

مروری بر اقدامات ایمنی جهت کاهش تصادفات در مناطق عملیات عمرانی

کیوان آقاییک، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران، ایران
حسین توانا رضائی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران، تهران، ایران
وحید فخرائیان، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران، تهران، ایران
پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Kayvan.Aghabayk@ut.ac.ir
دریافت: ۹۶/۰۱/۰۶ - پذیرش: ۹۶/۰۳/۱۸

چکیده

توجه ویژه به مقوله بهسازی و نوسازی از یک سو و حجم ترافیک از سوی دیگر، این روزها ایمنی مناطق عملیات عمرانی را بسیار حائز اهمیت می‌سازد. عملیات عمرانی مناسب و در عین حال حفظ تردد ایمن یکی از اهداف و وظایف اساسی مسئولین و متخصصین ذی‌ربط می‌باشد. شرایط رانندگی در محدوده مناطقی که عملیات عمرانی در حال اجراست با شرایط رانندگی عادی متفاوت است. به‌علاوه شرایط رانندگی در هر منطقه‌ای از محدوده عملیات عمرانی ممکن است با منطقه دیگر متفاوت باشد. این عوامل می‌تواند منجر به نقض انتظار استفاده‌کنندگان راه و لذا باعث تراکم، مانورهای نامنظم و درنهایت تصادف و کاهش ایمنی شود. کمبود دانش راننده از نحوه رانندگی و اقدامات مناسب مربوط به این مناطق، اشتباه و عدم تبعیت از قوانین ترافیکی و عدم آگاهی از وجود مناطق عمرانی و یا کارگران نیز موجبات کاهش ایمنی را فراهم می‌سازد. این مقاله با مروری بر اقدامات ایمنی ممکن در مناطق عملیات عمرانی قصد دارد ابزار مناسبی در اختیار مسئولین و متخصصین ذی‌ربط قرار دهد تا وابسته به شرایط با انتخاب اقدامات مناسب، باعث ارتقای ایمنی و کاهش تصادفات مربوطه گردند.

واژه‌های کلیدی: اقدامات ایمنی، ایمنی راه، عملیات عمرانی، تصادفات

1- مقدمه

خلاصه به شرح ذیل بیان نمود. شرایط رانندگی در محدوده مناطقی که عملیات عمرانی در حال اجراست با شرایط رانندگی عادی متفاوت است. به‌علاوه شرایط رانندگی در هر منطقه‌ای از محدوده عملیات عمرانی ممکن است با منطقه دیگر متفاوت باشد. این عوامل می‌تواند منجر به نقض انتظار استفاده‌کنندگان راه و لذا باعث تراکم، مانورهای نامنظم و درنهایت تصادف و کاهش ایمنی شود. کمبود دانش راننده از نحوه رانندگی و اقدامات مناسب مربوط به این مناطق، اشتباه و عدم تبعیت

تامین ایمنی و حفظ کارآمدی جریان ترافیک در محدوده عملیات عمرانی راه یک اولویت مهم برای مقامات حمل و نقلی می‌باشد. در یک بررسی، مناطق عملیات عمرانی در مسیر به عنوان دومین عامل در ایجاد خلل در جریان ترافیک و باعث نارضایتی از تسهیلات راه عنوان شد (Keever et al. 2001). نتایج مطالعه صورت گرفته توسط اداره راه فدرال امریکا، حاکی از افزایش نرخ تصادفات در مناطق عملیات عمرانی می‌باشد (FHWA 1998). دلایل این مساله را می‌توان به طور

از قوانین ترافیکی و عدم آگاهی از وجود مناطق عمرانی ویا کارگران نیز موجبات کاهش ایمنی را فراهم می‌سازد. بررسی داده‌های تصادفات فوتی در امریکا (FARS 2003) نشان می‌دهد بیش از نیمی از تصادف‌های فوتی در این مناطق به تصادف‌های تک وسیله‌ای اختصاص پیدا کرده که نشانگر عدم انتظار راننده و انجام حرکت‌های نسنجیده است. همچنین کامیون‌های سنگین در بیش از 20 درصد تصادف‌های فوتی در این مناطق درگیر بوده‌اند (FMCSA 2004). لذا توصیه می‌شود علاوه بر مطالب مندرج در این مقاله به منظور کاهش تصادفات، به مقاله دیگری که به طور خاص به راهکارهای کاهش تصادفات وسایل نقلیه سنگین می‌پردازد رجوع شود (آقاییک و احمدپور 1394).

همچنین توجه به گزارش انجمن سازندگان راه و ترابری آمریکا (ARTBA 2004) اهمیت ایمنی کارگران راهسازی را نمایان می‌سازد. بر اساس این گزارش کارگران راهساز با نرخ نزدیک به سه برابر بیشتر نسبت به سایر کارگران ساخت‌وساز و هشت برابر بیشتر نسبت به کارگران صنعتی کشته می‌شوند. مقاله پیش‌رو به جمع‌بندی اقدامات مختلف مهندسی، آموزشی و قانونی می‌پردازد، اگرچه برخی از آن‌ها در حال حاضر نیز در کشور شناخته شده هستند.

لیکن هدف این است که فعالیت‌های مستقل مهندسان، قانون‌گذاران، آموزش‌دهندگان، قضات، مجریان و دیگر متخصصان ایمنی مسیرها به سمت یک تلاش هماهنگ سوق داده شود. این اقدامات در شش گروه کلی به شرح ذیل خلاصه می‌گردند.

- کاهش تعداد، زمان و تأثیر عملیات عمرانی
- بهبود وسایل کنترل ترافیک
- بهبود طرح‌های اجرایی
- افزایش انطباق راننده با کنترل‌های ترافیکی
- افزایش دانش و آگاهی
- مدیریت کارا و موثر

2- کاهش تعداد، زمان و تأثیر عملیات عمرانی

به هر میزان که رانندگان کمتر با مناطق عملیات عمرانی روبه‌رو شوند، کمتر در معرض تصادفات قرار می‌گیرند. کاهش تعداد این مناطق، دوره زمانی که در مناطق کار می‌شود، و تأثیر منفی ترافیکی در محدوده عملیات عمرانی باعث کاهش در معرض خطر قرارگیری کاربران راه و کارگران می‌شود. برای دستیابی به این هدف موارد ذیل باید مورد توجه قرار گیرند (Anderson et al. 2000).

1-2- بهبود روش‌های ساخت و نگهداری

شرکت‌های راهساز همواره به دنبال روش‌های جدید برای طراحی و ساخت پروژه‌های خود به صورت کارآمدتر و با تأثیر کمتر بر رانندگی هستند. اگرچه روش‌های سنتی هنوز هم می‌تواند در کاربردهای خاص استفاده شود ولی تعدادی از روش‌های جدید با خدمات مشابه در زمان کمتر و با هزینه‌ی پایین‌تر ارائه می‌شود. موارد اصلی جهت بهبود، شامل روش‌های سرعت دادن به ساخت‌وساز و بهبود مدیریت تسهیلات و دارایی‌ها (مثل نگهداری و نوسازی روسازی) می‌باشند (Anderson et al. 2003).

روش‌های مختلف سرعت دادن به ساخت‌وساز این فرصت را فراهم می‌سازد تا ساخت‌وسازهای بیشتری در همان زمان مشابه یا کمتر صورت پذیرد که استفاده از بتن پیش‌ساخته و یا عمل‌آوری سریع بتن، شامل این روش‌ها می‌شوند. به دلیل اهمیت تبعات اجتماعی بسته شدن راه و یا کاهش میزان تردد، تکنیک‌های سرعت بخشیدن به ساخت‌وساز به ویژه برای مسیرهای با حجم بالای ترافیک یا بحرانی استفاده می‌شوند. بدیهی است انتظار می‌رود اگر تمام عوامل (حجم ترافیک، برنامه‌های کنترل ترافیک، شرایط هوا و غیره) ثابت باشد و عملیات عمرانی در زمان کوتاه‌تری انجام شود، تصادف‌های مربوط به همان بخش کمتر شود. البته باید توجه داشت سرعت بخشیدن به ساخت‌وساز نباید باعث از بین رفتن کیفیت

زمان‌های غیر اوج و یا بستن یک جهت از مسیر جدا شده از این قبیل هستند.

در کنار مزایای این اقدام باید به نکاتی نیز توجه ویژه داشت. یکی از موارد آن است که انحراف ترافیک ممکن است باعث ازدحام در مسیرهای اطراف و حتی افزایش تصادفات در آن بخش‌ها گردد. به‌علاوه بسته شدن مسیر روی کسبه و ساکنین آن منطقه تاثیر دارد، بنابراین به‌ویژه برای دوره‌های طولانی باید طرح و برنامه‌ریزی داشت. همچنین باید تاثیر این اقدام بر روی وسایل نقلیه امدادی و خدماتی لحاظ گردد (FHWA 2003).

2-3- قرارداد مرتبط با زمان

از این روش برای به حداقل رساندن اثرات پروژه‌های ساخت‌وساز بر روی کاربران راه استفاده می‌شود. تشویق پیمانکاران از طریق مشوق‌های مالی می‌تواند به کاهش تأخیر و بهبود ایمنی ترافیک بیانجامد. کوتاه شدن زمان ساخت‌وساز، بازه قرار گرفتن کارگران در معرض ترافیک را کاهش داده و لذا در مجموع منجر به کاهش صدمات و تلفات می‌گردد. شایان ذکر است باید توجه نمود که برنامه‌ریزی فشرده، ایمنی و حرکت را با مخاطره مواجه نسازد. به‌علاوه عوامل اقتصادی می‌تواند در انجام قراردادهای مرتبط با زمان تأثیرگذار باشد.

2-4- کار در شب

بر اساس مطالعات صورت گرفته (Hancher and Taylor 2001, Bryden et al. 2002, Cottrell 1999) مزایای استفاده از کار در شب عبارتند از:

- تراکم و ازدحام ترافیکی کمتری در شب رخ خواهد داد؛
- ترافیک کمتر، خطرات رانندگی کمتری به همراه دارد؛
- کارگران کمتر در معرض عبور وسایل نقلیه قرار می‌گیرند، در نتیجه باعث کاهش خطرات برای کارگران می‌شود؛

ساخت یا طراحی شود، زیرا هر فرایندی که با سرعت انجام می‌شود پتانسیل قربانی کردن کیفیت را دارد (Lampthey et al. 2004).

محدودیت بودجه و افزایش حجم ترافیک (و در نتیجه مشکلات مربوط به بستن کل مسیر یا خطوطی از آن)، ادارات راه را به بهبود مدیریت مایملک و دارایی‌هایشان سوق می‌دهد. در واقع هدف این است که به صورت منظم و با برنامه بر شرایط اجزای زیرساخت راه نظارت گردد تا نیاز به تعمیرات اساسی و نوسازی به حداقل برسد (Li and Sinha 2004). نمونه بارز این اقدام سیستم‌های مدیریت روسازی است که امروزه در کشورهای مختلف از جمله ایران در حال توسعه می‌باشد. در این میان در اختیار داشتن یک بانک اطلاعاتی از وضعیت دارایی‌ها ضروری است.

2-2- بستن تمام وقت راه

ممکن است اداره متولی راه در تمام طول ساخت‌وساز، مسیر را به طور کامل ببندد که این روش بهترین گزینه برای انجام کار به شیوه‌ای ایمن و کارآمد است. بستن کامل راه احتمال تصادف در منطقه عملیات عمرانی، به خصوص تصادف‌های خاص شامل وسایل نقلیه و کارگرها را حذف می‌کند. به‌علاوه از تداخل با ترافیک جلوگیری کرده و با در اختیار گذاشتن فضای کار بزرگ‌تر، بازدهی پیمانکار را افزایش داده و مدت زمان لازم برای ساخت‌وساز را کاهش می‌دهد (FHWA 2003a).

ملزومات مورد نیاز وابسته به اجرای این اقدام عبارتند از تعیین مسیرهای انحرافی، هماهنگی لازم با صاحبان کسب‌وکار و برگزاری کمپین‌های آموزش و اطلاع‌رسانی برای تمامی کاربران مسیر. به‌علاوه می‌توان به این نکته توجه داشت که بستن کامل مسیر لزوماً در تمام روزها و یا ساعات روز ضروری نیست. به عبارت دیگر ممکن است از سیاست‌های دیگری استفاده شود؛ مواردی همچون بستن جاده در آخر هفته، بستن در شب،

عملکرد و همچنین بهبود اطلاع‌رسانی به مردم می‌شود. از جمله مزایای این راهبرد می‌توان به موارد زیر اشاره نمود (Colorado DOT 2008):

- اطلاعات به‌روزشده باعث کاهش سردرگمی رانندگان و تراکم ترافیک می‌شود؛
- ترافیک کمتر در محدوده عملیات عمرانی منجر به کاهش ریسک برای کاربران مسیر و کارگران خواهد شد؛
- تاخیر به طور کلی و زمان رسیدن وسایل امدادی در صورت بروز حادثه به صورت خاص کاهش می‌یابد؛
- گزینه‌های کنترل ترافیک بیشتری امکان‌پذیر می‌شوند.

2-6- طراحی با لحاظ عملیات عمرانی آتی در مسیرهای جدید یا بازسازی شده

پیش‌بینی ملزومات عملیات عمرانی آینده و وارد نمودن آن در طراحی راه‌های جدید (یا راه‌هایی که در حال بازسازی هستند)، یکی از راه‌های اطمینان از مهیا بودن فضا و ملزومات لازم برای عملیات عمرانی آینده می‌باشد، بنابراین بدین طریق در آینده ناسازگاری‌های ترافیکی با فعالیت‌های نگهداری راه کاهش می‌یابد. طراحی مناسب ممکن است طیف گسترده‌ای از نیازها را شامل شود، به‌گونه‌ای که از عملیات کوتاه‌مدت مانند تعمیر موانع ترافیکی تا عملیات بازسازی و روسازی مجدد کلی را جوابگو باشد. این تمهیدات می‌تواند از طرح یک شانه عریض برای مسیر تا تمهیدات لازم بر اساس افق طرح بلند مدت مانند تغییر یک مسیر چهارخطه به شش خطه گسترده باشد.

3- بهبود وسایل کنترل ترافیک

وسایل کنترل ترافیک جهت ارتباط با رانندگان پیش از ورود به منطقه عملیات عمرانی و حین عبور از آن استفاده می‌شود. این وسایل باید قابل فهم، قابل مشاهده و ارائه‌دهنده اطلاعات مفید باشند. به علت این‌که شرایط در محدوده عملیات عمرانی با شرایط راه متداول تفاوت

- هزینه کاربران راه کمتر می‌شود؛
- مدت زمانی که امکان کار وجود دارد ممکن است افزایش یابد؛
- گزینه‌های کنترل ترافیک امکان‌پذیرتر می‌شوند؛
- نگرانی‌ها از دمای بالا در طول روز وجود ندارد؛
- کار در شب می‌تواند باعث بهره‌وری بهتر، تحویل ساده‌تر مواد و کاهش هزینه گردد؛
- به دلیل حجم ترافیک و تراکم کمتر، آلودگی هوا و مصرف سوخت کاهش می‌یابد.

علی‌رغم مزایای یاد شده، مشکلات بالقوه‌ی ایمنی برای کار در شب وجود دارد که باید به آن‌ها توجه ویژه داشت. این موارد که با جزئیات بیشتر در گزارش NCHRP 475 (Bryden and Mace 2002) آمده است عبارتند از:

- اگرچه کارگران با ترافیک کمتری مواجه می‌شوند ولی دید کمتری برای مشاهده کارگران، تجهیزات، وسایل کنار جاده وجود دارد. تامین روشنایی و استفاده از تجهیزات کار در شب ضروری است؛
- سرعت وسایل نقلیه در شب بیشتر می‌شود؛ به‌ویژه از آن جهت که رانندگان انتظار روبرویی با مناطق عملیات عمرانی را ندارند، بنابراین تامین علائم هشداردهنده و پیش‌آگاهی ضروری است؛
- در شب به احتمال زیاد خستگی و اختلال رانندگان و عابرین پیاده وجود خواهد داشت.

2-5- مدیریت تقاضا

برنامه مدیریت تقاضا (TDM) یک بخش از رویکرد مدیریت ترافیک برای کمک به بهبود ایمنی و کاهش زمان تاخیر در محدوده عملیات عمرانی می‌باشد. این راهبرد مدیریت تقاضا غالباً برای پروژه‌های عمرانی شهری کاربرد دارد. اگرچه هدف اولیه برنامه‌های مدیریت تقاضا کاهش زمان تاخیر است، لیکن کاهش قرار گرفتن وسایل نقلیه در معرض خطر به کاهش تصادف نیز منجر می‌شود. به طور کلی این برنامه بر اساس سیستم حمل‌ونقل هوشمند (ITS) شامل کنترل ترافیک، مدیریت تقاضا و

دارد، اطلاع راننده از شرایط مسیر برای اقدام به رفتار مناسب حائز اهمیت می‌باشد. علاوه بر استفاده از علائم متداول و رسانه، می‌توان با سیستم‌های هوشمند رانندگان از تأخیر و مسیرهای جایگزین مطلع کرده و در انتخاب مسیر یاری رساند. علائم ترافیکی، علامت‌گذاری روسازی و خودروهای مشغول به کار در محدوده عملیات عمرانی باید در طول شب و روز قابل مشاهده باشند. قابل مشاهده بودن کارگران نیز یک امر مهم در ایمنی کار است.

3-1- استفاده از ITS جهت بهبود ایمنی

ابزار ITS مانند نظارت ترافیک، اطلاعات زمان سفر، تأخیر و مسیر می‌تواند ایمنی و حرکت را برای مسافران در محدوده عملیات عمرانی و پیش از آن بهبود بخشد. اطلاعات دریافت شده از محیط راه به کارکنان و استفاده‌کنندگان راه انتقال داده می‌شود تا تصمیمات بهتری در خصوص ایمنی و انتخاب مسیر داشته باشند. استفاده از ITS در منطقه عملیات عمرانی می‌تواند باعث افزایش ایمنی ترافیک از طریق پیش آگاهی به رانندگان گردد. به عنوان مثال می‌تواند رانندگان را آگاه سازد که ممکن است نیاز به کاهش سرعت یا توقف داشته باشند. به علاوه از آنجا که کاربران مسیر، اطلاعات لازم در مورد تأخیر در منطقه عملیاتی، راه‌ها و مسیرهای جایگزین را دارند، می‌توانند مسیرهای مناسب را قبل از ورود به منطقه انتخاب کنند، بنابراین حرکت بهبود می‌یابد. سیستم‌های متعددی وجود دارد که تمرکز اصلی آن‌ها بر روی بهبود ایمنی در منطقه عملیات عمرانی است که در ادامه به شرح مختصری از هریک پرداخته می‌شود (Fontaine 2003, FHWA 2002, Maze et al.)
2000. البته شایان ذکر است این راهبرد بیشتر برای پروژه‌های عمرانی طولانی مدت کاربرد دارد.

- علائم خبری متغیر که به رانندگان در خصوص کاهش سرعت در پایین دست و همچنین زمان سفر اطلاع‌رسانی می‌کند. این تکنولوژی می‌تواند موجب کاهش رفتار غیرعادی رانندگان شود.
- رادیوهای مشورتی بزرگراهی و یا یک موج کانال رادیویی شهری که پیام‌ها و اطلاعات لازم از جمله تأخیر ترافیکی، مسیرهای مسدود، مسیرهای جایگزین و دیگر شرایط جاده‌ای را به رانندگان منتقل می‌کند.
- علائم متحرک که مناطق غیر قابل عبور را بر اساس طول صف و ترافیک تعیین می‌کند و هنگامی که صف ترافیک طولانی شود، علامت "عبور نکنید" روشن می‌شود.
- سیستم قابل حمل اندازه‌گیری سرعت خودروها که سرعت را برای رانندگان به نمایش می‌گذارد. بر اساس مطالعه صورت گرفته این سیستم موجب کاهش سرعت در منطقه عملیات عمرانی شده است.
- محدودیت‌های سرعت متغیر که در منطقه عملیات عمرانی سرعت مجاز را هنگام حضور کارگران و یا عوامل دیگر کاهش می‌دهد.
- سیستم‌های هشدار سرعت مقادیر سرعت متوسط را از طریق پیام‌های متفاوت به اطلاع رانندگان می‌رسانند. این تکنولوژی رانندگان را آگاه می‌کند که بزودی نیاز است سرعت را کاهش داده یا توقف نمایند.
- دوربین‌های تحت وب اطلاعات شرایط ترافیکی را به صورت دیداری و به لحظه ارائه می‌دهند. این دوربین‌ها که برای نظارت ترافیک استفاده می‌شوند می‌توانند تصاویری مهیا کنند که از طریق سایت‌های اینترنتی یا تلویزیون منتقل شوند. گزارشگران ترافیک می‌توانند از این تصاویر استفاده کنند، همچنین رانندگان نیز می‌توانند با استفاده از وب‌سایت‌ها شرایط ترافیک را قبل از شروع سفرشان بررسی نمایند.

یک تجزیه و تحلیل بر روی نسبت سود به هزینه 100 پروژه ITS که برای استفاده دائم طرح شده بودند، میزان متوسط سود به هزینه را 1/5 نشان می‌دادند. بالاترین نسبت سود به هزینه مربوط به سیستم‌های اطلاعات مسافران و جهانگردان، سیستم‌های عملکرد خودروهای تجاری و سیستم‌های حفاظت و ایمنی مسافران بوده است (McCoy et al. 1998).

3-2- بهبود پدیداری تجهیزات کنترل ترافیک

ممکن است دید رانندگان نسبت به تجهیزات ترافیکی به واسطه بازتاب ضعیف، انسداد، فاصله دید، شرایط آب‌وهوایی، پوشش و دیگر عوامل محدود شده که این امر می‌تواند منجر به تصادف در محدوده عملیات عمرانی شود. مهیا ساختن دید مناسب برای تجهیزات کنترل ترافیک به رانندگان کمک می‌کند که پیش‌آگاهی و درک بهتری از مسیر سفر در منطقه، به‌ویژه در شب داشته باشند (Ellis et al. 2003). دید ضعیف علائم و نشانه‌ها می‌تواند به‌طور ناخواسته منجر به نقض پیام‌های مربوط به علائم هشدار و جهت‌دهی توسط رانندگان شود، لذا لازم است به‌طور منظم بررسی میدانی در این خصوص انجام شود. همچنین وجود علائم و تابلوهای غیرمرتبط نیز می‌تواند باعث حواس‌پرتی و سردرگمی رانندگان شود، در نتیجه باید از به‌کارگیری اینگونه تابلوها اجتناب کرد. به‌طور خلاصه ایجاد استاندارد، توجه ویژه به رنگ و تضاد رنگ‌ها، اندازه علائم و حروف، فاصله بین علائم، نوپردازی و کانالیزاسیون مسیر می‌تواند از جمله اقدامات مناسب برای بهبود دید باشد (FHWA 2003b).

3-3- بهبود پدیداری کارکنان و وسایل نقلیه

پدیداری کارگران، وسایل نقلیه و تجهیزات آن‌ها یک نکته کلیدی ایمنی در محدوده عملیات عمرانی است. در معرض دید بودن نه تنها برای پرچم‌دارها و دیگر کارکنانی که مستقیماً در معرض ترافیک هستند مهم است،

بلکه برای سایر کارگران آن محدوده نیز حائز اهمیت می‌باشد. مطالعه صورت گرفته روی مناطق عملیات عمرانی نشان داد که در بسیاری از تصادفات مرگبار کارگران، وسایل نقلیه و تجهیزات کار دخیل بوده‌اند (Pratt et al. 2001).

چندین راهبرد می‌تواند به بهبود پدیداری کارگران کمک کند (Bryden and Mace 2002, NYSDOT, 2005) که به اختصار در زیر بیان می‌گردند.

- تعیین موقعیت مناسب پرچم‌داران با توجه به تامین فاصله دید کافی؛
- استفاده از علائم پایه‌دار برای هشدارهای اضافی مبنی بر حضور پرچم‌داران و کارگران؛
- پیش‌آگاهی با استفاده مخروط‌های ترافیکی؛
- استفاده از تابلو ایست/آهسته؛
- استفاده از پوشاک با دید بالا.

بر اساس مطالعات صورت گرفته (Pratt et al. 2001, AASHTO 2002, Ullman 2000, Bryden 2003) چندین راهبرد می‌تواند به بهبود پدیداری وسایل نقلیه کمک کند که به اختصار در زیر بیان می‌گردند.

- استفاده از رنگ‌ها و نوارهای قابل دیدتر یا مواد انعکاسی برای وسایل نقلیه مشغول به کار؛
- استفاده از چراغ‌های (بالن‌های) بدون نور خیره کننده برای کار در شب؛
- استفاده از دوربین یا سیستم‌های هشدار دنده عقب (پشت وسیله نقلیه) برای افزایش آگاهی کارگران و رانندگان وسایل نقلیه مشغول به کار؛
- پیش‌آگاهی به رانندگان مسیر با علائم یا وجود خودرو ویژه قبل از مواجهه با منطقه عملیات عمرانی؛
- استفاده از ترکیب چراغ‌های هشدار دهنده رنگی.

4- بهبود طرح‌های اجرایی

تغییرات در رویکرد اساس طراحی مناطق عملیات عمرانی و به کارگیری طراحی خاص برای آن، امکان بهبود ایمنی و کاهش خطر تصادفات فوتی را فراهم کرد. لذا لازم است ادارات مربوطه شرایطی را فراهم آورند تا متضمن فرایند مناسب طراحی و به کارگیری آن برای مناطق عملیات عمرانی باشد. هدف اصلی این طرح‌ها، کاهش ریسک و تبعات ناشی از مداخلات و تغییرات در مسیر عبور وسایل نقلیه می‌باشد. در مجموع چنین توجه ویژه‌ای می‌تواند موجب بهبود تردد و ارتقای ایمنی گردد.

4-1- ایجاد راهنمای طراحی

تجربه نشان می‌دهد که طراحی نامناسب منطقه عملیات عمرانی امری معمول است، لذا اولین مرحله برای حصول اطمینان از کیفیت مطلوب در این مناطق، ایجاد راهنمای طراحی می‌باشد. در صورت وجود چنین راهنمایی، به هنگام‌سازی دوره‌ای آن برای اطمینان از این‌که آخرین یافته‌ها و جدیدترین موارد ایمنی در راهنما لحاظ شده است، توصیه می‌گردد.

محدودیت فضا در کنار عملیات عمرانی در شرایطی که قصد بر حفظ تردد وسایل نقلیه است، معمولا منجر به شرایط غیر ایده‌آل طرح هندسی مسیر می‌شود. به علاوه از آنجاکه شرایط در هر محدوده عملیات عمرانی متفاوت است، تفاوت در طراحی هر منطقه امری معمول و متداول خواهد بود. طراحی منطقه عملیات عمرانی و به کارگیری مصالح و تجهیزات آن بر اساس راهنمای مربوطه می‌تواند باعث هماهنگی بیشتر بین انتظارات رانندگان و طرح و در نتیجه کاهش خطا و افزایش ایمنی گردد. در این راهنما مواردی چون عرض خطوط، طرح ناحیه تغییر تعداد یا عرض خطوط، خطوط کاهش یا افزایش سرعت و افتادگی لبه روسازی با جزییات ارائه می‌گردد.

4-2- به کارگیری ملزوماتی برای کاهش نفوذ به منطقه عملیات عمرانی

خودروهای عبوری از میان منطقه عملیاتی، نزدیک کارگران، تجهیزات و فضای کار عبور می‌کنند که اگر از مسیر تعیین شده برای جریان ترافیک خارج و وارد فضای کار شوند می‌توانند موجب تصادفات شدید جراحی یا فوتی شوند. تقریباً 9 درصد تصادفات این مناطق به دلیل ورود آن‌ها به این مناطق می‌باشد (Bryden et al. 2000).

برای تامین ایمنی مناسب هنگام عبور از این فضا می‌توان به دو صورت عمل کرد، حالت اول جدا کردن منطقه‌ی عملیاتی از مسیر عبوری خودروها می‌باشد که مانع ورود آن‌ها به منطقه عملیاتی شده و موجب ایمنی بیشتر مسیر می‌گردد. در بسیاری از موارد حالت اول قابل اجرا نیست بنابراین باید به شکلی دیگر عمل کرد، به این صورت که با افزایش پدیداری منطقه، افزایش آگاهی رانندگان از وجود این مناطق، کاهش سرعت و کاهش خروج از مسیر، این تصادفات را کاهش داد (Daniels et al. 2000). تجهیزات فیزیکی جداکننده می‌تواند شامل موارد زیر باشد.

- موانع بتنی قابل جابه‌جایی؛
- جرثقیل‌های نشان‌دهنده‌ی مسیر؛
- موانع قابل انعطاف برای جلوگیری از خروج با سرعت بالا از مسیر.

4-3- بهبود ایمنی مناطق عملیات عمرانی برای عابرین پیاده، دوچرخه‌سواران، موتورسواران و رانندگان خودروهای سنگین

مناطق عملیات عمرانی علاوه بر عبور خودروها باید بتوانند به دیگر استفاده‌کنندگان از راه نیز سرویس دهند. بنابراین باید قبل از شروع عملیات به بررسی راه پرداخت و در صورتی که عابر، دوچرخه‌سوار، موتورسیکلت و خودروی سنگین از راه استفاده می‌کند، مسیر را برای عبور مناسب و ایمن آن‌ها نیز در زمان عملیات، برنامه ریزی کرد. همچنین ادارات و تعمیرکنندگان راه باید

می‌توان با تابلو شرایط جاده همچون وجود ناهمواری یا لغزندگی را به آن‌ها اطلاع داد (NHTSA, 2000).

• وسایل نقلیه سنگین: مشخصه‌های ابعادی و عملکردی این وسایل نقلیه با خودروهای معمول متفاوت بوده و باید در مناطق عملیاتی که به طور معمول محل عبور و مرور این خودروها است ضوابطی را رعایت نمود. از جمله موارد عملکردی خودروهای سنگین می‌توان به ظرفیت افزایش و کاهش سرعت، ظرفیت حرکتی در رمپ‌ها، اندازه‌ی خودرو و توانایی گردش آن اشاره کرد (آقاییک و احمدپور 1394).

5- افزایش انطباق راننده با کنترل‌های ترافیکی

مطابقت خوب با قوانین و مقررات ترافیکی در مناطقی که عملیات عمرانی انجام می‌شود برای حفظ سطح بالای ایمنی و نیز جریان کارآمد ترافیک ضروری می‌باشد. به این منظور باید قوانین در این مناطق به خوبی اجرا شود و مناطق و فضای کافی از طرف مجری طرح برای اعمال قانون فراهم باشد. حضور فیزیکی مامور در این مناطق موثرترین راه برای احترام رانندگان به قوانین می‌باشد که به منظور حضور کافی آن‌ها باید فضای مناسب پیش از شروع پروژه مشخص باشد.

5-1- افزایش اعمال قوانین ترافیکی در مناطق عملیات

عمرانی

بر اساس مطالعات (Cocu et al. 2014, Benekohal et al. 1992, Noel et al. 1988, Schrock et al. 2002) اعمال قوانین ترافیکی می‌تواند با چهار روش کلیدی ارتقاء یابد که به اختصار در ادامه آورده شده است.

• اعمال قانون سنتی که با حضور مامور در مناطق و کنترل رعایت سرعت و دیگر قوانین ترافیکی انجام می‌شود که با افزایش توجه راننده موجب بهبود ایمنی مسیر شده و نیز کاهش تخطی از قانون را در پی دارد.

تسهیلات را به شکلی فراهم کنند که رانندگان نیز از حضور و عبور آن‌ها آگاه باشند. به علاوه سطح عبوری راه‌گذرنده باید هموار و مناسب بوده و دارای سطح کافی اصطکاک باشد تا دوچرخه سواران و موتورسیکلت سواران تعادلشان بهم نخورد.

در ادامه به اختصار به هرکدام از موارد بالا پرداخته خواهد شد.

• عابر پیاده: پیش از شروع عملیات باید سطح دسترسی برای عابرین بررسی و در طول عملیات حفظ شود، به علاوه باید برای معلولین نیز توجه ویژه‌ای به خرج داد، به خصوص اگر در بررسی‌ها عبور مکرر معلولین از آن محل محرز شده باشد. بنابراین مسیرهای عابر پیاده باید به گونه‌ای درست شود که معلولین حرکتی و معلولین نابینا به راحتی آن را تشخیص داده و بتوانند عبور کنند. از جمله مواردی که می‌توان برای راهنمایی معلولین با نقص بینایی به کار برد می‌توان به موانع قابل تشخیص، نرده های راهنما، دستگاه‌های شنیداری و حتی پیام های شنیداری که با دکمه در مسیر فعال می‌شوند نام برد (Van Houtenet al., 1997).

• دوچرخه: برای دوچرخه‌سواران نیز باید ملاحظاتی را در نظر گرفت تا عبور و مرور آن‌ها به سهولت و با ایمنی کافی انجام شود. افتادگی لبه‌ی راه، وجود چاله در طول مسیر، آلودگی‌های ناشی از تعمیرات در طول مسیر و نیز اصطکاک کم می‌تواند دوچرخه‌سواران را با خطر مواجه کند. به علاوه در مسیرهایی که تردد دوچرخه زیاد است باید با تابلو و علامت‌هایی رانندگان را آگاه کرد (Flordia DOT 1999).

• موتورسیکلت: عموماً مواردی همچون شانه‌ی آسفالتی که باعث افزایش ایمنی مسیر برای خودروها می‌شود، ایمنی موتورسیکلت‌ها را نیز افزایش می‌دهد، اما مواردی چون چاله‌ها، افتادگی لبه و دیگر خرابی‌های رویه که عموماً در مناطق عملیاتی رخ می‌دهند برای موتورسیکلت‌ها خطرناک‌تر از دیگر وسایل بوده و

- اعمال قانون اتوماتیک که استفاده از آن در آمریکا رو به افزایش است می‌تواند در مناطق عملیات عمرانی مورد استفاده قرار گیرد. این سیستم‌ها به طور خاص می‌توانند برای سرعت مناسب باشند؛ به این صورت که دوربین‌ها در مناطقی که فضای کافی برای حضور پلیس و نگه داشتن متخلفان وجود ندارد نصب شده و متخلفان اعمال قانون می‌شوند. به علاوه دوربین‌ها در زمان کار کارگران می‌توانند روشن باشند و در غیر این صورت خاموش شوند. سیستم‌های اتوماتیک با حذف پلیس، امکان حضور آن‌ها را در مناطق دیگر فراهم می‌کند. مطالعاتی در کشور چک نشان داد که تنها علامت وجود دوربین در منطقه، متوسط سرعت خودروها را حدود 4 کیلومتر بر ساعت کاهش داد.

- بهبود کارایی اعمال قانون که با فراهم آوردن فضاهایی در مناطق عملیاتی امکان‌پذیر می‌شود، زیرا در این مناطق معمولاً فضای کافی برای توقف پلیس و فرد خاطی وجود نداشته و اجرای قوانین را مشکل می‌کند.

- بهبود فرآیندهای اداری برای سرویس پلیس در مناطق عملیات عمرانی که مجریان طرح در صورت نیاز به آن‌ها در هر نقطه‌ای بتوانند اطلاع دهند و پلیس در دسترس باشد.

5-2- بهبود اعتبار علائم

یک تابلوی راهنمایی و رانندگی نامعتبر (غلط یا به‌روز نشده) در منطقه‌ی عملیاتی منجر به نادیده گرفتن باقی علائم راه می‌گردد، در صورتی که اگر راننده علائم را معتبر دریابد به آن‌ها توجه بیشتری می‌کند. بنابراین استانداردسازی علائم و به‌روز بودن آن‌ها منجر به تفسیر درست توسط رانندگان می‌شود. حال به شرح مختصری از علائم که در مورد آن‌ها نگرانی‌هایی برای اطلاع‌رسانی غلط یا نامناسب وجود دارد پرداخته می‌شود.

- تابلوهای محدودیت سرعت که روشی رایج برای اطلاع دادن سرعت مناسب به رانندگان هستند باید در

محل نصب شوند که راننده خطر را حس کند و نیز پیش از منطقه‌ی عملیاتی باشد تا راننده به سرعت مناسب برسد، اگر تابلو در محل مناسبی نصب نشود یا سرعتی که نشان می‌دهد بیش از اندازه پایین باشد، علاوه بر اینکه موجب بی‌توجهی راننده می‌شود، عدم اعتماد به باقی علائم را نیز در پی خواهد داشت که موجب خطر می‌گردد. رانندگی آزمایشی پیش از تعیین این تابلوها و سرعت آن‌ها موجب انتخاب مناسب و عقلانی‌تری خواهد شد (Stidger 2003). برای تعیین محدودیت سرعت مناسب باید به مواردی چون محدودیت سرعت فعلی، عرض باند، افق دید، ازدحام و ترافیک ناشی از تغییرات باند توجه کرد. به همین منظور می‌توان سرعت را در مسیر متغیر تعریف کرد اما این تغییرات باید منطقی بوده و اگر به دلیل خطری سرعت کاهش می‌یابد، خطر در مسیر آشکار باشد (McGee et al. 1988). مطالعاتی نیز اخیراً انجام شد که نشان داد تابلوهای محدودیت سرعت موقت در نواحی عملیات عمرانی منجر به کاهش معنی‌دار سرعت نمی‌شود و باید رانندگان به درک این موضوع برسند که سرعت خود را کاهش دهند.

(Domenichini et al. 2017)

- علائم هشدار مانند منطقه‌ی عملیات عمرانی یا کارگران مشغول به کارند اگر مدت زمان طولانی پیش از زمان آغاز کار نصب شود رانندگان به کرات آن را دیده و بی‌توجه می‌شوند، بنابراین محل نصب و زمان نصب و برداشتن این علائم بسیار مهم می‌باشد.

- علائم دیگر مانند تابلوهایی که وضعیت ترافیک یا صف یا دیگر شرایط را نشان می‌دهند، اگر اطلاعات نادرستی را ارائه کنند مورد بی‌توجهی رانندگان واقع شده و دیگر در انتخاب مسیر آن‌ها تاثیرگذار نخواهند بود.

5-3- افزایش جریمه‌ها در مناطق عملیات عمرانی

عدم تبعیت از قوانین ترافیکی در مناطق عملیات عمرانی موجب پدید آمدن شرایط بسیار خطرناکی برای استفاده‌کنندگان از راه و نیز کارگران و عوامل اجرایی می‌شود که سرعت بالا و عدم تبعیت از نشانه‌های مسیر از مهمترین عوامل تصادفات در این مناطق است. یک روش برای کاهش تخلفات، افزایش جریمه در این مناطق می‌باشد به طوری که به اندازه‌ای جریمه سنگین باشد تا بازدارنده‌ی تخلفات باشد. این امر نیازمند همکاری سیستم قانون‌گذاری و قضاوت می‌باشد که تایید جرایم و عدم بخشودگی آن‌ها قطعی باشد تا بتواند بیشترین تاثیر را بر رعایت قوانین بگذارد. از جمله جرایمی که می‌توان برای این مناطق در نظر گرفت، به افزایش نرخ جریمه‌ها، تعلیق گواهینامه، امتیاز منفی قابل توجه برای شخص خاطی و حتی زندان برای تصادفات فوتی می‌توان اشاره کرد (Pratt et al. 2001).

مطالعات انجام شده در ارگان نشان می‌دهد که 79 درصد رانندگان به افزایش جرایم واکنش نشان داده و روی انتخاب سرعت آن‌ها تاثیرگذار می‌باشد (Jones et al. 2002). با این حال به نظر می‌رسد این سیاست در مجموع تاثیر کمی روی کاهش تصادفات فوتی و نیز کاهش سرعت داشته است (Ullman et al. 2000) که می‌تواند به دلیل تمایل کم پلیس‌ها به اعمال قانون در این مناطق باشد، زیرا پتانسیل افزایش ترافیک و ریسک‌های بیشتر را خواهد داشت. اما در صورت حضور پلیس، تا زمانی که حاضر بوده و به نظارت خود ادامه دهد، بیشترین اثر را روی کاهش سرعت رانندگان خواهد داشت (La Torre et al. 2013).

6- افزایش دانش و آگاهی

عوامل مختلفی در تعداد کشته‌های ناشی از تصادفات رانندگی منطبق عملیات عمرانی دخیل می‌باشد که یکی از آن‌ها آگاهی رانندگان از حضور کارگران و نیاز به کاهش سرعت در این مناطق می‌باشد (Rahman et al.

2017). آموزش مربوط به مناطق عملیات عمرانی و ایمنی آن‌ها برای کارگران و افراد مشغول به کار و رانندگان ضروری می‌باشد، رانندگان باید بتوانند علائم راه را هنگام عبور از مناطق عملیاتی درک و تفسیر کنند، همچنین برای کاهش تصادفات این مناطق، آموزش به پرسنل و کارگران بسیار مهم می‌باشد.

6-1- انتشار اطلاعات ایمنی مناطق عملیات عمرانی

برای استفاده‌کنندگان از راه

ارتباط و اطلاع‌رسانی به استفاده‌کنندگان از راه از جمله مهمترین شیوه‌های تعامل با آن‌ها می‌باشد. به همین منظور سه نوع ارتباط مورد نیاز است که در ادامه توضیح داده می‌شود.

• آموزش به رانندگان و عابرین پیاده به منظور یاد دادن علائم و وسایل کنترل ترافیکی و نیز نحوه‌ی عملکرد مناسب هنگام مواجه شدن با این مناطق، زیرا عدم درک مناسب این تابلوها و وسایل ترافیکی موجب خطای رانندگان، به ویژه رانندگان بسیار جوان و کهنسال شده و احتمال تصادف را بالا می‌برد (Hoyer and Familant 1999). برای مثال مطالعات تجربی نشان می‌دهد که علائم و اخطارهایی که در آن‌ها از تابلوهای ایست یا کاهش سرعت با تکان دادن آن‌ها استفاده شده است به شکل بسیار بهتری نسبت به علائم تنها توسط رانندگان فهمیده می‌شود (Huddleston et al. 1982). رانندگان مسن مشکل بیشتری در تشخیص، خواندن و درک علائم دارند، (Swanson et al. 1997) و رانندگان جوان توجه کمتری به علائم ترافیکی دارند (Ford and Picha 2000).

بنابراین باید این علائم و نشانه‌ها و واکنش مناسب هنگام مواجه شدن با آن‌ها در درس‌های آیین‌نامه آورده شود، رانندگان قدیمی نیز به روز شوند و بروشورهای حاوی اینگونه اطلاعات در میان استفاده‌کنندگان از راه در مجاورت مناطق عملیاتی توزیع شود.

باید ایجاد شود تا پرسنل بنا به سطح مسئولیت خود همیشه به‌روز نگه داشته شوند (FHWA 2003a).

7- مدیریت کارا و موثر

پیاده‌سازی برنامه‌ها و دستورالعمل‌ها در سطح ادارات متولی می‌تواند کمک به ایجاد یک تغییر اساسی در تاکید بر ایمنی مناطق عملیات عمرانی و استفاده از استراتژی‌هایی به منظور بهبود ایمنی این مناطق کند. شیوه‌های مدیریت منطقه‌ی عملیاتی همچون بهبود سیستم اطلاعات تصادفات، هماهنگی و برنامه‌ریزی فعالیت‌ها، بازرسی‌ها و جوایز می‌تواند کمک شایانی به بهبود ایمنی مناطق عملیات عمرانی نماید.

1-1- ایجاد یا ارتقاء سیستم‌های اطلاعات تصادفات

سیستم‌های اطلاعات تصادفات، اطلاعات اساسی ضروری برای تصمیم‌گیری موثر در زمینه‌ی ایمنی ترافیک و جاده‌ای را در تمامی سطوح فراهم می‌کند. این اطلاعات به منظور شناسایی مناطقی که ایمنی آن‌ها مشکل دارد، تعیین اهداف و معیارهای عملکرد، تعیین چگونگی تخصیص منابع و تعیین میزان اثربخشی برنامه‌های اجرا شده استفاده می‌شود. بنابراین وجود یک سیستم جمع‌آوری اطلاعات تصادفات و استفاده از آمار تصادفات همه‌ی مناطق کمک به برنامه‌ریزی موثر و بهبود و مدیریت بهتر مناطق عملیاتی می‌کند. علاوه بر اطلاعات تصادفات، اطلاعات دیگر نیز به مهندسين حمل‌ونقل کمک می‌کند تا بتوانند تصمیم‌گیری‌هایی جهت بهبود یک منطقه‌ی عملیاتی یا طراحی و اجرای بهینه‌ی یک منطقه بگیرند. علاوه بر اطلاعات منطقه که برای همه‌ی استفاده‌کنندگان از راه می‌تواند مفید می‌باشد، اطلاعات پزشکی را نیز می‌توان از بیمارستان‌ها گردآوری کرد تا شدت و فراوانی تصادفات هر منطقه به درستی یافته شود. این داده‌ها به ارزیابی درست جهت بهبودهای مورد نیاز و مناسب راه کمک خواهند کرد.

گزارش دقیق و به موقع تصادفات این نواحی مستلزم نظم و هماهنگی مشترک مجریان و ضابطین قضایی

• کمپین‌های آگاهی ایمنی که هدف آن‌ها افزایش آگاهی رانندگان و دیگر استفاده‌کنندگان از راه می‌باشد و درک این موضوع که ایمنی آن‌ها در مناطق عملیات عمرانی بستگی به اطلاع آن‌ها از مسائل موجود در آن دارد و نیز رانندگی در این مناطق نسبت به مناطق غیر عملیاتی دقت بیشتری نیاز دارد (King et al. 1999).

• اطلاع‌رسانی لحظه‌ای شرایط منطقه‌ی عملیات عمرانی تا اثراتی را که منطقه‌ی عملیاتی روی سفرها و ترافیک منطقه می‌گذارد به رانندگان منتقل کند تا بتوانند تصمیم مناسبی جهت سفر از درون آن منطقه یا مسیرهای جایگزین داشته باشند (FHWA 2000).

هرچند شواهدی مبنی بر تاثیر این موارد بر افزایش ایمنی راه‌ها می‌باشد اما به دلیل وجود متغیرهای بسیار زیاد ارزیابی آن بسیار مشکل می‌باشد.

با این وجود مطالعاتی نشان داده است که می‌توان با هدایت منطقی بخشی از ترافیک منطقه‌ی عملیات عمرانی به مسیرهای جایگزین، تا حدی که در اثر ترافیک منتقل شده پویایی و ایمنی مسیر جایگزین تحت تاثیر قرار نگیرد، پویایی و ایمنی مسیر گذرنده از منطقه‌ی عملیات عمرانی را افزایش داد (Genders and Razavi 2015).

6-2- ارائه‌ی برنامه‌های آموزشی و دستورالعمل‌ها

منطقه‌ی عملیات عمرانی برای طراحان و کارکنان

اداره‌ی راه فدرال آمریکا، آموزش مناسب هر یک از افراد مشغول به کار در مناطق عملیات عمرانی را بسته به جایگاه فرد ملزم کرده است. این آموزش‌ها، المان‌هایی مهم برای کاهش تصادفات مناطق عملیاتی است و هدف اصلی آن کاهش تصادفاتی می‌باشد که مرتبط با طراحی نادرست یا اجرای نامناسب است. این ارگان به کارگیری افراد آموزش دیده را به منظور انجام وظایف و هدایت جریان ترافیک مجاز دانسته است. ادارات راه نیز باید گپ‌های موجود را بررسی کنند و افرادی را که هنوز به طور مناسبی آموزش ندیده‌اند بیابند، همچنین برنامه‌ای نیز

در آن می‌توان تصادف را مربوط یا غیر مرتبط با عملیات عمرانی دانست (Clark and Fontaine 2015).

7-2- بهبود هماهنگی، برنامه‌ریزی و زمان‌بندی

فعالیت‌های کارگاهی

به منظور بهبود ارتباط میان ارگان‌هایی که فعالیت آن‌ها توسط عملیات عمرانی تحت‌الشعاع قرار می‌گیرد و یافتن راه به منظور کاهش اثر منفی فعالیت‌های عمرانی، برخی ایالت‌ها و شهرداری‌ها، هماهنگی‌هایی میان ارگان‌های مختلف انجام می‌دهند. هدف از این هماهنگی‌ها موارد زیر می‌باشد.

- هماهنگی میان ارگان‌هایی که عملکرد آن‌ها تحت تاثیر منطقه‌ی عملیات عمرانی قرار می‌گیرد.

- هماهنگی زمانی چند پروژه در یک قسمت راه به منظور کمینه کردن اثرات آن‌ها.

- برنامه‌ریزی و سازماندهی مناطق عملیاتی در یک ناحیه تا کمترین اثر را بر ایمنی و پویایی مسیر بگذارد.

در این میان هماهنگی با سرویس‌های امدادی هنگام برنامه‌ریزی و زمان‌بندی مناطق عمرانی امری بسیار مهم است، زیرا برای پلیس، آتش‌نشانی یا آمبولانس‌ها آگاهی از مسیرهای جایگزین و ترافیک مسیرهای پیرامون منطقه‌ی عملیات عمرانی بسیار مهم می‌باشد. این ارگان‌ها باید برنامه‌ای موثر برای حوادث احتمالی در مناطق عملیات عمرانی داشته باشند و نیز برنامه‌های مدیریت حوادث می‌تواند به کاهش تاخیرات و مشکلات ثانویه کمک کند. عملیات عمرانی در مناطق شریانی شهر با حجم بالای ترافیک می‌تواند بر کل منطقه و مراکز آموزشی، بیمارستان‌ها، مراکز آموزشی، مراکز تفریحی و پاساژها اثر بگذارد و باعث افزایش تاخیر رانندگان شود. بنابراین مناطق عملیاتی و فعالیت‌های کارگاهی باید به صورتی برنامه‌ریزی، زمان‌بندی و هماهنگ شوند که ترافیک بتواند ایمن، سریع و موثر عبور کند و کمترین مقدار ناراحتی رانندگان را به همراه داشته باشد. این موارد موجب کمینه کردن اثرات مناطق عمرانی بر ایمنی راه نیز می‌شود.

می‌باشد. به منظور ثبت سریع و دقیق اطلاعات و محل، در برخی مناطق به مامورین ابزارهایی مانند تبلت داده شده و به سرعت با استفاده از سیستم جهانی مکان‌یابی اطلاعات به شکل دقیقی ثبت می‌شوند.

اطلاعات خاصی که به محض وقوع تصادف باید ثبت شوند و نیز اطلاعات ترافیکی که به توصیف مشکل تصادفات ناحیه کمک می‌کنند، دو ملاحظه‌ی مهم در توسعه‌ی سیستم‌های اطلاعات تصادفات می‌باشند که به آن‌ها در ادامه پرداخته خواهد شد (Ullman et 2003).

- جزئیات اطلاعات تصادفات از موارد ضروری می‌باشد که باید هنگام وقوع یک تصادف ثبت شود. جزئیات لازم را اداره‌ی راه فدرال آمریکا به صورت پیشنهادی ارائه کرده است که قابل استفاده برای سایر کشورها نیز می‌باشد، هرچند لازم به ذکر است که هنوز بحث‌هایی میان متخصصان و محققان در مورد تعریف دقیق مناطق عملیات عمرانی وجود دارد، خصوصاً مناطقی که به شکل واضحی در دست عملیات عمرانی نیست، همچنین اگر تصادف پیش از اولین تابلوی این نواحی اتفاق بیفتد نیاز به قضاوت‌هایی در مورد ارتباط این تصادف با عملیات عمرانی می‌باشد.

- اطلاعات ترافیکی و مسیر یک منطقه‌ی عملیاتی همچون شمار خودروهای گذرنده از مسیر و یا جزئیات طرح هندسی و عملکرد مناطق عملیاتی به منظور درک مشکلات ایمنی بسیار مهم می‌باشد، هرچند گردآوری این اطلاعات بسیار مشکل می‌باشد.

در مطالعاتی که اخیراً انجام شده است این نتیجه حاصل شده که نمی‌توان به آسانی تصادفاتی را که در مناطق عملیات عمرانی رخ می‌دهد به آن نسبت داد و تنها حدود 23 درصد از تصادفات مستقیماً به دلیل عملیات عمرانی می‌باشد. متأسفانه در بسیاری از موارد اطلاعاتی که از این تصادفات داده می‌شود قابل هضم نبوده و با تغییر کوچکی

(FHWA 2013). فعالیت‌های عمرانی باید بنا به نیاز به گونه‌ای زمان‌بندی شوند که اجرای آن‌ها با هم همپوشانی داشته باشد یا نداشته باشد، برای مثال عملیات در دو مسیر موازی باید به گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که در زمان‌های متفاوتی انجام شود، زیرا موجب افزایش ترافیک و کاهش مسیرهای موازی می‌شود، اما کارهای متفاوت در یک قسمت از راه (مثلاً نصب تابلو و روکش کردن آسفالت) باید به گونه‌ای برنامه‌ریزی شوند که به صورت همزمان انجام شوند تا کمترین اثر را بر ترافیک منطقه بگذارند.

7-3- ایجاد انگیزه برای ساخت و اداره ایمن‌تر مناطق عملیات عمرانی

برخی از ادارات دولتی و سازمان‌های حمل‌ونقل با ایجاد انگیزه و جایزه دادن سعی در بالا بردن انگیزه‌ی کارمندان و پیمانکاران برای آگاهی و ایجاد محیطی ایمن‌تر دارند. این جوایز می‌تواند به افراد، پیمانکارها، ارگان‌ها و شرکت‌های عمرانی مشارکت‌کننده در عملیات عمرانی اهدا شود. یک مثال برای این برنامه‌ها، جایزه ایست که توسط اتحادیه‌ی سازندگان راه و حمل‌ونقل آمریکا و شورای ایمنی ملی آمریکا حمایت می‌شود و سالیانه به بهترین برنامه‌های آموزشی و نوآوری‌ها در این زمینه اهدا می‌شود.

7-4- اجرای روش‌های تضمین کیفیت مناطق عملیات عمرانی

این استراتژی به اجرای برنامه‌های تضمین‌کننده‌ی کیفیت منطقه‌ی عملیات عمرانی به منظور گردآوری اطلاعات جهت تعیین کفایت روش‌های کنترل ترافیک منطقه‌ی عملیات عمرانی و شناسایی مناطقی که بهبود آن‌ها مورد نیاز است می‌پردازد. این استراتژی به سه مورد اشاره می‌کند، روش‌های آژانس‌ها در مناطق عملیات عمرانی، اجرا در سطح یک پروژه و مدیریت سطوح پروژه و برنامه. بازرسی‌ها باید در سطوح مختلف طراحی

و اجرا انجام شوند تا ضمانت کنند که ملاحظات کافی برای نیازهای کارگران و استفاده‌کنندگان راه در نظر گرفته شده است. اداره‌ی راه فدرال آمریکا در مورد ایمنی و پویایی منطقه‌ی عملیات عمرانی پیشنهاد می‌کند که روش‌های سیستماتیک به منظور ارزیابی اثرات منطقه‌ی عملیاتی در توسعه‌ی پروژه اجرا شود و ایمنی و پویایی در طول اجرای پروژه مدیریت شود که این امر می‌تواند برای ارزیابی موفقیت در انجام اهداف مجریان طرح بسیار مطلوب باشد. بازدیدهای ایمنی به منظور بررسی تطبیق طراحی، عمل، نصب و نگهداری ابزارهای کنترل ترافیکی با استانداردها می‌تواند انجام شود. همچنین بازرسی‌ها باید بررسی کنند که کنترل‌های ترافیکی در محل برای تعیین ایمنی و پویایی مورد نیاز پروژه کافی هستند یا خیر. در ادامه چند مثال از مواردی که برای پوشش یک برنامه‌ی بازرسی مورد نیاز است آورده شده است (Bryden and Andrew 2001, FHWA 2004).

- هشدار پیشرفته: تعداد، وضعیت و جانمایی علائم شامل علائم علائم غیر استاندارد و جانمایی فلش‌ها را بررسی می‌کند.
- کانالیزه کردن: وضعیت و اثربخشی کانالیزه کردن راه را ارزیابی می‌کند.
- خط‌کشی روسازی: وضعیت خط‌کشی روسازی و قابل درک بود برای استفاده کنندگان از راه را ارزیابی می‌کند.
- نشانه‌گذاری: قابل دید بودن، کفایت تعداد نشانه‌ها، لباس نشانه‌گذارها و مواردی از این دست را ارزیابی می‌کند.
- ایمنی حاشیه‌ی راه: الزامات موانع راه گفته شده در NCHRP Report 350 (Ross et al. 1993) مناسب این موانع و امکان حذف این موانع، وجود فضای خالی کافی و دیگر موارد مرتبط با حاشیه‌ی راه بررسی می‌شود.
- کنترل ترافیک در شب: قابل دید بودن وسایل کنترل ترافیک در شب یا طلوع و غروب را ارزیابی می‌کند.
- کنترل‌های متفرقه‌ی ترافیکی: محافظت شده بودن تجهیزات راه، مناسب بودن محدودیت سرعت، فضای

تا در مورد لزوم وابسته به شرایط تصمیم و اقدامات لازم جهت ارتقای ایمنی منطقه صورت پذیرد.

9-مراجع

- آقاییک، ک.، احمدپور، ط.، (۱۳۹۶)، "مروری بر اقدامات ایمنی جهت کاهش تصادفات مربوط به وسایل نقلیه سنگین". نشریه جاده.

-AARTBA, (2004), American Road and Transportation Builders Association), "Roadway Construction Workers at Higher Risk Federal Government Data Show, ARTBA Programs Aim to Improve Worker Safety." April 6, News Release.

-AASHTO, (2002), "American Association of State Highway and Transportation Officials, Roadside Design Guide".3rd Edition. Washington, D.C.

-Anderson, S.D., and G.L. Ullman, NCHRP Synthesis 293: "Reducing and Mitigating Impacts of Lane Occupancy During Constructions and Maintenance". Transportation Research Board.

-Anderson, S.D., G.L. Ullman, and B.C. Blaschke, (2003), "Process for Selecting Strategies for Rehabilitation of Rigid Pavements Under High Traffic Volumes." Transportation Research Record 1861, Transportation Research Board.

-Benekohal, Rahim F., Paulo TV Resende, and Robin L. Orloski (1992), "Effects of police presence on speed in a highway work zone: circulating marked police car experiment". No. 73. Illinois Department of Transportation.

-Bryden, James, Laurel Andrew, and Jan Fortuniewicz (2000), "Intrusion accidents on highway construction projects." Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 1715: pp.30-35.

پیاده‌روی عابرین، کافی بودن دسترسی‌ها، دسترسی مناسب سرویس‌های اورژانسی و مواردی از این قبیل را بررسی می‌کند.

• برنامه‌های اعمال قانون: امکان‌پذیری و اثربخشی برنامه‌ها را برای اعمال قانون در یک منطقه‌ی عملیات عمرانی ارزیابی می‌کند. برای مثال فضای مناسب برای اعمال قانون و نیز اثر افزایش جرائم از جمله مواردی است که باید بررسی شود.

درک این موضوع مهم است که هرکدام از این بازرسی‌ها تنها یک نقطه‌ی نمونه از پروژه در زمان انجام بازرسی می‌باشد، بنابراین هر توصیه‌ای باید تلاش کند تا بررسی‌های بالا در شرایط دیگر نیز بتواند ارزیابی مناسبی داشته باشد و نیز ارزیابی مناسبی از شرایط دیگر داشته باشد.

8-نتیجه‌گیری

در این مقاله ضمن پرداختن به اهمیت توجه به ایمنی کاربران مسیر مشتمل بر عابرین پیاده، دوچرخه‌سواران، موتورسواران و خودروها از یک سو و گارگران، تجهیزات و ماشین‌آلات آن‌ها از سوی دیگر در محدوده عملیات عمرانی به ارائه راهکارها در این خصوص پرداخته شد. این اقدامات و راهکارها در شش گروه کلی طبقه بندی شدند که عبارتند از کاهش تعداد، زمان و تأثیر عملیات عمرانی، بهبود وسایل کنترل ترافیک، بهبود طرح‌های اجرایی، افزایش انطباق راننده با کنترل‌های ترافیکی، افزایش دانش و آگاهی و در نهایت مدیریت کارا و موثر. هر یک از این موارد به تفصیل مورد بحث و بررسی قرار گرفت و نمونه‌ها و تجربیات بین‌المللی در هر مورد بیان گردید.

اگرچه ممکن است برخی از موارد مطرح شده هم‌اکنون در کشور شناخته شده باشند، لیکن در این مقاله سعی شد که با خلاصه و مدون نمودن مجموعه اقدامات ابزاری مناسب در اختیار مسئولین و متخصصین قرار گیرد

- Cottrell Jr, B. H. (1999), "Improving night work zone traffic control. No. FHWA/VTRC 00-R8.
- Hancher, D.E., and T.R.B. Taylor., (2001), "Nighttime Construction Issues." Transportation Research Record 1761. Transportation Research Board. Washington, D.C.
- Daniels, Ginger, Steven Venglar, and Dale Picha, (2000), "Feasibility of Portable Traffic Signals to Replace Flaggers in Maintenance Operations 6. Performing Organization Code." <https://static.tti.tamu.edu/tti.tamu.edu/documents/3926-1.pdf>.
- Domenichini, Lorenzo, et al. (2017), "Speed behaviour in work zone crossovers. A driving simulator study." Accident Analysis & Prevention 98: pp.10-24.
- Ellis, R.D., Jr., S. Amos, and A. Kumar, NCHRP Report 498: Illumination Guidelines for Nighttime Highway Work. Transportation Research Board. Washington, D.C. (2003).
- FARS Encyclopedia. Fatality Analysis Reporting System, www-fars.nhtsa.dot.gov. (2003), Available at: <https://wwwfars.nhtsa.dot.gov/Main/index>.
- Federal Highway Administration (2013), "Work Zone Operations Best Practices Guidebook" (Third Edition), Publication No. FHWA-HOP-13-012.
- Federal Highway Administration, Full Road Closure for Work Zone Operations: A Cross-Cutting Study, (2003a), Available at: <https://ops.fhwa.dot.gov/wz/resources/publications/FullClosure/CrossCutting>.
- Federal Highway Administration and American Association of State Highway and Transportation Officials, Work Zone Operations Best Practices Guidebook.
- Bryden, James, and Laurel Andrew. (2001),"Quality assurance program for work-zone traffic control." Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 1745: pp. 1-9.
- Bryden, J.E., and D. Mace, NCHRP Report 475: (2002), "A Procedure for Assessing and Planning Nighttime Highway Construction and Maintenance". Transportation Research Board. Washington, D.C.
- Bryden, J.E., and D. Mace, NCHRP Report 476 (2002), "Guidelines for the Design and Operation of Nighttime Traffic Control for Highway Maintenance and Construction". Transportation Research Board. Washington, D.C.
- Bryden, James E. (2003), "Traffic Control Handbook for Mobile Operations at Night: Guidelines for Construction, Maintenance and Utility Operations". No. FHWA-SA-pp.03-026.
- Clark, Jacquelyn B., and Michael D. Fontaine. (2015), "Exploration of work zone crash causes and implications for safety performance measurement programs." Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 2485: pp.61-69.
- Cocu, X., Tučka, P., Ščerba, M., Aleksa, M., Sörensen, G., Vadeby, A., La Torre, F., Nocentini, A., (2014), Practical information from field studies and stakeholder's survey. Deliverable D4.1, Appropriate Speed saves All People, CEDR in the Transnational Road Research Programme Call Safety.
- Colorado DOT. Draft 2035, (2008), "Statewide Transportation Plan Transportation Demand Management (TDM) Technical Report. <https://www.codot.gov/programs/planning>.

Record: Journal of the Transportation Research Board 1708: 1-11.

-Genders, Wade, and Saiedeh N. Razavi. (2015), "Impact of connected vehicle on work zone network safety through dynamic route guidance." Journal of Computing in Civil Engineering 30.2 :04015020.

-Hancher, D.E., and T.R.B. Taylor, (2001), "Nighttime Construction Issues." Transportation Research Record 1761. Transportation Research Board. Washington, D.C.

-Hoyer, William J., and M. Elliott Familant, (1987), "Adult age differences in the rate of processing expectancy information." Cognitive Development 2.1: pp.59-70.

-Huddleston, Nada D., Stephen H. Richards, and Conrad L. Dudek. (1982), "Driver Understanding of Work-Zone Flagger Signals". No. 864.

-Jones, Barnie, Adrew Griffith, and Kevin Haas, (2002), "Effectiveness of Double Fines as a Speed Control Measure in Safety Corridors. No. FHWA-OR-DF-03-10.

-Keever, D.B., Weiss, K.E. and Quarles, R.C., (2001), "Moving Ahead: The American Public Speaks on Roadways and Transportation in Communities". FHWA.

-King, LE. , M.R. Kane, and M.L. (1999), Carpenter, Motorists' Perception of Work Zone Safety. ITE International Conference Proceedings.

-Lamprey, G., S. Labi, and K.C. Sinha, (2004), "Development of Alternative Rehabilitation and Maintenance Strategies for Pavement Management." Paper No. 04-4654.

-FHWA-OP-00-010. Washington, D.C. (2000).

-Federal Highway Administration, Intelligent Transportation Systems in Work Zones: A Cross Cutting Study. Report No. FHWA-OP-02-025. Washington, D.C. (2002), Available at: https://ntl.bts.gov/lib/jpodocs/repts_te/13600.html.

-Federal Highway Administration, Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD). Washington, D.C. (2003b).

-Federal Highway Administration, Meeting the Customer's needs for Mobility and Safety during Construction and Maintenance Operations. Office of Program Quality Coordination, (1998), FHWA-PR-98-01-A.

-Federal Highway Administration, Work Zone Safety and Mobility Rule. Federal Register, 2004.

-Florida DOT, Florida Bicycle Facilities Planning and Design Handbook. (1999), Available at: https://safety.fhwa.dot.gov/intersection/other_topics/fhwasa09027/resources/Florida%20Bicycle%20Facilities%20Planning%20and%20Design%20Handbook.pdf.

-FMCSA, (2004), "Federal Motor Carrier Safety Administration", Large Truck Crash Facts 2002, U.S. DOT, Analysis Division.

-Fontaine, M.D., (2003), "Guidelines for the Application of Portable Work Zone Intelligent Transportation Systems." Paper No. 03-2700. Transportation Research Board, Compendium of Papers CD-ROM, Washington, D.C.

-Ford, Garry, and Dale Picha, (2000), "Teenage drivers' understanding of traffic control devices." Transportation Research

- NYSDOT, "Highway Design Manual".
<https://www.dot.ny.gov>.
- Pratt, Stephanie G., David E. Fosbroke, and Suzanne M. Marsh (2001), "Building safer highway work zones; measures to prevent worker injuries from vehicles and equipment".
- Rahman, Md Mahmudur, et al. (2017), "Work zone sign design for increased driver compliance and worker safety." *Accident Analysis & Prevention* 106: pp.67-75.
- Schrock, Steven, Gerald Ullman, and Nada Trout. (2002), "Survey of state law enforcement personnel on work zone enforcement practices." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1818: pp.7-11.
- Stidger, R. W. (2003), "How MNDOT sets speed limits for safety." *Better Roads* 73.11.
- Swanson, H.A., D.W. Kline, R.E. Dewar, (1997), "Guidelines for Traffic Sign Signals." *ITE Journal*, Vol. 67, No. 5.
- Torbic, Darren J., et al. (2004), "Guidance for implementation of the AASHTO strategic highway safety plan". Volume 7: A guide for reducing collisions on horizontal curves. No. Project G17-18 (3) FY'00.
- Ullman, Gerald. (2000), "Special flashing warning lights for construction, maintenance, and service vehicles: Are amber beacons always enough?" *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1715: pp.43-50.
- Ullman, Gerald, Paul Carlson, and Nada Trout, (2000), "Effect of the work zone double-fine law in Texas." *Transportation Research Record: Journal of the*
- Transportation Research Board, (2004), *Compendium of Papers CD-ROM*, Washington, D.C.
- La Torre, F., Nocentini, A., Thomson, R., (2013), "State of the Art Report on Speed Management Methods. Deliverable D2.1, Appropriate Speed saves All People, CEDR in the Transnational Road Research Programme Call 2012: Safety.
- Li and Sinha, (2004), "A Methodology for Multicriteria Decision-Making in Highway Asse Management." *Transportation Research Record* 1885, Transportation Research Board.
- Maze, T., A. Kamyab, and S. Schrock, (2000), "Evaluation of Work Zone Speed Reduction Measures." Iowa State University Center for Transportation Research and Education. Ames, Iowa.
- McCoy, P.T., S.L. Gaber, J.A. Gaber, and W.D. Tobin, (1998), "Nebraska Intelligent Transportation Systems Statewide Strategic Plan". Nebraska Department of Roads. Lincoln, Nebraska. FHWA-NE-99-P511.
- McGEE, HUGH W., Derek B. Joost, and Errol C. Noel. (1998), "Speed Control at Work Zones" *ITE journal* 58.1.
- Noel, Errol C., et al. (1988), "Speed control through freeway work zones: Techniques evaluation" *Transportation Research Record* 1163.
- National Highway Traffic Safety Administration Motorcycle Safety Program, (2003).
- ROSS, H. E., SICKING, D. L., ZIMMER, R. A. and MICHIE, J. D., (1993), NCHRP 350, "Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features".

-Van Houten, R., J. Malenfant, J. Van Houten, and R. Retting, (1997), "Using Auditory Pedestrian Signals to Reduce Pedestrian and Vehicle Conflicts".

-Transportation Research Record 1578. (1999), TRB, National Research Council, Washington, D.C.

Transportation Research Board 1715: pp.24-29.

-Ullman, G., A. Holick, and S. Turner. (2003),"Work Zone Exposure and Safety Assessment." Federal Highway Administration, Washington, D.C.

Review of Safety Measures to Reduce Work Zone Crashes

*K. Aghabayk, Assistant Professor, School of Civil Engineering, College of Engineering,
University of Tehran, Iran.*

*H. Tavana Rezaie, Postgraduate Student, School of Civil Engineering, College of Engineering,
University of Tehran, Iran.*

*V. Fakhraian, Postgraduate Student, School of Civil Engineering, College of Engineering,
University of Tehran, Iran.*

E-mail: Kayvan.Aghabayk@ut.ac.ir

Received: Feb. 2017-Accepted: May. 2017

ABSTRACT

Given the emphasis on maintaining and reconstructing existing infrastructure from one hand and road traffic volumes on the other hand, the issue of work zone safety has become more prominent in recent years. Maintaining efficient and safe movement of traffic through work zones is a major challenge for authorities. The work zone driving conditions differ from normal driving conditions. Further, the driving conditions of each type of work zone may differ from those of another type of work zone. These factors can result in violations of road user expectancy, which in turn can lead to congestion, erratic maneuvers, and ultimately crashes. In addition, the lack of driver knowledge about appropriate work zone driving actions, failure to obey traffic laws, and lack of awareness of work zones and/or workers also reduce work zone safety. This paper reviews work zone safety measures and aims to provide an appropriate tool for road authorities in order to apply possible measure based on conditions to enhance safety and reduce associated crashes.

Keywords: Safety Measures, Road Safety, Work zones, Accident