فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۱۲، شماره ۳، بهار ۱۴۰۰، ص.۵۱۳-۵۲۷

مقاله پژوهشی

بررسی تابلوی‌اطلاع‌سرعت به رانندگان به عنوان ابزار آرام‌سازی ترافیک

آرمین امیرسلیمانی، کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل، ایران

فرشیدرضا حقیقی (مسئول مکاتبات)، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل، ایران

عباس شیخ فرد، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل، ایران

E-mail: haghighi@nit.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۹ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۰

چکیده

تابلوهای پیام متغیر (VMS) از جمله تجهیزات کنترل ترافیک هستند که به منظور ارائه اطلاعات به رانندگان در طول مسیر مورد استفاده قرار می‌گیرند. به دلیل به وجود آمدن شرایطی مانند افزایش یافتن نقش اجتماعی راه‌ها در مسیرهای بین شهری و به وجود آمدن اجتماعات کوچک در اطراف آن و هم‌چنین سرعت بالای وسایل نقلیه در این نواحی و کاهش ایمنی، این تحقیق به دنبال استفاده از نوع خاصی تابلوی پیام متغیر به منظور تاثیرگذاری بر کاهش سرعت وسایل نقلیه در یکی از محورهای واقع در استان مازندران است. در این پژوهش برداشت‌های سرعت وسایل نقلیه برای بررسی میزان تاثیرگذاری تابلوی پیام متغیر در کاهش سرعت رانندگان، در دو فاز قبل و بعد از اجرای تابلو به و سیله سن سورهای ثبت سرعت که برای این پژوهش ساخته شد، انجام گرفت. بدین منظور د ستگاهی ساخته شد که شامل سن سورهای ثبت سرعت مادون قرمز (PIR) ا ست که با ا ستفاده از تکنولوژی اینترنت ا شیا به صورت وایرلس به تابلو متصل بوده و سرعت و سایل نقلیه عبوری از مقابل هر جفت سنسور به صورت آنلاین روی نمای شگر تابلوی پیام متغیر به راننده و سیله نقلیه ن شان داده می شود. میزان تاثیر تابلوی پیام متغیر با ا ستفاده از برر سی در تغییر سرعت میانگین و سرعت ۸۵ درصد با در نظر گرفتن سرعت و سایل نقلیه در مکان‌های مختلف مانند سرعت و سایل نقلیه ۵۰ متر، ۳۰ متر، ۲۰ متر قبل از تابلو، همان مقطع محل ن صب تابلو و سرعت و سایل نقلیه ۲۰ متر و ۵۰ متر بعد از تابلو اندازه‌گیری شد. با توجه به نتایج بد ست آمده، سرعت میانگین مطالعات بعد در حالت‌های ۲۰ متر قبل از تابلو، ۳۰ متر قبل از تابلو، ۵۰ متر قبل از تابلو، همان مقطع محل ن صب تابلو، ۲۰ متر بعد از تابلو و ۵۰ متر بعد از تابلو ن سبت به سرعت‌های میانگین در مطالعات قبل به ترتیب ۷، ۱۱/۳، ۱۱، ۶/۵، ۳/۷، ۳/۶، ۳/۵ در صد کاهش دا شتند. هم‌چنین سرعت ۸۵ در صدی که به عنوان سرعت عملکردی در نظر گرفته می شود، در حالت‌های ۲۰ متر قبل از تابلو، ۳۰ متر قبل از تابلو، ۵۰ متر قبل از تابلو، در همان مقطع محل ن صب تابلو، ۲۰ متر بعد از تابلو و ۵۰ متر بعد از تابلو به ترتیب ۶، ۷، ۷، ٤، ۳، ۳، ۳ کیلومتر بر ساعت کاهش پیدا کرد.

واژه‌های کلیدی: تابلوی پیام متغیر، کنترل سرعت، سنسور ثبت سرعت، کنترل ترافیک، اینترنت اشیا

۱. مقدمه و معرفی

ایران از جمله کشورهایی است که بیشترین میزان مرگ و میر ناشی از تصادفات رانندگی در آن گزارش می شود [Shamsa et al. 2011]. سالیانه به طور متوسط ٤٤ مورد در هر صد هزار نفر بر اثر تصادفات رانندگی در ایران می‌میرند که این میزان بسیار بالاتر از برآورد متوسط جهانی (۲۲/٦ مورد در هر صد هزار نفر) و حتی منطقه مدیترانه شرقی (۱۳/۹ مورد در هر صد هزار نفر) است مرگ و میر ناشی از سوانح و تصادفات رانندگی، سومین عامل مرگ و میر در ایران محسوب می شود که ۱۰/۳ ٪ از مجموع مرگ و میر را به خود اختصاص داده است که تقریباً ۵ برابر متوسط جهانی است (۲/۱٪). نزدیک به ۰/۸ میلیون نفر (۱/۱٪ از جمعیت کشور) بر اساس سوانح رانندگی در بیمارستان بستری شده‌اند که بار قابل توجهی را بر نظام بهداشتی درمانی کشور تحمیل می‌کند [Bhalla et al. 2009]. اهمیت و نقش تجهیزات کنترل سرعت در مدیریت ترافیک جاده‌ای برون شهری و اثربخشی نتایج حاصل از به‌کارگیری فن‌آوری‌های هوشمند در عملیات ترافیکی پلیس راه موجب شده تا توسعه تجهیزات مدیریت سرعت روندی افزایشی داشته باشد. هدف اصلی این پژوهش در راستای کاهش آمار تصادفات بالای کشور، شامل تعیین میزان اثربخشی تابلوی اطلاع‌رسانی سرعت به رانندگان در کاهش سرعت، آرامسازی و ایمن سازی یکی از محورهای واقع در استان مازندران است. امروزه مطالعه اقدامات تاثیرگذار بر روی رفتار رانندگان بیش از گذشته مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است که اقدامات آرام‌سازی جریان ترافیک از مهم‌ترین این آنها هستند[Haghighi et al. 2018] آرام‌سازی ترافیک به دو روش فیزیکی و ادراکی انجام می شود. روش ادراکی آرام سازی ترافیک در سه سطح افزایش محدودیت جبری (مانند استفاده از تجهیزات کنترل سرعت)، علائم متغیر هوشمند برای اعمال محدودیت سرعت و علامت گذاری تقسیم می‌شوند [Yousefi et al. 2014]

تکنولوژی تابلوهای پیام متغیر[1] در بیشتر مواقع به منظور اطلاع رسانی به رانندگان در مورد ازدحام جاده ها، اتفاقات جاده ای پیش‌رو و تأخیرهای غیرمنتظره است و به این ترتیب می‌تواند از اضطراب رانندگان بکاهد [Ahadi and Nasir Ahmadi, 2014].

در سال ۲۰۱۰ تای جین و همکارانش بر روی فاصله خوانایی بهینه برای تابلوهای پیام متغیر قابل حمل[2] (PVMS) تحقیقاتی را به عمل آوردند. تابلوهای پیام متغیر از جمله اجزای اصلی سیستم حمل و نقل هوشمند[3] (ITS) هستند. هدف از این تحقیق ارتباط بین فاصله خوانایی و عوامل موثر بر آن در محیط مورد پژوهش است. برای این پژوهش تابلوی پیام متغیر قابل حمل با ویژگی های مشخص ساخته شد و در یک مسیر ٤ خطه (دو خط رفت و دو خط برگشت) در یکی از دانشگاه های کره جنوبی استفاده شد. نتایج حاصله نشان داد که میانگین فاصله خوانایی مناسب برای رانندگان مرد ۱٦۹/۹٦ متر و برای رانندگان زن ۱٤۲/۷٦ متر است. با توجه به تجربه رانندگی افراد، رانندگانی با کمتر از ۳ سال سابقه رانندگی نیاز به فاصله خوانایی ۱۷٦/۹٦ متر و کمتر از ۱۰ سال سابقه رانندگی ۱۸۷/۳ متر و بیشتر از ۱۰ سال سابقه رانندگی ۱٦٤/۷۸ متر دارند. در این پژوهش از مدل رگرسیون چندگانه برای تحلیل داده‌های بدست آمده استفاده شد و هم‌چنین مشخص شد که ویژگی‌هایی از جمله ارتفاع حروف پیام‌های روی تابلو، سن، جنسیت و میزان روشنایی فاکتورهای موثر بر روی فاصله خوانایی تابلو است [Tai et al. 2010]. جونگ لای در سال ۲۰۱۰ تحقیقاتی روی تاثیر عملکرد رانندگان با توجه به طراحی رنگ و تعداد خطوط پیام ها روی تابلوهای پیام متغیر انجام داد. در این پژوهش به بررسی ارگونومیک[4] روی طراحی تابلوهای پیام متغیر با پیام‌های متنی به زبان چینی در کشور تایوان پرداخته شد. تاثیر طراحی رنگ (یک، دو، سه) و تعداد خطوط پیام ها (تک، دوتایی، سه تایی) بر روی شرکت کنندگان در این پژوهش ابتدا در محیط شبیه ساز و سپس به صورت پرسشنامه

بررسی شد. نتایج بدست آمده توسط دستگاه شبیه ساز نشان داد که طراحی رنگ و تعداد خطوط پیام‌ها روی تابلو فاکتورهای مهم و خاص بر روی واکنش شرکت کنندگان در این پژوهش نسبت به تابلوی پیام متغیر است. شرکت کنندگان در این پژوهش واکنش سریع‌تری نسبت به تابلوهای دو رنگ در مقایسه با تک رنگ و سه رنگ داشتند و هم‌چنین زمان واکنش آن‌ها نسبت به پیام‌های نشان داده شده روی تابلوی پیام متغیر دو خطه کمتر از تک خطه و سه خطه بود. طرح رنگ و تعداد خطوط پیام‌های روی تابلو تاثیری بر دقت رانندگان نداشت. همین طور نظر سنجی انجام شده پس از استفاده از شبیه ساز نشان داد که اغلب شرکت کنندگان در نظرسنجی طرح دو رنگ و پیام دو خطه را نسبت به سایر ترکیبات ترجیح می‌دهند [Lai, 2010]. در سال ۲۰۱۱ یانگ بای و همکارانش روی تاثیر تابلوهای متغیر خبری گرافیکی قابل حمل (PVMS) در کاهش سرعت وسایل نقلیه در محیط کار[۵] در بزرگراه تحقیقاتی را به عمل آوردند. در فاز اول تابلو پیام متغیر برای نشان دادن پیام گرافیکی در محیط کار برنامه ریزی شد و در فاز دوم این تحقیق ۲ پیام گرافیکی با مفهوم مشابه در محیط کار روی تابلو نمایش داده شد. در فاز اول، ۱۱۱۵ داده و در فاز دوم، ۱۶۰۰ داده سرعت وسایل نقلیه جمع آوری شد و نتایج تحقیقات نشان داد که استفاده از تابلوهای متغیر خبری گرافیکی قابل حمل ۱۳ تا ۱۷ درصد سرعت وسایل نقلیه را در بالادست محل کار در بزرگراه کاهش داد [Bai et al. 2011].

در سال ۲۰۱۴ ژودونگ یان و ژیباوی وو در پژوهشی تاثیر تابلوی پیام متغیر (VMS) بر رفتار رانندگان در خصوص انتخاب مسیر جایگزین را براساس آزمایشات مبتنی بر شبیه ساز رانندگی مورد ارزیابی قرار دادند. هدف اصلی این پژوهش، شناسایی آن است که چگونه موقعیت مکانی تابلوی پیام متغیر و فرمت اطلاعات نمایش داده شده روی تابلو بر انتخاب مسیر جایگزین توسط رانندگان موثر است. سه رنج فاصله ای بین ۰ تا ۴۰۰ متر بین تابلو و مسیر انحرافی بررسی شد و سه نوع فرمت اطلاعاتی از جمله متنی، گرافیکی و ترکیب گرافیکی-متنی استفاده شد. ۵۲ راننده با سن، جنسیت و شغل متفاوت برای انجام این پژوهش انتخاب شدند. با استفاده از مدل رگرسیون نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که ویژگی‌های رانندگان، مکان تابلوی پیام متغیر و فرمت اطلاعات نمایش داده شده روی تابلو بر رفتار رانندگان نسبت به تابلوی پیام متغیر تاثیر مستقیم دارد. براساس یافته‌های پژوهش پیشنهاد می شود که مکان مناسب استفاده از تابلوی پیام متغیر ۱۵۰ تا ۲۰۰ متر بالادست نقطه ای که به عنوان مسیر جایگزین انتخاب شد، باشد. هم‌چنین اطلاعات نمایش گرافیکی نمایش داده شده روی تابلوی پیام متغیر بهتر از فرمت نوشتاری اطلاعات است تابلوی پیام متغیر بهتر از فرمت نوشتاری اطلاعات است [Yan and Wu, 2014]. یانگ بی و همکارانش در سال ۲۰۱۵ تحقیقاتی را روی تعیین تاثیر مکان یابی تابلوهای پیام متغیر قابل حمل در کاهش خطر تصادفات مرتبط با کامیون در محیط کار انجام دادند. در این پژوهش از دو لوله که در آن‌ها سنسورهایی تعبیه شده است برای تعیین سرعت رانندگان استفاده شده است. با توجه به اختلاف پروفیل سرعت کامیون‌ها و وسایل نقلیه شخصی که یکی از دلایل اصلی بروز این‌گونه حوادث است با استفاده از این نوع تابلوها سعی در کاهش این اختلاف شد. در این پژوهش پروفیل سرعت وسایل نقلیه شخصی و کامیون ها در ۳ موقعیت مکانی نسبت به تابلو پیام متغیر بررسی شد. (۱) ۷۵۰ فوت قبل از تابلو (۲) ۵۷۵ فوت قبل از تابلو (۳) ۴۰۰ فوت قبل از تابلو با مقایسه اطلاعات بدست آمده موقعیت مکانی دوم به عنوان مکان بهینه برپایی تابلو قبل از محوطه کار توصیه شد. به طور کلی طبق تحقیقات به عمل آمده استفاده از تابلوهای پیام متغیر قابل حمل در محل مناسب قبل از محوطه کار در بزرگراه‌ها باعث کاهش اختلاف پروفیل سرعت بین وسایل نقلیه شخصی و کامیون‌ها شده و تصادفات حاصل از کامیون ها را در محوطه کار را کاهش می دهد [Bai et al. 2015]. جمع‌آوری به‌موقع و دقیق اطلاعات با کمک تابلوهای پیام‌رسان متغیر (VMS) جاده‌ای می‌تواند از موارد بسیار حیاتی در حین رانندگی باشد [Roca et al., 2018]. باید در پی رفع بسیاری از مشکلات نمایش اطلاعات در تابلوها بود تا

بتوان پیام‌های قابل‌فهم و موثری را انتقال داد. روش‌های مربوط به تعیین نوع محتوای تابلوهای پیام‌رسان متغیر (VMS) و شکل نمایش آن‌ها به دو روش کلی طبقه‌بندی می‌شود: (۱) روش‌های مفهومی و (۲) روش‌های عملی. روش‌های مفهومی عمدتاً متمرکز بر شناسایی نوع محتوای VMS و فرمت‌های مختلفی‌اند که الزامات رانندگان را برآورده می‌کند، در حالیکه روش‌های عملی عمدتاً روشی را می‌سنجند که موقع دریافت اطلاعات توسط رانندگان کمترین مدت حواسپرتی را داشته باشد[Dudek and Ullman, 2002]. بر اساس روش عملی، تلاش‌های تحقیقاتی قابل‌توجهی به منظور شناسایی محتوای بهینه VMS و شکل کاربرد آن صورت گرفته است. برای مثال، تحقیقات به موضوعات دقت پاسخ [Roca et al. 2018]، مدت زمان پاسخ [Shinar and Vogelzang, 2013; Roca et al., 2018]، فاصله پاسخ [Williams et al. 2015; Roca et al. 2018] و تعداد رویت های صورت‌گرفته می‌پردازند [Roca et al., 2018]. فلاح زواره دربارهٔ تأثیرات هشداردهی به رانندگان در مورد خطر تصادفات سپر جلو به سپر عقب خودروها در آزادراه تهران – ساوه مطالعه کردند. هدف از این مطالعه تغییر رفتار رانندگان و تشخیص شان با نشان دادن پیام‌ها بر روی تابلوهای پیام‌رسان متغیر (VMS) دربارهٔ سطوح متفاوت ریسک تصادفات و بررسی پیامدهای رفتاری بود [Fallah Zavareh et al. 2017]. بر اساس نتایج یکی از مطالعات اخیر [Steinbakk et al. 2017]، سرعت بالاتر در بخش‌هایی که عملیات راه‌سازی مشهودی وجود ندارد ترجیح داده می شود. عملیات راه‌سازی نیز به عنوان مهم‌ترین شاخص تعیین سرعت مطلوب مطرح است. فراوانی تصادفات و شدت تصادف‌ها در بخش‌هایی از جاده که عملیاتی در آن صورت می‌گیرد، بسیار مهم قلمداد می‌شوند. یکی از مطالعات اخیر نشان داد که اقدامات هشداردهی از قبل، فعالیت‌ها و اتمام عملیات در منطقهٔ عملیاتی با تصادفات با شدت آسیب‌دیدگی بالاتر مرتبط هستند [Osman et al., 2018]. با این وجود، چند اپلیکیشن ردگیری چشمی به منظور بررسی رفتار بصری رانندگان در مناطق عملیات راهسازی طراحی شده است. رکوردهای ثبت‌شده از آنها رانندگان ما را به این جمع‌بندی رساند که تماس چشمی مکرر با تابلوها و علائم برای رانندگان مفید است. همچنین باید از تداخل میان تابلوهای موقتی و تابلوهای دائمی اجتناب شود، زیرا میزان توجه رانندگان بین این دو نوع تابلو تقسیم می شود [De Ceunynck et al. 2015]. یکی دیگر از مطالعات با تمرکز روی تابلوهای پیام‌رسان موقت دینامیکی صورت گرفت. در این تحقیق مشخص شد که رانندگان روی علائمی که در خصوص وجود کارگران در محل جاده هشدار می‌دهد مدت زمان بیشتری خیره می‌شوند[Rahman et al., 2017]. یکی از مطالعات اخیر نیز به تثبیت زاویه دید رانندگان روی علائم محیطی پرداخت و عملکردشان را با دستگاه‌های کنترل چشم ثبت کرد. رفتار بصری نسبت به علائم جاده‌ای با رفتار بصری نسبت به تابلوهای قائم دائمی مقایسه شد. اصلی‌ترین یافته این تحقیق که با مقایسهٔ سرعت آنی و تثبیت زاویه دید رانندگان بررسی شد، این بود که رفتار راننده در موارد متعددی غیرایمن است [Vignali et al. 2019]. ژاو و همکارانش در سال ۲۰۱۹ پژوهشی به منظور بررسی محتوا و شکل تابلوهای پیام متغیر(VMS) در چین انجام دادند. در این مطالعه هدف شناسایی نوع و شکل پیام‌هایی بود که تاثیر بیشتری روی رانندگان در مواجهه با تابلوی پیام متغیر دارند [Zhao et al. 2019]. در سال ۲۰۱۸ گنزالو و همکارانش مطالعه‌ای را بر روی تابلوهای پیام رسان کاهش سرعت، در شهرهای مختلف اسپانیا انجام دادند و به مقایسه بهره‌وری این نوع تابلوها و انواع دیگر سیستم های کنترل ترافیک در جانمایی های مختلف پرداختند [Gonzalo-Orden et al. 2018]. اکبری و حقیقی مطالعه‌ای اخیرا بر روی ابزارهای کاهش سرعت انجام دادند. هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی میزان تاثیرگذاری ابزارهای کاهش سرعت در ورودی شهرها در ایران با استفاده از دو شاخص تاثیرگذاری و ایمنی است. براساس مطالعه انجام شده تابلوهای اعلام کاهش سرعت اصلاح شده که در این پژوهش استفاده شد و نشانه‌های افقی در سطح جاده هر دو به

میزان قابل قبولی سرعت میانگین رانندگان را کاهش دادند [Akbari and Haghighi, 2019]. حقیقی و شیخ فرد در پژوهشی که در سال ۲۰۱۹ انجام شد نوع هندسه جاده، محیط اطراف جاده و رانندگان را از جمله فاکتورهای اساسی در حواس پرتی رانندگان در مواجهه با تابلو های پیام متغیر و بیلبورد های تبلیغاتی دینامیک تعیین کردند [Sheykhfard and Haghighi, 2019].

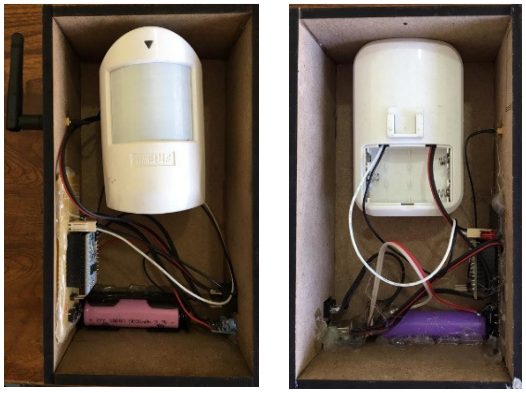
۲. روش شناسی

۲-۱ ساخت دستگاه

در این پژوهش با به کارگیری تکنولوژی اینترنت اشیا[۶] (IOT) سنسورهای محیطی برای جمع آوری داده‌های سرعت و سایل نقلیه ساخته شد. این سامانه ثبت سرعت به طور کلی شامل سنسورهای ثبت سرعت مادون قرمز[۷] (PIR) و یک مینی کامپیوتر و یک رابط کاربری است که اطلاعات جمع آوری شده توسط سنسورها را پردازش کرده و خروجی سرعت را روی نمایشگر تابلوی پیام متغیر ساخته شده برای این پژوهش نشان می‌دهد.

۲-۱-۱ سنسور ثبت سرعت مادون قرمز (PIR)

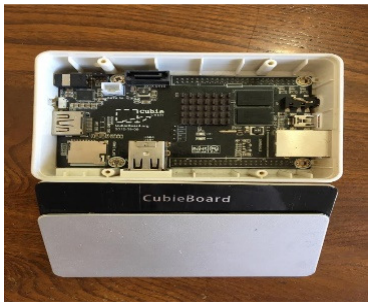
هر جفت سنسور ساخته شده، با استفاده ار زمان عبوری وسایل نقلیه از جلوی آن‌ها و فاصله بین سنسورها سرعت وسایل نقلیه را تعیین می‌کند. این سنسورها به صورت جفتی و با فاصله مشخص از یکدیگر در امتداد مسیر قرار داده می‌شوند. سنسورها می‌توانند توسط سیم و یا به صورت وایرلس به هم متصل باشند. سنسورهای ساخته شده برای مطالعه حاضر، به علت آنکه در طول مسیر اصلی نصب می‌شوند به صورت وایرلس هستند تا وجود سیم مشکلی را برای عبور وسایل نقلیه از مسیر و روند جمع آوری داده ایجاد نکند. برای ارتباط سنسورها با یکدیگر به صورت وایرلس، از یک مودم استفاده شد. نحوه کارکرد سنسورهای ثبت سرعت مادون قرمز (PIR) به این صورت است که در زمانی که وسیله نقلیه از جلوی یک سنسور عبور می کند میزان اشعه مادون قرمز دریافتی آن سنسور کم شده و در صورت کاهش معنادار این میزان، سنسور تحریک خواهد شد و زمان تحریک شدن خود را به سرور (مینی کامپیوتر) اعلام می‌کند. مینی کامپیوتر(Cubie board2) هسته مرکزی عملیات ثبت سرعت و در واقع سرور سامانه است. این سرور اطلاعات را از سنسور به صورت وایرلس توسط مودم دریافت کرده و با استفاده از رابطه $x = vt$ و ورودی‌های بدست آمده از سنسور، سرعت را محاسبه می‌کند. در شکل ۱ سنسورهای ثبت سرعت مادون قرمز ساخته شده برای جمع آوری اطلاعات و در شکل ۲ مینی کامپیوتر که به عنوان سرور اصلی برای پردازش داده ها است مشاهده می‌شود.



شکل ۱. سنسور ثبت سرعت مادون قرمز (PIR)

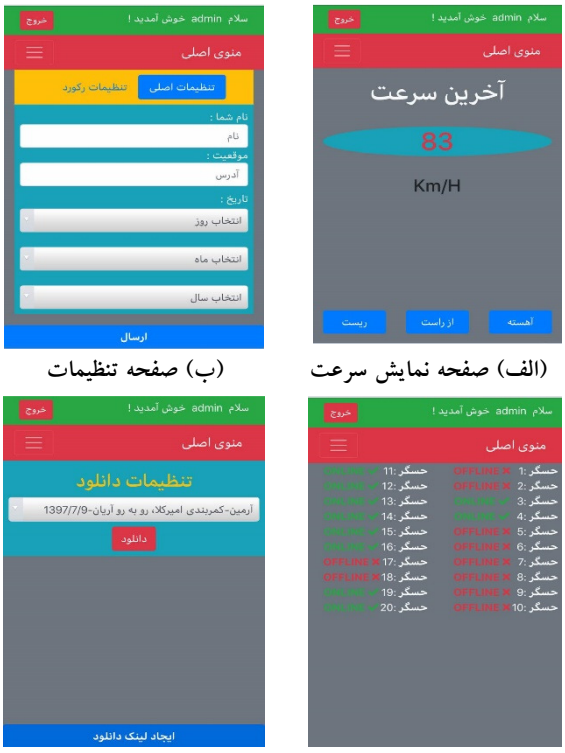
۲-۱-۲ رابط کاربری

در این پژوهش، برای نمایش دادن سرعت و وارد کردن اطلاعات مورد نیاز (فاصله سنسورها، زمان جمع آوری داده، مکان جمع آوری داده و...) یک رابط کاربری به صورت نرم افزار قابل نصب روی تمام گوشی‌های تلفن همراه طراحی شد.



شکل ۲. مینی کامپیوتر

این نرم افزار شامل قسمت‌های مختلفی نظیر صفحه نمایش سرعت، صفحه تنظیمات، صفحه وضعیت حسگرها و صفحه دانلود است. در شکل ۳ قسمت‌های مختلف نرم افزار طراحی شده ملاحظه می‌شود.



(الف) صفحه نمایش سرعت (ب) صفحه تنظیمات

(ج) صفحه وضعیت حسگرها (د) صفحه دانلود

شکل ۳. صفحات رابط کاربری

۲-۱-۳ تابلو پیام متغیر

تابلوی متغیر خبری ساخته شده از دو قسمت نمایشگر سرعت و تابلوی محدودیت سرعت با ابعاد مشخص تشکیل شده است. سامانه ثبت سرعت با استفاده از تکنولوژی اینترنت اشیا به صورت وایرلس مستقیما به نمایشگر تابلو متصل است. با عبور وسیله نقلیه از جلوی سنسورها سرعت آن توسط سامانه محاسبه شده و هم‌زمان توسط نمایشگر تابلو نشان داده می‌شود. تابلوی پیام متغیر (VMS) مورد استفاده در این پژوهش دارای ابعاد $2/5^m \times 1/7^m$ است که برای حمل کردن این تابلو از یک یدک‌کش استفاده شده است. در زیر نمایشگر تابلو، تابلوی محدودیت سرعت ۶۰ km/h با قطر ۱/۲ متر وجود دارد. به این دلیل از این تابلوی محدودیت سرعت استفاده شد که سرعت مجاز در محور مورد مطالعه ۶۰ km/h است. ارتفاع کلی تابلو که در آن تابلوی محدودیت سرعت به کار رفته است و همچنین فاصله دید راننده با استفاده از آیین نامه علائم ایمنی راه ها (نشریه ۳-۲۶۷) تعیین شد. ابعاد تابلوی پیام متغیر و تابلوی محدودیت سرعت به‌گونه‌ای انتخاب شده‌اند که رانندگان بتوانند با سرعت‌های مختلف تابلو را دیده و نسبت به آن واکنش نشان دهند. در شکل ٤ تصویر تابلو پیام متغیر ساخته شده برای این پژوهش ملاحظه می‌شود.

شکل ٤.تابلوی پیام متغیر در محل پروژه

۲-۲ مقطع مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی در این پژوهش محور کمربندی امیرکلا واقع در استان مازندران می باشد که از یک سمت به شهر بابل و از سمت دیگر به شهر امیرکلا و کمربندی بابلسر منتهی می شود. این محور به طول ۵/۹ کیلومتر و دارای دو خط در مسیر رفت و دو خط در مسیر برگشت است که به وسیله میانه از یکدیگر جدا شده‌اند. مطالعه حاضر بر روی مقطعی به طول ۳/٦ کیلومتر از این محور انجام شده است. طبق آمار سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای کشور میانگین تردد در ساعت این محور از سمت بابل به امیرکلا و بابلسر ۱٤۹ و سیله نقلیه و از سمت امیرکلا و بابلسر به سمت بابل ۱۳۸ وسیله نقلیه است. طی تحقیقات میدانی به عمل آمده و مشاوره با پلیس راهنمایی‌ورانندگی شهرستان بابل این محور دارای تعداد

تصادفات فوتی و جرحی بالا است (به علت آنکه آمارها توسط مراجع ذیصلاح در اختیار قرار داده نمی‌شوند ارائه کمی اطلاعات میسر نیست) و با وجود ابزارهای آرام سازی ترافیک نظیر سرعت‌گیرها و سرعت‌کاه‌ها و تابلوی محدودیت سرعت ٦٠km/h همچنان لزوم اقدامات کنترلی و آرام‌سازی ترافیک احساس می‌شود. شکل ۵ مقطع مورد مطالعه را نشان می دهد. همانطور که در شکل زیر مشاهده می شود تابلوی متغیر خبری ساخته شده در این محور در مقابل مؤسسه آموزش عالی علوم و فناوری آریان نصب شد زیرا با گرفتن مشاوره از پلیس راهنمایی و رانندگی شهرستان بابل این مقطع در محور کمربندی امیرکلا دارای بیشترین سرعت بوده و به دلیل عبور عابران پیاده از عرض جاده خطر تصادف در این محل بالا است.

شکل۵. مقطع مورد مطالعه

۲-۳ جمع آوری داده‌های سرعت

برای اندازه گیری سرعت وسایل نقلیه از سنسورهای ثبت سرعت مادون قرمز (PIR) که برای این مطالعه ساخته شد استفاده گردید. با به کارگیری روش مطالعاتی قبل و بعد ابتدا پروفیل سرعت و سایل نقلیه عبوری از این محور بدون حضور تابلو متغیر خبری بدست آمد و سپس تابلوی متغیر خبری ساخته شده برای این پژوهش که شامل تابلوی محدودیت سرعت و نمایشگر سرعت است، در محل مناسب ارزیابی شده در این محور، نصب گردید و تاثیر این تابلو بر سرعت رانندگان بدست آمد.

اعتبار سنجی لازم داده‌های سرعت از طریق بررسی میدانی و با کمک تست میدانی در روز و شب انجام شد و نتایج نشان داده است که داده ها از اعتبار مناسب برخوردار هستند: برای اعتبار سنجی، وسیله نقلیه با سرعت مختلف حرکت کرده و سرعت توسط سنسورها برداشت شده است و مقایسه نتایج تست با واقعیت انجام شد و اعتبار مناسب داده ها تضمین شده است. همچنین این پژوهش صرفا جنبه مطالعات سرعت داشته و هدف مطالعه دیگر پارامترها نمی باشد.

از آنجایی‌که این مطالعه به سرعت وسایل نقلیه عبوری در هر نقطه به صورت کل‌نگر می‌پردازد، بنابراین تفکیک وسایل نقلیه در آن در نظر گرفته نشده است. در صورتی که وسایل نقلیه به صورت همزمان در خطوط مختلف از مقابل جفت سنسور عبور کنند سنسور به ترتیب اولویت خط ۱، ۲، ۳ حسب حضور، سرعت وسایل نقلیه را ثبت می‌کند. این پژوهش در تمام ساعات انجام مطالعه میدانی بدون محدودیت های حجم و جریان ترافیک انجام شده است. در برداشت داده‌ها به دلیل آنکه تنها ارزیابی کاهش سرعت مدنظر است سرعت وسایل نقلیه به تفکیک مشخص نشده و برای همین محدودیت برای رسم نمودار مکان-زمان وسایل نقلیه وجود دارد.

محور مورد مطالعه شامل تابلوهای اعلان سرعت مجاز ٦٠ کیلومتر بر ساعت بوده است، اما طبق برداشت‌های انجام شده در مطالعات قبل، سرعت متوسط و سرعت ۸۵ در صد در این مقطع به ترتیب ٦٥/١٨ و ٨٤ کیلومتر بر ساعت بوده است. زمان برداشت سرعت‌ها در دوره قبل از نصب تابلو در فصل تابستان ۱۳۹۷ و به تعداد ۲۱۸۱۰ برداشت و برداشت سرعت‌ها بعد از نصب تابلو در فصل پاییز ۱۳۹۷ و به تعداد ۲۲٦٦۲ برداشت صورت گرفت. همچنین از نرم‌افزار تحلیل آماری IBM SPSS Statistics 22.0 به منظور محاسبه پارامترهای مورد نیاز آماری و آزمون نرمال بودن داده‌ها، استفاده شد.

۳. تحلیل داده‌ها و نتایج

۱-۳ مطالعات میدانی

در مطالعات قبل و بعد بهتر است تا با استفاده از آزمون t، مشخص شود که بین میانگین سرعت‌های دو گروه از مجموعه داده‌ها از نظر آماری اختلاف قابل توجهی به چشم می‌خورد یا خیر. آزمون t یک فرض منطقی است از اینکه میانگین داده‌های موجود در هر نمونه با هم در سطح معناداری اختلاف دارند یا خیر. بنابراین H_0 متناظر با آن است که اختلافی بین میانگین‌ها نباشد به طور مثال، سرعت رانندگان تحت تاثیر نصب تابلوی متغیر خبری(VMS) قرار نگرفته باشد و H_1 متناظر با آن است که بین میانگین‌های دو گروه اختلاف وجود دارد. هم‌چنین در این تحقیق از آزمون تقریب نرمال نیز به منظور بررسی معنادار بودن اختلاف بین سرعت های میانگین در دو دوره مطالعاتی قبل و بعد استفاده شد.

۳-۱-۱ بررسی نرمال بودن داده ها، محاسبه چولگی و کشیدگی

ابتدا چولگی و کشیدگی داده‌ها آزمون می شود. چولگی معیاری از تقارن یا عدم تقارن تابع توزیع است و در حالت کلی چنانچه چولگی و کشیدگی در بازه (۲ ، ۲-) نباشند، داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار نیستند. در این مطالعه چولگی و کشیدگی داده‌ها در تمام نقاط برابر ۰/۰ است و مشاهده شد که مقدار چولگی و کشیدگی داده‌ها در تمام نقاط مورد بررسی، در بازه مورد نظر قرار داشته است و داده‌ها نرمال می‌باشند.

۳-۱-۲ استفاده از آزمون روش تقریب نرمال

آزمون آماری مورد استفاده در ارزیابی کافی بودن کاهش در میانگین سرعت‌های برداشت شده، روش آزمون تقریب نرمال است. از این آزمون می‌توان در مطالعات قبل و بعد با شرط اینکه اندازه نمونه از ۳۰ بیشتر باشد استفاده کرد که در همه شرایط داده‌ها شامل ۱- همه وسایل نقلیه ۲- وسایل نقلیه در موقعیت‌های مکانی مختلف نسبت به تابلو، این آزمون مورد استفاده قرار داده شد. سرعت میانگین قبل از نصب تابلو در حالت کل وسایل نقلیه ٦٥/١٨ کیلومتر بر ساعت بوده که بعد از اجرای تابلو سرعت میانگین ٤/٦ کیلومتر بر ساعت کاهش داشته و به ٦٠/٥٩ کیلومتر بر ساعت رسیده که همچنان از سرعت مجاز اعلام شده مسیر مورد مطالعه (٦٠ کیلومتر بر ساعت) بیشتر بوده است. در حالت‌های مختلف نیز آزمون تقریب نرمال انجام گرفت که در جدول ۱ نتایج این آزمون آورده شده است. √ نشان‌دهنده معناداری اختلاف بین میانگین حالت قبل نسبت به بعد است.

همچنین بررسی کاهش سرعت‌ها در مطالعات بعد نسبت به سرعت مجاز در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در هیچ یک از حالات در سطح اطمینان ۹۵ درصد به جز حالات سرعت وسایل نقلیه ۲۰ متر قبل از تابلو و سرعت وسایل نقلیه ۳۰ متر قبل از تابلو، سرعت مجاز در محدوده متوسط سرعت واقعی توزیع کلی قرار ندارد و بهتر است از ابزارهای آرام‌سازی دیگر به طور توامان با تابلو استفاده شود.

۳-۱-۳ استفاده از آزمون t

در حالت های مختلف آزمون t انجام گرفت که در جدول ۲ نتایج این آزمون آورده شده است. √ نشان‌دهنده تأیید احتمال وقوع این‌که t محاسبه شده در ۵ درصد ناحیه دنباله قرار گرفته است. در تمام حالت‌های پژوهش، میزان کاهش میانگین سرعت‌ها از لحاظ آماری با استفاده از آزمون t قابل قبول هستند.

٤-۱-۳ بررسی سرعت در نقطه کنترلی

به منظور بررسی تغییرات فصلی در دوره‌های آماربرداری، برداشت سرعت‌ها در نقطه‌ای کنترلی نیز انجام شد تا دقت آماربرداری‌ها افزایش یافته و تهدیدات وارده به اعتبار مطالعه به حداقل بر سد. نتایج برداشت‌ها در نقطه کنترلی به صورت جدول ۳ بدست آمده است. میزان تغییرات سرعت میانگین در نقطه کنترلی در زمان بعد نسبت به زمان قبل از اجرا ۷/۰۲ کیلومتر بر ساعت افزایش داشته است. سرعت میانگین قبل از اجرا ٥٩/٨٩ کیلومتر بر ساعت و سرعت میانگین در زمان بعد ٦٦/٩١ کیلومتر بر ساعت بوده است. به منظور صحت و سقم آماری، آزمون‌های مربوط به نرمال بودن و سایر آزمون‌ها بر روی داده‌های بدست آمده در نقطه کنترلی صورت می‌پذیرد. همانطور که در جدول ۳ مشاهده می شود، میانگین سرعت‌ها در برداشت بعد به میزان ۷/۰۲

جدول ۱. نتایج آزمون تقریب نرمال داده‌ها

بررسی $P(Z_d)>95\%$	$P(Z_d)$	Z_d	محدوده متوسط سرعت واقعی توزیع کلی، در سطح اطمینان ۹۵٪ Km/h		میزان کاهش سرعت مورد انتظار نسبت به سرعت مجاز ۶۰ km/h (km/h)	کاهش سرعت (km/h)	واریانس	میانگین (km/h)	تعداد	دوره آماربرداری	برداشت سرعت‌ها
			حد پایین	حد بالا							
√	۱۰۰	۲۸/۶۹	۶۰/۳۷	۶۰/۸	۵/۱۸	۴/۶	۲۹۵/۳۵۳	۶۵/۱۸	۲۱۸۱۰	قبل	کل وسایل نقلیه
							۲۵۵/۵۰۶	۶۰/۵۹	۲۲۲۶۲	بعد	
√	۱۰۰	۱۱/۵۱	۵۶/۰۳	۵۷/۰۱	۵/۷۵	۴/۲۶	۲۸۷/۰۹۲	۶۵/۷۵	۴۱۵۰	قبل	۵۰ متر قبل از تابلو
							۲۵۱/۱۴۲	۶۱/۴۹	۴۲۲۵	بعد	
√	۱۰۰	۱۹/۶۲	۵۸	۵۸/۹۸	۵/۷۵	۷/۲۶	۲۸۷/۰۹۶	۶۵/۷۵	۴۰۵۵	قبل	۳۰ متر قبل از تابلو
							۲۵۲/۸۱۲	۵۸/۴۹	۴۱۲۵	بعد	
√	۱۰۰	۱۹/۵۴	۶۱	۶۱/۹۸	۳/۷۵	۷/۲۳	۲۸۷/۰۹۶	۶۳/۷۵	۴۳۱۵	قبل	۲۰ متر قبل از تابلو
							۲۵۲/۸۱۲	۵۶/۵۲	۴۳۸۰	بعد	
√	۱۰۰	۱۷	۶۰/۳۹	۶۱/۴۹	۳/۳۲	۲/۳۸	۳۰۲/۶۴۳	۶۳/۳۲	۳۱۲۰	قبل	همان مقطع محل نصب تابلو
							۲۴۲/۰۷۸	۶۰/۹۴	۳۲۴۰	بعد	
√	۱۰۰	۵/۵۳	۶۲/۶۶	۶۳/۲۲	۵/۳۲	۲/۳۸	۳۰۲/۶۴۳	۶۵/۳۲	۳۰۴۰	قبل	۲۰ متر بعد از تابلو
							۲۴۲/۰۷۸	۶۲/۹۴	۳۱۱۲	بعد	
√	۱۰۰	۵/۵۳	۶۲/۶۶	۶۳/۲۲	۷/۳۲	۲/۳۸	۳۰۲/۶۴۳	۶۷/۳۲	۳۱۳۰	قبل	۵۰ متر بعد از تابلو
							۲۴۲/۰۷۸	۶۴/۹۴	۳۱۸۰	بعد	

کیلومتر بر ساعت افزایش نشان داده‌اند که می‌توان چنین افزایش سرعتی را نشان‌دهنده تأثیر بیشتر اجرای تابلوی پیام متغیر، به‌منظور آرام‌سازی ترافیک با توجه به آمارهای برداشت شده دانست.

۳-۲ پروفیل سرعت

برای مقایسه بهتر نتایج بدست آمده از برداشت سرعت‌ها، پروفیل سرعت میانگین در دو حالت مطالعات قبل و مطالعات بعد در شکل ٦ ملاحظه می شود. این مطالعه به دلیل برخورداری از تعدد سنسورهای ثبت سرعت امکان تعیین نقطه بهینه عملکردی کاهش سرعت را تحت شرایط مختلف جانمایی دارا می باشد. در این پژوهش با توجه به شرایط ترافیکی محل مطالعه، بیشترین کاهش سرعت در فا صله ۳۰ متری قبل از محل نصب تابلو اتفاق افتاده است.

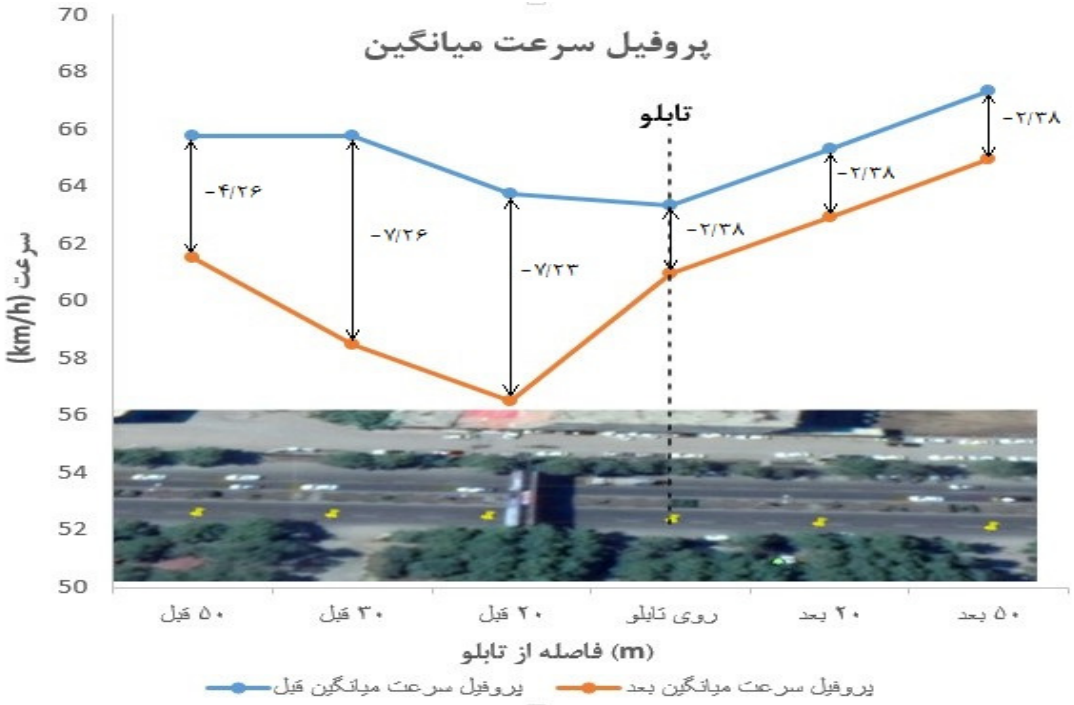
جدول ۲. نتایج آزمون t داده‌ها

اهمیت‌دار بودن اختلاف میانگین	p-value	کاهش سرعت (km/h)	واریانس	میانگین (km/h)	تعداد	دوره آمار برداری	برداشت سرعت‌ها
√	۰/۰	٤/٦	۲۹٥/۳٥۳	٦٥/۱۸	۲۱۸۱۰	قبل	کل وسایل نقلیه
			۲٥٥/٥۰٦	٦۰/٥۹	۲۲۲٦۲	بعد	
√	۰/۰	٤/۲٦	۲۸۷/۰۹۲	٦٥/۷٥	٤۱٥۰	قبل	٥۰ متر قبل از تابلو
			۲٥۱/۱٤۲	٦۱/٤۹	٤۲۲٥	بعد	
√	۰/۰	۷/۲٦	۲۸۷/۰۹٦	٦٥/۷٥	٤۰٥٥	قبل	۳۰ متر قبل از تابلو
			۲٥۲/۸۱۲	٥۸/٤۹	٤۱۲٥	بعد	
√	۰/۰	۷/۲۳	۲۸۷/۰۹٦	٦۳/۷٥	٤۳۱٥	قبل	۲۰ متر قبل از تابلو
			۲٥۲/۸۱۲	٥٦/٥۲	٤۳۸۰	بعد	
√	۰/۰	۲/۳۸	۳۰۲/٦٤۳	٦۳/۳۲	۳۱۲۰	قبل	همان مقطع محل نصب تابلو
			۲٤۲/۰۷۸	٦۰/۹٤	۳۲٤۰	بعد	
√	۰/۰	۲/۳۸	۳۰۲/٦٤۳	٦٥/۳۲	۳۰٤۰	قبل	۲۰ متر بعد از تابلو
			۲٤۲/۰۷۸	٦۲/۹٤	۳۱۱۲	بعد	
√	۰/۰	۲/۳۸	۳۰۲/٦٤۳	٦۷/۳۲	۳۱۳۰	قبل	٥۰ متر بعد از تابلو
			۲٤۲/۰۷۸	٦٤/۹٤	۳۱۸۰	بعد	

جدول ۳. نتایج آماربرداری نقطه کنترلی

سرعت ۸٥ درصد (km/h)	واریانس	انحراف استاندارد	میانگین (km/h)	تعداد	نقاط کنترلی در هر دوره
۸۲	۲۹۷/۹٦	۱۷/۲٦	٥۹/۸۹	۳٥۸	قبل
۸۸	۳۰۸/۸٦	۱۷/٥۷	٦٦/۹۱	٤۳٥	بعد
کشیدگی نمودارهای توزیع نرمال					
وضعیت	کشیدگی (kurtosis)				نقاط کنترلی در هر دوره

√			−۱					قبل
√			−۱/۰۲					بعد
استفاده از آزمون روش تقریب نرمال								
بررسی $P(Z_d)>95\%$	$P(Z_d)$ (٪)	Z_d	کاهش سرعت (km/h)	واریانس	میانگین (km/h)	تعداد	دوره آماربرداری	برداشت سرعت‌ها
√	۱۰۰	۵/۷۵	−۷/۰۲	۲۹۷/۹۶ ۳۰۸/۸۶	۵۹/۸۹ ٦٦/۹۱	۳۵۸ ٤۳۵	قبل بعد	تمامی وسایل نقلیه
استفاده از آزمون t								
اهمیت‌دار بودن اختلاف میانگین	p-value	کاهش سرعت (km/h)	واریانس	میانگین (km/h)	تعداد	دوره آماربرداری	برداشت سرعت‌ها	
√	۰/۰	−۷/۰۲	۲۹۷/۹٦ ۳۰۸/۸٦	۵۹/۸۹ ٦٦/۹۱	۳۵۸ ٤۳۵	قبل بعد	تمامی وسایل نقلیه	



شکل ٦. پروفیل سرعت میانگین مطالعات قبل و بعد

٤. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

به دنبال یافتن اقدامی چاره‌جویانه برای کاهش سـرعت، تابلوی پیام متغیر با خصوصیات ویژه‌ای به منظور آرام‌سازی ترافیک در محور کمربندی امیرکلا واقع در ا ستان مازندران اجرا گردید. به منظور بررسی تأثیرگذاری این تابلو، مطالعه‌ای به صورت قبل و بعد بر میانگین سرعت و سایل نقلیه عبوری از این مقطع انجام شد. در نقطه‌ای از این مقطع آماربرداری متناظر با بردا شت قبل و بعد، به عنوان نقطه کنترلی نیز انجام گر فت تا تأثیر تغییر فصلی سرعت نیز زیر نظر قرار گیرد.

مزیت و نوآوری این پژوهش نسبت به مطالعات مشابه عبارتست از: ۱. میزان هزینه بسیار پایین‌تر استفاده از سنسورهای ساخته شده به منظور جمع‌آوری داده‌های سرعت، نسبت به دوربین‌های پیشرفته کنترل و برداشت سرعت که عمدتا توسط پلیس راهنمایی و رانندگی استفاده می‌شود. ۲. امکان برداشت پروفیل سرعت در نقاط مختلف مسیر: با بدست آوردن پروفیل سرعت مسیر می‌توان میزان محدوده تاثیر تابلوها و دوربین‌های سرعت، محاسبه و تعیین گردد. ۳. امکان برداشت سرعت با توجه به تکنولوژی مادون قرمز بدون اثر شرایط جوی، روز و شب و دیگر عوامل محیطی.

بعد از اتمام برداشت‌ها، آزمون‌های آماری مورد نیاز نظیر آزمون نر مال بودن داده ها، آزمون تقر یب نر مال و آزمون t، در هر مرحله به منظور بررسی آماری کافی بودن کاهش سرعت‌های میانگین، انجام گرفت. آزمون‌های آماری نشان داد که صحت و سقم نتایج آماربرداری‌ها در تمامی حالت‌ها مورد تأیید بوده است.

با توجه به نتایج بد ست آمده، سرعت میانگین مطالعات بعد در حالت‌های ۲۰ متر قبل از تابلو، ۳۰ متر قبل از تابلو، ۵۰ متر قبل از تابلو، همان مقطع محل نصب تابلو، ۲۰ متر بعد از تابلو و ۵۰ متر بعد از تابلو نسبت به سرعت‌های میانگین در مطالعات قبل به ترتیب ۷، ۱۱/۳، ۱۱، ٦/٥، ۳/۷، ۳/٦، ۳/٥ درصد کاهش داشتند. هم‌چنین سرعت ۸۵ درصدی که به عنوان سرعت عملکردی در نظر گرفته می‌شود، در حالت‌های ۲۰ متر قبل از تابلو، ۳۰ متر قبل از تابلو، ۵۰ متر قبل از تابلو، هم‌مان مقطع محل نصب تابلو، ۲۰ متر بعد از تابلو و ۵۰ متر بعد از تابلو به ترتیب ٦، ۷، ۷، ٤، ۳، ۳، ۳ کیلومتر بر ساعت کاهش پیدا کرد. با مقایسه کاهش سرعت‌های میانگین و سرعت ۸۵ درصدی در مطالعات بعد نسبت به قبل، با توجه به نتایج می‌توان گفت که قبل از تابلوی پیام متغیر رانندگان با مشاهده تابلو و اطلاعات سرعت نمایش داده شده روی آن، سرعت خود را به طور قابل قبولی کاهش می‌دهند که در نزدیکی تابلو و در فاصله ۲۰ متر مانده به تابلو سرعت ۸۵ در صدی ۷ کیلومتر بر ساعت کاهش یافت. این در حالی است که رانندگان بعد از مشاهده تابلو و عبور از آن مجددا سرعت خود را افزایش داده اما به طور کلی سرعت ۸۵ در صدی بعد از تابلو نیز در مطالعات بعد نسبت به مطالعات قبل کاهش می یابد. بیشترین کاهش برای میانگین سرعت وسایل نقلیه در حالات ۳۰ متر قبل از تابلوی پیام متغیر با ۷/۲٦ کیلومتر بر ساعت کاهش سرعت بوده است و بیشترین کاهش سرعت ۸۵ در صدی مربوط به ۲۰ متر و ۳۰ متر قبل از تابلوی پیام متغیر بوده که ۷ کیلومتر بر ساعت کاهش سرعت مشاهده شد. هم‌چنین تحقیقات در زمینه تکرار تابلوی مشابه یا تابلوی ثابت در فاصله بعد از این تابلو به منظور حفظ این کاهش سرعت در جریان است.

با توجه به نتایج این پژوهش سرعت میانگین و ۸۵ درصدی عبور وسایل نقلیه کاهش یافته و به میزان قابل توجهی خطر بروز تصادفات کم می‌شود و به تبع آن ایمنی مسیر مورد مطالعه افزایش پیدا می‌کند. با بررسی‌های جامع‌تر می‌توان میزان کاهش این خطرات را ارزیابی کرد که نیازمند در اختیار داشتن آمار تصادفات مسیر ا ست. تعیین میزان دقیق کاهش آمار تصادفات از اهداف این پژوهش ناست اما در همین راستا مطالعاتی در دست انجام است.

همانطور که در مقدمه مقاله نیز اشاره شد سرعت اثر منفی بر ایمنی جاده‌ها دارد و از جمله عوامل اصلی بروز تصادفات است. کاهش سرعت با ابزارهای آرام‌سازی و به‌خصوص تابلو پیام متغیر (VMS) که در این پژوهش از آن استفاده شده است، با توجه به مطالعات انجام شده در گذشته جوابدهی داشته است. همچنین هزینه‌های کاهش سرعت با تابلو به مراتب کمتر از سایر ابزارها است. به همین دلایل مدیران و برنامه‌ریزان حمل و نقل می‌توانند از یافته‌های این پژوهش به منظور آرام‌سازی جریان ترافیک در ورودی شهرها و یا نقاط خاص استفاده کنند. یافته‌های این پژوهش می‌تواند به مدیران و برنامه‌ریزان حمل و نقل کمک کند تا طراحی تابلوی پیام متغیر موثرتری نسبت به موارد م شابه دا شته با شند. هم‌چنین با ا ستفاده از سنسورهای

ساخته شده می‌توان به راحتی پروفیل سرعت مسیر را مشخص کرد و در جهت افزایش سطح ایمنی جاده‌ها گام برداشت.

در آینده می‌توان با اســـتفاده از تابلوهای پیام متغیر و ســـایر ابزارهای آرام سازی ترافیک نظیر سرعت گیرها، سرعت کاه‌ها، طرح‌های مختلف خط‌کشی مسیر به طور توأمان استفاده کرد تا بتوان با کاهش ســرعت، ایمنی مقطع راه را که علاوه بر کاربران خودرویی، کاربران دیگری چون عابران پیاده، دوچرخه سواران و ... استفاده می‌کنند را فراهم نمود. هم‌چنین به منظور بالا بردن دقت نتایج این نوع مطالعات می‌توان از ادوات دیگری نظیر دوربین‌های IP^ در کنار تابلوی پیام متغیر اســـتفاده کرد که با بهره‌گیری از الگوریتم پردازش تصـــویر قابلیت پلاک خوانی و تفکیک کامل وســـایل نقلیه را دارند اما دارای هزینه‌های بالای نصب و راه‌اندازی هستند.

۵. پی‌نوشت‌ها

1- Variable Message Sign

2- Portable Variable Message Sign

3- Intelligent Transportation System

4- Ergonomic

5- Work Zone

6- Internet of Things

7- Passive InfraRed

8- Internet Protocol

٦. مراجع

- حقیقی، ف.، یوســـفی، ح.، جعفری، ر.و اکبری، ع. (۱۳۹۳) "بررســـی تاثیر تمهیدات آرام‌ســـازی ادراکی ترافیک در کاهش ســـرعت ورودی شـــهرها در دنیای واقعی و محیط دســـتگاه شبیه‌سازی رانندگی"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۱۱، شماره ۲، ص. ۵۳۷-۵۲۵.

- شـیخ فرد، ع.، حقیقی، ف. و آزموده، م. (۱۳۹۷): ایمن‌ســازی تردد دانش‌آموزان با اجرای اقدامات ترافیکی. فصـــلنامه حمل و نقل، سال یازدهم، شماره دوم، ص. ۵۳۵-۵۲۵.

-Ahadi, M. and NasirAhmadi, K. (2015) "Determining the performance of variable message signs in intelligent transportation systems for road users", First Conference of Intelligent Transportation Systems, Tehran: 20-21 January 2015. (In Persian)

- Akbari, A., Haghighi, F. (2019) "Traffic calming measures: An evaluation of four low-cost TCMs' effect on driving speed and lateral distance", IATSS Research, pp.8.

-Bhalla, K., Naghavi, M., Shahraz s., Bartels, D., Murray, C. (2009) "Building national estimates of the burden of road traffic injuries in developing countries from all available data sources", Journal of Injury Prevention, Vol. 15, No.3, pp.150-156.

- Bai, Y., Yang, Y., Li, Y. (2015) "Determining the effective location of a portable changeable message sign on reducing the risk of truck-related crashes in work zone", Accident Analysis & Prevention, Vol.83, pp. 197-202.

-Campbell, J. L., Lichty, M. G., Brown, J. L., Richard, M. C., Graving, J. S., Graham, J. and Harwood, D. (2012) "NCHRP Report 600: Human factors guidelines for road systems Retrieved from (2nd Ed.), Washington, D.C: Transportation Research Board.

-De Ceunynck, T., Arien, C., Brijs, K., Brijs, T., Van Vlierden, K., Kuppens, J. and Wets, G. (2015) "Proactive ecaluation of traffic signs using a traffic sign simulator", European Journal of Transport and Infrastructure Research (EJTIR), Vol.15, No. 2, pp. 184-204.

-Dudek, C. L. and Ullman, G. L. (2002) "Flashing messages, flashing lines, and alternating one line on changeable message signs", Transportation Research Record,

Journal of the Transportation Research Board, Vol. 1803, No. 1, pp. 94-101.

-Fallah Zavareh, M., Mamdooni, A. and Nordfijaern, T. (2017) "The effect of indicating rear-end collision risk via variable message signs on traffic behavior", Traffic Psychology and Behavior, Vol.46, pp. 524-536.

- Formosa, N., Quddus, M., Ison, S., Abdel-Aty, M. and Yuan, J. (2020) "Predicting real-time traffic conflicts using deep learning", Accident Analysis and Prevention, Vol. 136.

-Hang, J., Yan, X., Ma, L., Duan, K. and Zhang, Y. (2018) "Exploring the effects of the location of the lane-end sign and traffic volume on multistage lane-changing behaviors in work zone areas: A driving simulator-based study", Transportation Research Part F, Traffic Psychology and Behaviourm Vol. 58, pp.980-993.

- Lai, Ch. (2010) "Effects of color scheme and message lines of variable message signs on driver performance ", Accident Analysis & Prevention, Vol.42, No.4, pp.1003-1008.

-La Torre, F., Domenichini, L. and Nocentini, A. (2017) "Effects of stationary work zones on motorway crashes", Safety Science, Vol. 92, pp.148-159.

- Ma, T., Antoniou, C. and Toledo, T. (2020) "Hybrid machine learning algorithm and statistical time series model for network-wide traffic forecast", Transportation Research Part C, Vol. 111, pp.352-372.

-Osman, M., Paleti, R. and Mishra, S. (2018) "Analysis of passenger-car crash injury severity in different work zone configuration", Accident Analysis and Prevention, Vol. 111, pp. 161-172.

- Qu, L., Li, W., Li, W., Ma, D. and Wang, Y. (2019) "Daily long-term traffic flow forecasting based on a deep neural network", Expert Systems with Applications, Vol. 121, pp. 304-312.

-Rahman, M. M., Strawderman, L., Garrison, T., Eakin, D. and Williams, C. C. (2017) "Work zone sign design for increased driver compliance and worker safety", Accident Analysis and Prevention, Vol. 106, pp. 67-75.

-Roca, J., Tejero, P. and Insa, B. (2018) "Accident ahead? Difficulties of drivers with and without reading impairment recognizing words and pictograms in variable message signs", Applied Ergonomics, Vol. 67, pp. 83-90.

- Shamsa, K., Shojaeizadeha, D., Majdzadehb, R., Rashidian, A. and Montazeri, A. (2011) "Taxi drivers' views on risky driving behavior in Tehran", Accident Analysis & Prevention, Vol. 43, No.3, pp.646-651.

- Sheykhfard, A. and Haghighi, F. (2019) "Driver distraction by digital billboards? Structural equation modeling based on naturalistic driving study data: A case study of Iran", Journal of Safety Research, Vol. 72, pp. 1-8.

-Shinar, D. and Vogelzang, M. (2013) "Comprehension of traffic signs with symbolic versus text displays", Transportation Research Part F: Traffic Psychology Behavior, Vol. 18, No. 4, pp.72-82.

- Song, T., Oh, Cheol., kim, T. and Yeon, J. (2010) "Estimation of legibility distance for portable variable message signs", Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 8, pp.1609-1620.

-Steinbakk, R. T., Ulleberg, P., Sagberg, F. and Fostervold, K. I. (2017) "Analyzing the influence of visible roadwork activity on drivers' speed choice at work zones using a video-based experiment", Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior, Vol. 44, pp. 53-62.

-Vignali, V., Bichicchi, A.,Simone, A., Lantieri, C., Dondi, G. and Costa, M. (2019) "Road sign vision and driver behavior in work zone",

Transportation Research Part F, Vol. 60, pp.474-484.

-Willians, B., Gibbons, R., Medina, A. and Connell, C. (2015) "Visibility of a color variable message sign in the fog", Annual Meeting Transportation Research Board, National Academic, Washington, D.C.

- Yan, X. and Wu, J. (2014) "Effectiveness of variable message signs on driving behavior based on a driving simulation experiment", Discrete Dynamics in Nature and Society, pp.1-9.

-Yang, H., Ozturk, O., Ozbay, K. and Xie, K. (2015) "Work zone safety analysis and modeling: A state-of-the-art review", Traffic Injury Prevention, Vol. 16, No. 4, pp. 387-396.

فرشیدرضا حقیقی، درجه کارشناسی خود در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۸۰ از دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل و درجه کارشناسی ارشد و دکتری خود در رشته مهندسی برنامه ریزی حمل-ونقل را در سال ۱۳۸۳ و ۱۳۹۰ از دانشگاه علم و صنعت ایران اخذ نمود .زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایمنی در حمل ونقل، سیستم حمل ونقل هوشمند و مدیریت ترافیک و در حال حاضر عضو هیئت علمی با مرتبه استادیاری در دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل است.

آرمین امیرسلیمانی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۹٤ از دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی راه و ترابری در سال۱۳۹۷ را از دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل اخذ نمود. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان ایمنی در ترافیک و سیستم های حمل و نقل هوشمند است.