



پیشگیری از خطر برخورد خودروها در محوطه

کارگاهی با استفاده از تکنولوژی VII

- امین کاظمی، دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب¹
فرهاد دهقان نیری، دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب²
حسن ذوقی، دکتری حمل و نقل دانشگاه علم و صنعت ایران، استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج³
¹aminkzm@yahoo.com، 09124613672
²farhad.dehghan.nayyeri@gmail.com، 09126623671
³H_zoghi@kia.ac.ir، 09123608194

چکیده

امروزه به علت ازدیاد عملیات تعمیر و نگهداری راه‌ها، تلفات و خسارات مالی ناشی از به وقوع پیوستن تصادفات در محل کارگاه‌های راهسازی¹ که به علت انحراف مسیر و کاهش سرعت خودروها می‌باشد، متخصصین را بر آن داشته است تا نسبت به ایجاد آگاهی به رانندگان، قبل از رسیدن به محل کارگاه، اقدامات جدی و موثری را انجام دهند. در این مقاله جدیدترین تکنولوژی هشدار به رانندگان به نام "VII²" (یکپارچه سازی زیرساختهای خودرو) و نحوه اجرای آن را بررسی کرده و آن را با دیگر سیستم‌های کنترلی سنتی مقایسه می‌کنیم.

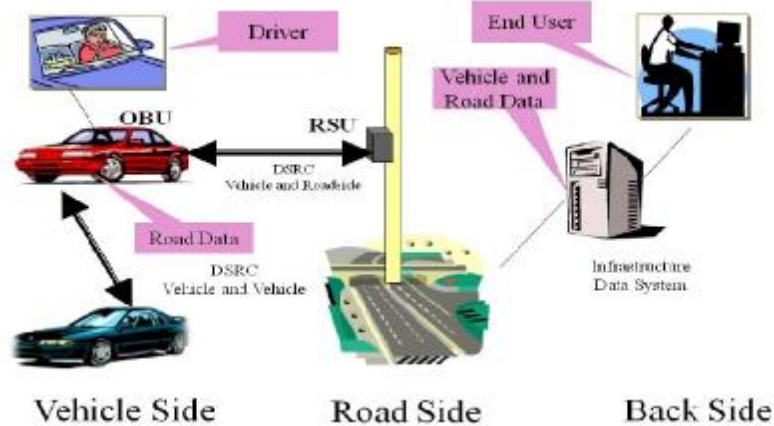
کلید واژه : محوطه کارگاهی ، یکپارچه سازی زیرساختهای خودرو ، سیستم‌های هشدار دهنده ، تنگنای مسیر

سیاست اصلی دولت‌ها و شرکت‌های راهسازی و راهداری در شرایط فعلی به علت محدود بودن فضای زیرساخت‌های راه، افزایش کار بازسازی و تعمیر و نگهداری برای ادامه کار سیستم بزرگراه‌ها می‌باشد. بنابراین ضمن حفظ ایمنی استفاده‌کنندگان از راه، مأموران و کارگران مربوطه، جریان روان و ایمن ترافیک و سرعت عمل در انجام کار، موضوع تمرکز اصلی شرکت‌های خصوصی و دولتی می‌باشد. از سال 2001 تا 2005 در آمریکا تعداد کشته‌شدگان در تصادفات وسایل نقلیه موتوری در محدوده محوطه کارگاهی از 989 به 1074 نفر افزایش یافته است و بعلاوه آن حجم بالای آسیب به وسایل و تجهیزات نیز به دنبال خواهد داشت که هزینه‌ای بالغ بر 6.2 میلیارد دلار در سال تخمین زده شده است.

هر چند که در سال‌های اخیر شاهد کاهش تلفات (720 نفر در سال 2008) بوده ایم، اما به هر شکل عملیات راهداری و راهسازی و کنترل ترافیک در جاده‌ها به دلیل تغییر وضعیت تردد، ممکن است به ایمنی و حرکت آزادانه وسایل نقلیه خلل وارد کند. لذا هشدار واضح و به موقع به استفاده‌کنندگان از راه، مسئله بسیار مهمی است که نیازمند بالا بردن کیفی سیستم‌های هشدار دهنده می‌باشد. آنالیزهای تصادفات ترافیکی محوطه کارگاهی نشان می‌دهد بیش از 70% از کل تصادفات و 90% از می‌دهد بیش از 70% از کل تصادفات و 90% از کل تلفات و صدمات هنگام ازدحام در ترافیک به وجود می‌آید که این ازدحام معمولاً در محل شروع تنگنای مسیر³ در محوطه کارگاهی به وجود می‌آید.

اقدامات کنترل ایمنی نسبی در محوطه کارگاه‌ها مانند تابلوهای خطر ساکن⁴، فلش‌های چشمک‌زن⁵ و حضور پلیس بدلیل هزینه‌های نسبتاً کم و کیفیت بهتر و مشکلات تکنیکی کمتر، مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما امروزه با پیشرفت فناوری اطلاعات در سیستم حمل و نقل برای بهبود ایمنی، روش‌های نوینی در رابطه با اعلام خطر به رانندگان به وجود آمده است.

در واقع سیستم VII یکی از جدیدترین سیستم‌های اعلام خطر امروزی می‌باشد که با گرفتن اطلاعات مربوط به موقعیت و سرعت رانندگان و بررسی آن با شرایط محیط کارگاهی و ظرفیتهای موجود، پیام‌های هشدار دهنده لازم را جهت اطلاع استفاده‌کنندگان از راه‌ها به کمک دستگاه‌های رادیویی مخابره می‌کند. (شکل 1)



شکل 1: طرح کلی تکنولوژی VII

VII سیستم ارتباطی گسترش یافته‌ای را استفاده می‌کند که به عنوان ⁶ DSRC (ارتباطات اختصاصی با برد کوتاه) شناخته شده است. انتظار می‌رود تا این سیستم با بالا بردن هوشیاری راننده درباره خطرات ترافیکی و شرایط پیشروی جاده مانند محوطه کارگاهی، بسته شدن راه و هوای نامساعد، ریسکهای تصادفات را کاهش دهد. [1]

2- بررسی موردی

قبل از آشنایی با سیستمهای هشدار دهنده امروزی ابتدا به بررسی کلی کاهش ظرفیت و ایمنی جاده‌ها در محوطه کارگاهی بزرگراه Tomei می‌پردازیم: [2]

- بررسی ظرفیت محل تراکم عبور و مرور و ایمنی ترافیک در محوطه کارگاهی بزرگراه Tomei در ژاپن با گذشت بیش از 40 سال از افتتاح این اتوبان بین شهری با توجه به ترافیک سنگین عبوری از این شاهراه ارتباطی، بسیار مهم است تا برای عملیات تعمیر و نوسازی مسیر، محوطه کارگاهی متعددی در مسیر ترافیک عبوری روزانه نباشد که موجب به وجود آمدن تنگناهای عبوری متعدد گردد.

³ BottleNeck

⁴ Static Warning Sign

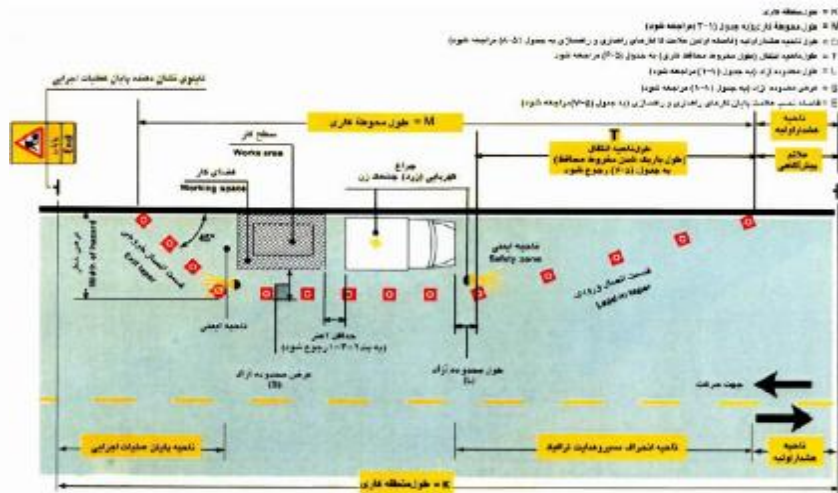
⁵ Flashing Arrow Sign

⁶ Dedicated Short-Range Communication

- به دلیل آنکه ظرفیت عبوری مسیرها غالباً بیشتر از محل تنگناها در محوطه‌های کارگاهی می‌باشد، لذا خودروها در قسمت سر منشأ BottleNeck با سرعت کمتر و با تأخیر قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با شرایطی که ازدحام نیست عبور می‌کنند. با افزایش تکرار کارها در سال، باعث نارضایتی مشتری از سرویسهای ارائه شده بوسیله اپراتورهای اتوبان می‌شود. در زاین جهت مقابله با این مسئله، با استفاده از تبلیغات تلویزیونی، بروشورها و پوسترهایی که در محل‌های استراحت اتوبانها در سالهای پیشتر قرار داده شده بود ترافیک عبوری تا 30% کاهش یافته و در نتیجه ازدحام ترافیکی مربوط به محیط کاری محاسبه شده در یک سال به اندازه 60% کاهش یافت.

سه روش کلی برای ارزیابی و تعیین ظرفیت مربوط به محیط کارگاهی وجود دارد:

1. نرخ تخلیه صفوف در طول وضعیت ازدحام
 2. نرخ جریان هنگامی که جریان ترافیکی به سرعت از حالت جریان بدون ازدحام به وضعیت راه بندان تغییر می‌کند
 3. حداکثر مقدار ارزیابی شده از دیگرام Q-V-K پایه
- فاکتور اول که بوسیله دستورالعمل ظرفیت بزرگراهها (HCM) بدست آمده است بر پایه تحقیقات Krammes و Lopez می‌باشد که مقدار ظرفیت 1600 ماشین عبوری در هر ساعت در هر لاین برای وضعیتهای مسدود شدن کوتاه مدت لاین بزرگراه پیشنهاد داده شده است. عامل ارزیابی دوم بر اساس تحقیقات Diox، Hummer، Jiag و Maze گرفته شده است. آنها ظرفیت متداول مسدود شدن مسیر را 1500-1550 ماشین عبوری در هر ساعت در هر لاین و نرخ تخلیه متداول صفوف را 1200-1375، تخمین زده‌اند.
- به کمک بررسی موردی فوق، می‌توان این نتیجه‌گیری را کرد یکی از بحرانی‌ترین نقاط محدوده کارگاهی که بیشترین نرخ تصادفات و کمترین ظرفیت عبوری در آن روی می‌دهد، در محل ابتدای عبور و بالاتر از آن می‌باشد. یعنی درست جایی که محل آغاز ازدحام خودروها می‌باشد. به همین دلیل بیشترین تمرکز مسائل ایمنی می‌بایست در خصوص استفاده از علائم و نشانه‌هایی باشد که استفاده کنندگان از مسیر قبل از رسیدن به محدوده کارگاهی از وضعیت جاده اطلاع پیدا کنند.
- شکل شماره 2 قسمتهای مختلف یک منطقه کارگاهی را نشان می‌دهد که با نامگذاری هر منطقه، طول و علائم مخصوص به هر ناحیه را می‌توان از آیین‌نامه استخراج نمود. [3]



شکل 2: طرح عمومی یک منطقه کارگاهی (Work Zone)

علائم پیش آگاهی که اصولاً در مناطق کارگاهی نصب می‌شوند شامل مخروطهای ایمنی، چراغهای روشنایی، علائم و فلشهای هدایت مسیر، حفاظت ترافیکی و تابلوهای اطلاعاتی می‌باشد که به صورت معمول در تمام راههای کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما از آنجاکه همواره در بحث ایمنی سعی آن داریم تا روشهای نوین را برای بالا بردن سطح ایمنی به کار گیریم، متخصصان روشهای نوینی را ابداع کرده‌اند که یکی از جدیدترین این روشها سیستم (Vehicle Infrastructure Integration) می‌باشد که در ادامه به بررسی این روش می‌پردازیم.

3- سیستم Vehicle Infrastructure Integration (یکپارچه سازی زیرساختهای خودرو)

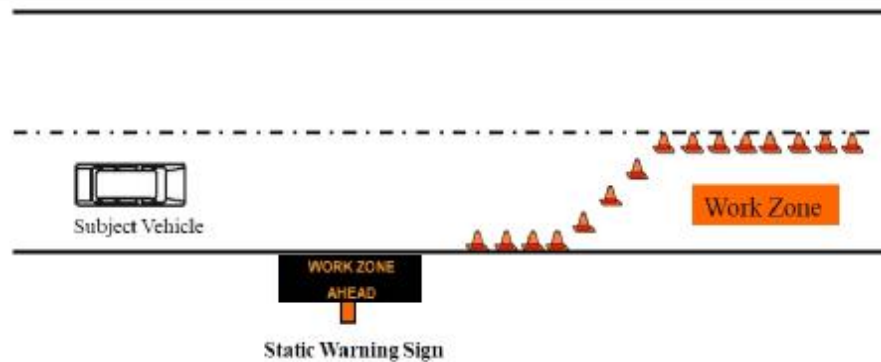
هنگامی که از فناوری اطلاعات در سیستم حمل و نقل برای بهبود ایمنی محوطه کارگاهها استفاده شد، کارگاه های هوشمند جدید با سیستم حمل و نقل هوشمند (ITS) بتدریج گسترش یافت. تکنولوژی VII این فرصت را برای بهبود مشکلات ایمنی در محوطه کارگاهها به وجود آورد. برنامه VII این توانایی را دارد تا ارتباط سازمان (تأسیسات زیربنایی حمل و نقل) را فراهم سازد تا اطلاعات ترافیکی جاده‌ای بلادرنگ بین وسایل نقلیه و وسایل کنار جاده (RSU⁷) تبادل شود.

از تکنولوژی VII انتظار می‌رود تا با بالا بردن هوشیاری راننده درباره خطرات ترافیکی و شرایط پیشروی جاده مانند کارگاه ها، بسته شدن راه و هوای نامساعد، ریسک های تصادفات را کاهش دهد. اطلاعات جاده‌ای می‌تواند به اشکال مختلف از جمله متن، صدا و تصویر ارائه شود. دو مشکل عمده

برای اقدامات جاری کنترل ایمنی محوطه کارگاه‌ها (علامتهای ثابت محدودیت سرعت، فلشهای چشمک‌زن و حضور پلیس) شناخته شده است. مشکل اول محدودیت راه‌های ارائه اطلاعات به رانندگان می‌باشد که به طور معمول یک سمبل یا متن ساده می‌باشد که معمولاً کمتر از چیزی است که رانندگان برای تصمیم‌گیری به موقع به آن نیاز دارند. دوم اینکه سیستمهای امروزی به صورت سیستم ارتباطی یکطرفه عمل می‌کنند. بدین ترتیب که تنها وسایل کنترل ترافیکی می‌توانند اطلاعات را به وسایل نقلیه منتقل کنند در حالی که وسایل نقلیه نمی‌توانند اطلاعاتی به وسایل کنترل ترافیک بفرستند. تکنولوژی VII یک ارتباط بلادرنگ دوطرفه بین وسایل نقلیه و سازمان برقرار می‌کند که سیستم کنترل ایمنی کارگاهها را قادر می‌سازد تا مؤثرترین راه را برای بالا بردن ریسکهای ایمنی انتخاب کنند.

برای مقایسه کارایی سیستم اخطار محوطه کارگاهی بر پایه VII با اقدامات کنترل ایمنی کارگاهی موجود (روش‌های سنتی)، سه نوع سناریوی زیر برای محیط شبیه‌سازی رانندگی طراحی شده است:

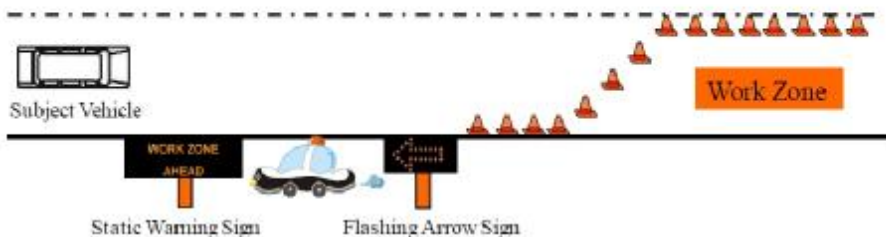
برای سناریوی اول از تابلوهای خطر ساکن که جزو اقدامات کنترل ایمنی سنتی می‌باشند برای اینکه به رانندگان اطلاع دهند که یک محوطه کارگاهی در پیش رو دارند استفاده شده است. در شکل 3 چیدمان سناریوی 1 شرح داده شده است.



شکل 3: نحوه چیدمان سناریوی اول

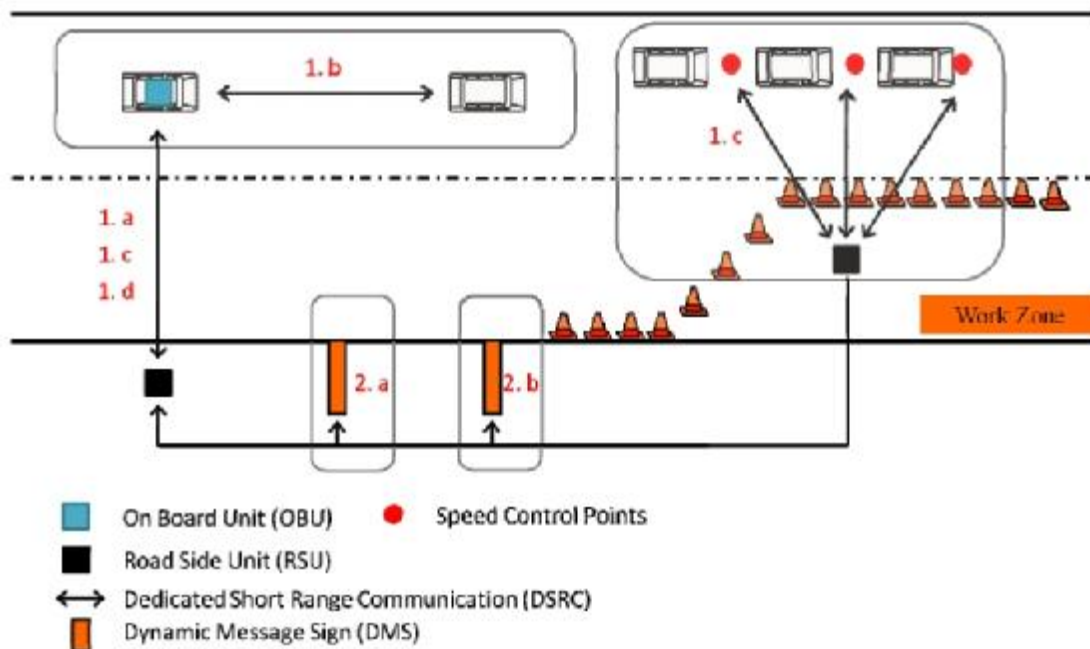
1) برای سناریوی دوم ترکیبی از اقدامات کنترل ایمنی در محوطه کارگاه شامل تابلوی خطر ساکن، فلشهای چشمک‌زن و حضور پلیس قرار گرفت. چیدمان سناریوی دوم در شکل 4 نشان داده شده است.

⁷Roadside Unit



شکل 4: نحوه چیدمان سناریوی دوم

(2) در سناریوی سوم سیستم پیشگیری از تصادف محوطه کارگاهی بر پایه VII ارائه شده است. چیدمان این سناریو در شکل 5 نشان داده شده است که شامل سیستم اخطار داخل خودرویی به راننده و اعلان پیام هوشمند می باشد.



شکل 5: نحوه چیدمان سناریوی سوم

"سیستمهای هشدار فناوری VII⁸ به رانندگان که در شکل 5 نشان داده شده است، شامل چهار نوع اخطار زیر می باشد:

1.a) خطر وجود محوطه کارگاهی: با نزدیک شدن به محوطه کارگاهی، یک خطر صوتی برای یادآوری راننده با عنوان نزدیک شدن به محوطه کارگاهی و چیدمان هندسی آن به صورت یک لاین بسته یا یک جهت بسته می‌دهد.

1-b) خطر فاصله بین وسایل نقلیه: به کمک این سیستم، خودروها می‌توانند فاصله بین خود را تنظیم کنند و در صورتی که کمتر از آستانه اطمینان باشد، پیام خطر صوتی به راننده داده می‌شود.

1-c) خطر سرعت متداول محدوده کارگاهی: با این روش، رانندگان برای کاهش سرعت که به شدت در منطقه کاری اتفاق می‌افتد، آماده می‌شوند.

1-d) خطر محدودیت سرعت: برای اجبار محدودیت سرعت برای هر قسمتی از بزرگراه، نه فقط در محدوده کارگاهی استفاده می‌شود.

همچنین اعلان پیام پویای هوشمند⁹ که در جلوی محوطه کارگاهی نصب می‌شود و در شکل با عنوان 2.a و 2.b مشخص شده است دو نوع اطلاعات زیر را به RSU ها می‌فرستند:

2-a) اطلاعات وضعیت محوطه کارگاهیها

2-b) اطلاعات وضعیت ترافیکی شامل سرعت وسایل نقلیه

به هر شکل تمام سناریوهای فوق در داخل محیط های آزمایشگاهی به کمک دستگاه های شبیه ساز¹⁰ بازسازی می‌شوند و از افراد مختلف با شرایط سنی و تجربه‌های رانندگی متفاوت درخواست می‌شود تا پس از گذراندن دوره‌های آموزشی مخصوص، در این آزمایشها شرکت کرده و میزان رضایت‌مندی خود را از هر کدام در داخل برگه‌های نظرخواهی مشخص کنند. (شکل 6) [4]



شکل 6: نمونه دستگاه شبیه سازی مورد استفاده در این آزمایش

⁸ Intelligent Dynamic Message Signs System

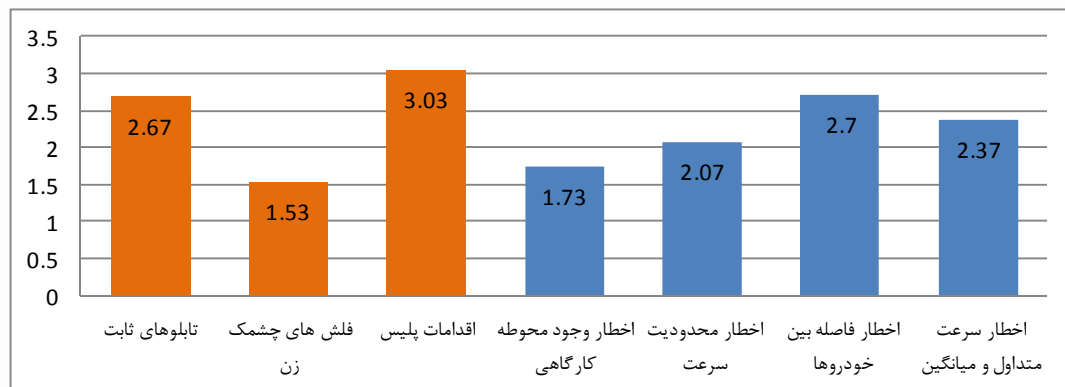
4- تحلیل نتایج

برای ارزیابی تأثیرات روش های مختلف اعلان هشدار به رانندگان در محدوده محوطه کارگاهی از شرکت کنندگان خواسته شد تا میزان مفید بودن هر یک از روش ها را با عددی از 1 تا 5 مطابق جدول 1 مشخص کنند.

جدول 1: میزان مفید بودن هر یک از روش های اعلان هشدار

مقدار تأثیر گذاری	عدد اختصاص یافته
بسیار زیاد	1
زیاد	2
متوسط	3
کم	4
بدون تأثیر	5

پس از جمع آوری اطلاعات، نتایج به کمک نرم افزار Excel و SPSS تحلیل شده و نمودار زیر بدست آمد. (شکل 7)



شکل 6: میانگین امتیازات روش های مختلف اعلان هشدار

روش های اعلان هشدار سنتی و معمول ■
روش های اعلان هشدار مبتنی بر فناوری VII ■

پس از بررسی و ارزیابی نتایج آزمایشات حاصل از 30 مورد رانندگی مختلف، مشخص شد که اقدام کنترلی محوطه کارگاهی شامل فلش های چشمک زن از موارد سنتی و خطارهای صوتی وجود محوطه کارگاهی از سیستمهای کنترلی جدید (VII)، برترین و تأثیر گذارترین اقدامات محوطه کارگاهی می باشند. همچنین کمترین تأثیر گذاری نیز مربوط به اقدامات پلیس می شد. البته سیستم VII هنوز در حد محیط آزمایشگاهی می باشد و فعلاً اجرای انبوه آن هزینه‌هایی را می طلبد.

⁹ In-Vehicle Driver Warning System

¹⁰ Driving Simulator

5 - نتیجه گیری

با توجه به اینکه امروزه احداث راههای جدید به دلیل کمبود فضا برای اجرای زیرساختهای راهسازی مقرون به صرفه نمی باشد، تمرکز اکثر سازمانهای مرتبط با راهسازی و راهداری معطوف به تعمیر و نگهداری راههای موجود برای سالهای متمادی می باشد. این مهم سبب می شود تا کارگاههای راهداری در محدوده جاده‌های عبوری که به طور همزمان ترافیک عادی را از خود عبور می دهند، قرار بگیرند و تنگناهای مسیر را برای عبور و مرور وسایل نقلیه به وجود آورند.

این تنگناها باعث پایین آمدن ظرفیت مسیرها و در نتیجه بالا رفتن ازدحام در محوطه کارگاه ها می گردند که یکی از اصلی ترین دلایل وقوع تصادف در جاده می باشد. از همین روی اهمیت بالای ایمنی در محوطه کارگاهی، متخصصین را بر آن داشته است تا نسبت به ایجاد سیستمهای کنترلی مدرن جهت اطلاع رسانی به رانندگان اقدام نمایند. در این مقاله پس از بررسی کلی پیامدهای ناشی از تنگناهای مسیر بر وضعیت رانندگی، راهکارهای سنتی و مدرن اطلاع رسانی به استفاده کنندگان جاده در جهت پایین آوردن ریسک رانندگی مورد ارزیابی قرار گرفت.



6 - منابع و مراجع

1. *VEHICLE INFRASTRUCTURE INTEGRATION (VII) Architecture and Functional Requirements* , Prepared for the ITS Joint Program Office by PB Farradyne , April 8th 2005
2. Jian Xing , HidekiTakahashi , KazuhikoIida , "Analysis of bottleneck capacity and traffic safety in Japanese expressway work zones" in 89th TRB annual meeting, Washington D.C 2010
3. آیین نامه ایمنی راهها ، نشریه شماره 6-267 ، ایمنی در عملیات اجرایی
4. Yi Qi, Xin Chen, Lane Yang, " Vehicle Infrastructure Integration (VII) Based Road-Condition Warning System for Highway Collision Prevention" Report No:SWUTC/09/476660-00043-1, May 2009



APPLICATION OF VEHICLE INFRASTRUCTURE INTEGRATION (VII) TECHNOLOGY FOR WORKZONE COLLISION PREVENTION

Amin Kazemi, Graduate student of Transportation, Azad Islamic University,
South Tehran Branch

Farhad Dehghan Nayeri, Graduate student of Transportation, Azad Islamic
University, South Tehran Branch

Hasan Zoghi, Assistant Professor, Azad Islamic University, Karaj Branch

ABSTRACT

technological reform that can mitigate the problem. As a result, the Vehicle Infrastructure Integration (VII) program, a major intelligent transportation systems (ITS) initiative, seeks to revolutionize transportation by creating an enabling communication infrastructure between vehicles and roadside to provide significant safety, mobility and commercial benefits. This research designs a VII technology-based system for improving the safety performance of work zones and tests the effectiveness of the proposed system by driving simulator experiments.

Keywords: Work Zone , Vehicle Infrastructure Integration(VII) , Warning Systems, BottleNeck