{min} تامین شده باشد.

۷- نتیجه گیری

جریان دائم وسایل نقلیه به منظور کاهش هزینه‌های ناشی از ترافیک، از دغدغه‌های اصلی شهروندان و مدیران می‌باشد. تابلوهای راهنمای مسیر به عنوان یکی از مهمترین ابزارهای کنترل ترافیک نقش بسیار مهمی در راستای کنترل جریان ترافیک ایفا می‌کند. چنانچه تابلوهای راهنمای مسیر با فرض داشتن قابلیت دید مناسب، طوری طراحی گردند که قابلیت خوانایی آنها در نظر گرفته نشود، نه تنها عملکرد مثبتی نخواهند داشت بلکه احتمالاً دارای عملکرد مخربی هم خواهند بود. یکی از موارد مهم در طراحی تابلوهای راهنمای مسیر، محدودیت تعداد کلمات و رابطه آن با حداقل فاصله خوانایی برای رانندگان می‌باشد.

در کشورهای مختلف پژوهش‌هایی برای تعیین رابطه میان حداقل فاصله خوانایی با حجم اطلاعات بر روی تابلوها انجام شد؛ در همان راستا در داخل کشور هم به تبع آن یک سری روابطی بدست آمد. با توجه به پژوهش‌های اخیر که مشخص گردید فونت ابریشم از میان پنج فونت شاخص، به عنوان برترین فونت انتخاب گردید، ولی متأسفانه برای این فونت خلا رابطه حداقل فاصله خوانایی بر مبنای حجم اطلاعات بر روی تابلو به شدت احساس می‌شود. از این رو در این پژوهش با در نظر گرفتن پارامترهای تعداد کلمات روی تابلو و تعداد نقوش بجای کلمات بر روی تابلو به عنوان متغیرهایی که در حجم اطلاعات روی تابلو موثر هستند، و یافتن رابطه‌ای بر مبنای زمان قرائت آنها، و سپس با در نظر گیری محدودیت زاویه دید و رفتار مرور چشمی، مدل حداقل فاصله دید بر مبنای حجم تابلوها ارائه شده است. پس از بررسی مجدد بر روی مدل ساخته شده،

مشاهده می‌شود ضریب W از ضریب S بزرگتر می‌باشد و این بدین معنی است که تعداد کلمات بر روی تابلو نسبت به تعداد نقوش بجای کلمات بر روی تابلو تاثیر بیشتری بر روی زمان درک و عکس العمل قرائت تابلوها می‌گذارد. با توجه به اینکه در این پژوهش برای بدست آوردن حداقل فاصله خوانایی، در شرایطی آزمایشگاهی و بصورت استاتیکی صورت پذیرفت، بررسی این مدل در شرایط دینامیکی و کالیبره کردن مدل می‌تواند از زمینه‌های کاری پیش رو باشد.

۸- مراجع

- اتقائی کردکلائی، م.، (۱۳۹۴)، "ارزیابی قابلیت خوانایی تابلوهای راهنمای مسیر"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل.

- آیین‌نامه ایمنی راهها (نشریه شماره ۲۶۷)، (۱۳۹۳)، "طرح هندسی راه‌های ایران" (نشریه شماره ۴۱۵)، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور.

- حسامی، س.، صفارزاده، م.، اتقائی، م.، (۱۳۹۴)، "بررسی تاثیر نقوش جایگزین کلمات در تابلوهای راهنمای مسیر بر قابلیت خوانایی"، پانزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران.

- سلیمانی‌کرمانی، م.ر.، صفارزاده، م.، نوروزی، آرش، (۱۳۸۷)، "بررسی قابلیت خوانایی تابلوهای اطلاع‌رسانی جاده‌ها با روش مدل سازی"، فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک، سال سوم، شماره ۱۱.

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

- عظیمی تیریزی، م.، (۱۳۸۵)، "آیین نصب تابلوهای علائم عمودی (کلیات)"، انتشارات عرف ایران، تهران.

- فتحیان دستگردی، ف.، (۱۳۸۷)، "ارایه راهکارهایی جهت بهبود کیفیت نوشتاری تابلوهای اطلاعاتی راه‌ها با توجه به

Signs Before Entrance Ramp at Night”, 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C.

-Highway Safety Manual (HSM) (1st Edition) (2010).

-Paniati, J., F., (1988), “legibility and comprehension of traffic sign symbols” , Proceeding of the human factors society-32th Annual Meeting.

-Sakol, T., Tawatchai, L., (2003), “Dynamic Legibility of Strandard Thai Fonts on Traffic Highway Sign” , Journal of the Asian Design International Conference.

-Shinar, D., Vogelzang, M., (2013), “Comprehension of traffic signs with symbolic versus text displays”, Journal of Transportation Research Part F (Elsevier), pp. 72-82.

-“United Nations Economic and Social Council”, (1968), Vienna Convention on Road Sign and Signals , Technical Report United Nations Economic and Social Council.

-YANG, M., WU, L. , TANG, Ch. ,(2012), “Study Of Influence Of Foreign Characters In Guide Signs On Legibility” , Journal of Highway and Transportation Research and Development (ASCE), Vol.6 , No. 2.

سرعت و زاویه دید"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران.

-مومنی، م.، و فعال قیومی، ع.، (۱۳۹۱)، "تحلیل‌های آماری با استفاده از SPSS"، انتشارات مولف، تهران.

-نیرومند، ح.ع.، (مترجم)، (۱۳۸۴)، الگوهای خطی تعمیم یافته با کاربردهای آن در علوم و مهندسی، نوشته ریموند میزراج، کونتگمری داگلاس. سی و وینینگ جی. جنوفری، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

-Federal Highway Administration (FHWA), (2009), “Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways (MUTCD)”, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C.

-FU, Q., WU, Ch., LV, N. , (2013), “Study on the Reaction Time for Road Traffic Signs Information Volume” , International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS) (ASCE) , pp. 1535-1543.

-Helmut T.Z., (1995), “Traffic Sign Reading Distances and times during Night Driving” , Transportation Research Record 1495 , TRB National Research Council , Washington D.C.

-Helmut T.Z., Andrew, R., (2003), “Driver Eye Scanning Behavior While Viewing Ground-Mounted Diagrammatic Guide

