Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 23:22 IRST on Saturday February 18th 2017

دوماهنامه سلامت کار ایران دوره ۱۳، شماره ۱، فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۵

بررسی تأثیر سیستم هوشمند هشدار برخورد از جلو طراحی شده بر عملکرد رانندگی در شرایط وجود فعالیت ثانویه: مطالعه میدانی

مهدی ابن علی حیدری[۱]، محمد رضا چهره‌زاد[۲]، مجید ابن علی حیدری[۳]، علیرضا شاطری[۴]

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۲۷ تاریخ ویرایش: ۹۴/۰۶/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۸/۱۲

چکیده

زمینه و هدف: تصادف‌ها و برخوردهای از جلو یکی از شایع‌ترین حوادثی است که در جاده‌ها رخ می‌دهد. یکی از علل اصلی این حوادث عدم تمرکز و حواس‌پرتی رانندگان است. سیستم‌های هشدار برخورد از جلو یکی از فناوری‌هایی است که به منظور کمک به رانندگان و افزایش آگاهی موقعیتی آن‌ها ارائه شده‌اند. در این مطالعه یک سیستم هشدار برخورد از جلو طراحی شده و اثرات آن بر عملکرد رانندگی به صورت میدانی ارزیابی شده است.

روش بررسی: متغیرهای عملکرد رانندگی شامل زمان عکس‌العمل اولیه، زمان حرکت، زمان عکس‌العمل ترمز گیری، تعداد خطاها و فاصله بین دو خودرو، طی سناریو تعریف‌شده، در چهار آزمون مختلف (وجود/عدم وجود فعالیت ثانویه – سیستم هشدار خاموش/روشن) اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج بدست آمده نشان دهنده تأثیر معنی‌دار فعالیت ثانویه در افزایش زمان عکس‌العمل ترمزگیری راننده، تعداد خطاها و کاهش فاصله بین دو خودرو است. همچنین مشخص شد که این سیستم هشدار برخورد از جلو، با کاهش زمان عکس‌العمل اولیه و افزایش فاصله بین دو خودرو باعث افزایش ایمنی رانندگی و کاهش تعداد خطاهای رانندگان می‌شود. طی مطالعه انجام شده ارتباط معنی‌داری در رابطه با تأثیر این سیستم در زمان حرکت راننده یافت نشد.

نتیجه‌گیری: سیستم هشدار طراحی شده باعث بهبود عملکرد رانندگی شد. به منظور افزایش قابلیت اطمینان این نتایج، مطالعات میدانی بیشتری لازم است.

کلیدواژه‌ها: سیستم هشدار برخورد از جلو، هشدارهای بصری، عملکرد رانندگی.

مقدمه

رانندگی یک فعالیت پیچیده است که نیازمند هماهنگی توانایی‌های مختلف فیزیکی، شناختی و حسی–حرکتی راننده است. با وجود این پیچیدگی، رانندگان غالباً این فعالیت را پیچیده‌تر می‌کنند. گوش دادن به رادیو و صحبت کردن با سایر سرنشینان در هنگام رانندگی امری شایع است. علاوه بر این در سال‌های اخیر با ورود تلفن همراه هوشمند، سیستم‌های پخش تصویری و سیستم‌های راهبری در خودرو این‌گونه فعالیت‌ها بیشتر شده است. لذا فعالیت‌های جانبی زیادی وجود دارد که به سبب کاهش تمرکز راننده، رانندگی را امری پرخطر می‌کند [۱]. برخوردهای از جلو حاصل این فعالیت‌ها، یکی از شایع‌ترین حوادث هستند که تقریباً ۳۰ درصد تصادفات را به خود اختصاص می‌دهند. این حوادث علاوه بر اثرات جبران‌ناپذیر جانی و اقتصادی، سهم عمده‌ای را در ایجاد ترافیک در جاده‌های بزرگ، دارند.

در ایران، به علت سوانح رانندگی، سالانه حدوداً ۲۷۰۰۰ نفر کشته و ۲۸۰۰۰۰ نفر مجروح می‌شوند. همچنین ایران جایگاه دوم در تصادفات جاده‌ای جهان را به خود اختصاص داده است [۲]. لذا توجه به این موضوع از اهمیت بالایی برخوردار است. مطالعات پیشین، در بیش از ۵۰ درصد از تصادفات، حواس‌پرتی راننده را به عنوان علت اصلی معرفی کرده‌اند [۳، ۴]. همچنین مطالعات وسیعی در ارتباط با تعیین سهم عوامل کاهنده تمرکز راننده در تصادفات جاده‌ای و ارائه راهکارهای مناسب در جهت افزایش ایمنی جاده‌ها انجام شده است. یکی از فنّاوری‌هایی ارائه‌شده در این راستا، سیستم‌های هوشمند هشدار برخورد (ICWS) (Intelligent Collision Warning System)

۱- (نویسنده مسئول) کارشناسی ارشد ارگونومی، مرکز تحقیقات و نوآوری صنایع خودروسازی، تهران، ایران. ebnali.mahdi@gmail.com

۲- کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، مرکز تحقیقات و نوآوری صنایع خودروسازی، تهران، ایران.

۳- دکتری مهندسی برق، دانشکده فنی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

۴- دکتری مهندسی مکانیک، دانشکده فنی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

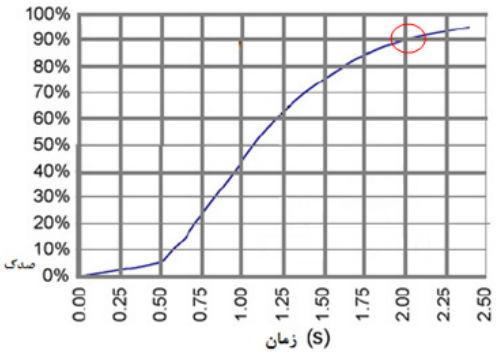
Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 23:22 IRST on Saturday February 18th 2017

است. این سیستم‌ها با هدف افزایش ایمنی، اعلام هشدار به راننده و ایجاد تمرکز برای راننده در زمان‌های خطرناک ارائه شده‌اند. مدل‌های متنوعی از این سیستم‌ها در مطالعات گذشته طراحی شده و مورد بررسی قرار گرفت ه‌اند. مطالعات نشان می‌دهد که این سیستم‌ها می‌توانند در کاهش این نوع حوادث و کم کردن مشکلات ترافیکی موثر باشند [۵].

سیستم‌های هشدار برخورد از جلو (FCW)[1] به عنوان یکی از ابزارهای پیشرفته ارتقاء دهنده ایمنی ارائه‌شده‌اند. این سیستم‌ها باعث افزایش ایمنی و آگاهی موقعیتی راننده استفاده می‌شوند. مطالعات زیادی فواید سیستم‌های FCW را در کاهش تعداد و شدت تصادفات در برخوردهای از جلو نشان داده‌اند [۵-۷]. در این سیستم‌ها اساس بر این است که زمانی که فاصله اندازه‌گیری‌شده بین دو خودرو کمتر از مقدار بحرانی تعیین شده باشد، سیستم FCW فعال می‌شود و اخطارهای تعریف‌شده، صادر می‌کند. در مطالعات پیشین این سیستم‌ها در حالت‌های مختلف هشدار (صوتی، دیداری، لرزشی) و طی الگوریتم‌های زمانی مختلف، در شبیه‌سازهای رانندگی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. اما مطالعات اندکی به بررسی و ارزیابی این سیستم‌ها در شرایط میدانی پرداخته‌اند. در شرایط میدانی به سبب وجود ریسک‌های واقعی، رانندگان رفتار واقعی‌تری نشان می‌دهند [۸]. مطالعه حاضر به ارائه یک سیستم FCW و بررسی تأثیر این سیستم در زمان عکس‌العمل اولیه (IRT)، زمان حرکت (MT)، زمان عکس‌العمل ترمز گیری (BRT)، فاصله بین دو خودرو (D) و تعداد خطاهای راننده (ER) مربوط به رانندگان ایرانی در شرایط رانندگی واقعی پرداخته است.

روش بررسی

در این تحقیق، فرستنده و گیرنده‌ای در پشت سپر جلو نصب شده است، که اطلاعاتی از قبیل سرعت نسبی و فاصله را جمع‌آوری می‌کند؛ سپس این



شکل ۱- نمودار توزیع زمان پاسخ راننده [۱۲]

اطلاعات از طریق پردازشگری که الگوریتم زمان‌بندی و فرمان‌های مرتبط در مورد صدور هشدار برای آن تعریف‌شده، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و نهایتاً تصمیم کنترلی صادر می‌شود. یک الگوریتمی که به خوبی طراحی نشده باشد اگر زودتر از زمان مناسب فعال شود باعث نادیده گرفتن اخطار از طرف کاربر و عدم ترمزگیری در زمان مناسب می‌شود و اگر دیرتر از زمان مناسب فعال شود باعث کاهش ایمنی می‌شود [۹، ۱۰]. مطابق با مطالعات گذشته، فاصله بین دو خودرو باید به گونه‌ای باشد که حداقل ۱ تا ۲ ثانیه بین خودرو SV[2] (خودرو مورد بررسی) و خودرو LV[3] (خودرو جلویی) فاصله زمانی باشد [۱۱]. اگرچه عملاً اکثر رانندگان فاصله کمتر از ۱ ثانیه را هنگام رانندگی دنبال می‌کنند (۱۱). به منظور تعیین الگوریتم مناسب، از توزیع زمان عکس‌العمل رانندگان (ارائه‌شده در مطالعات پیشین)، استفاده شده است (شکل ۱). مبنای بررسی در این مطالعه صدک ۹۰ زمان عکس‌العمل است و حداقل فاصله زمانی بین دو خودرو طی رانندگی روی ۲ ثانیه تنظیم شده است. هنگامی که فاصله زمانی بین خودرو SV و LV از ۲ ثانیه کمتر شد، از طرف سیستم FCW هشدار بصری صادر می‌شود. با وجود تنوع هشدارهای استفاده شده در این سیستم ها، در این مطالعه از هشدارهای بصری استفاده شده است،

[1]. Forward Collision Warning

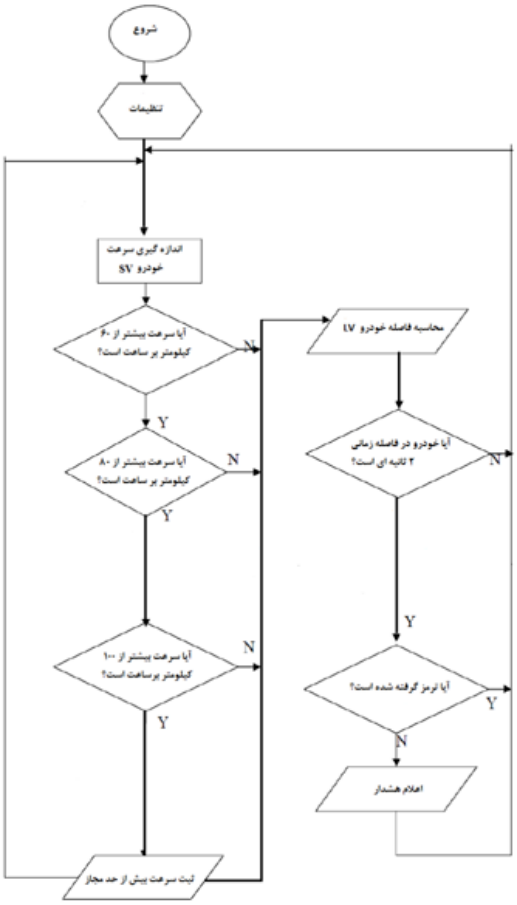
[2]. Subject Vehicle
[3]. Lead Vehicle

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 23:22 IRST on Saturday February 18th 2017

که یکی از مزایای این هشدارها نسبت به هشدارهای صوتی و لرزشی انتقال واضح‌تر اطلاعات است [۱۳]. این هشدار به صورت یک آیکون نمایشی مطابق با دستورالعمل ارائه‌شده در مطالعه کیفر (Kiefer) و همکاران در سال ۱۹۹۹ ساخته و بالای داشبورد خودرو SV جا نمایی شد [۱۴]. این آیکون به رنگ قرمز بود که در هر ثانیه ۴ بار فلاش می‌زد (بر مبنای توصیه NHTSA[4] [۱۳]).

به منظور جمع‌آوری اطلاعات و بررسی عکس‌العمل و عملکرد راننده، سنسورهای تماسی در لبه جلویی پدال گاز و ترمز نصب شد. هدف از این امر اندازه‌گیری دقیق زمان رها کردن پدال گاز و زمان تماس با پدال ترمز بود. همچنین به منظور بررسی دقیق سناریو (سناریو تعریف‌شده برای خودرو SV وLV) دوربین دیجیتالی (Sony Cybershot W710) به سمت جاده روبروی خودرو SV تنظیم شده بود و از زمان‌هایی که هشدار صادر می‌شد، تصویربرداری می‌کرد. هدف از این امر حذف آلارم‌های خطا، کنترل و مشخص کردن اطلاعات مربوط به خودرو LV بود. لازم به ذکر است به منظور کنترل مطالعه، اطلاعات جمع‌آوری شده به بخش‌های مستقیم جاده و سرعت خودرو SV در بازه ۶۰ km/h تا ۱۰۰ km/hمحدود شد. شکل ۲ فلوچارت سیستم FCW طراحی‌شده را ارائه می‌دهد.

سناریوهای مختلفی برای مطالعات ارزیابی سیستم هشدار تصادف استفاده شده است که مطابق با هدف تحقیق تعریف می‌شوند. در این مطالعه، خودرو SV درحالی‌که سیستم FCW روی آن نصب شده بود، خودرو LV را دنبال می‌کرد. رانندگی در مسیر یک جاده یکطرفه با خط‌کشی وسط که تقریباً ۱۰ کیلومتر آن مستقیم بود انجام می‌گرفت. در این مطالعه، خودرو SV یک تندر L90 مجهز به ایربگ و ترمز ABS و خودرو LV هم یک تیبا مجهز به ایربگ و ترمز ABS می‌باشند. به علت میدانی بودن آزمایش و احتمال بروز خطرات احتمالی، در خودرو SV انتخابی، ترمز اضافی



شکل ۲- فلوچارت سیستم FCW طراحی‌شده

زیر پای سرنشین کنار راننده وجود داشت تا ارزیاب، بدون اطلاع قبلی آزمودنی، در مواقع خطرناک ترمزگیری را انجام دهد. آزمون‌ها در روزهای یک شنبه، دو شنبه و سه شنبه بین ساعت‌های ۱۰ صبح تا ۲ بعدازظهر انجام گرفت. در این زمان‌ها تعداد خودروها کمتر از روزها و ساعات دیگر هفته بودند. به آزمودنی‌های مستقر در خودرو SV گفته شده بود که یک خودرو تیبا مشکی رنگ (LV) را دنبال کنند. خودرو LV سرعتی بین ۶۰ km/h تا ۱۰۰km/h داشت و طی رانندگی با رعایت احتیاط به صورت غیرقابل‌پیش‌بینی سرعت خود را کم می‌کرد.

غیرقابل‌پیش‌بینی بودن الگوی رانندگی خودرو LV باعث می‌شد تا آزمودنی‌ها قادر به حدس نحوه رانندگی

[4]. National Highway Traffic Safety Administration

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 23:22 IRST on Saturday February 18th 2017

جدول ۱- تست های انجام‌شده

شرایط آزمون	سیستم هشدار Off	سیستم هشدار On
عدم وجود وظیفه ثانویه	تست شماره ۱	تست شماره ۲
با وجود وظیفه ثانویه	تست شماره ۳	تست شماره ۴

خودرو LV نباشد و مطالعه را واقعی‌تر می‌کرد. چراغ ترمز خودرو LV در حالتی که سیستم FCW روشن بود، غیرفعال شد. این امر به منظور بررسی تأثیر خالص و مستقیم سیستم FCW در عکس‌العمل راننده انجام شد. سناریو استفاده‌شده در این بخش با مطالعه هو (Ho) و همکاران در سال ۲۰۰۶ و اسکات (Scott) و همکاران در سال ۲۰۰۸ مطابقت داشت [۱۵، ۱۶]. به منظور بررسی تأثیر فعالیت ثانویه در عملکرد رانندگان و همچنین بررسی تأثیر سیستم FCW در حضور فعالیت ثانویه، یک خبر اقتصادی ۱۰ دقیقه‌ای در مورد وضعیت مسکن در سال ۱۳۹۳ پخش می‌شد. شرکت‌کنندگان شامل ۷ راننده مرد با دامنه سنی ۲۴ تا ۴۰ سال (میانگین ۳۲/۱ و انحراف معیار ۷/۲) که گواهینامه معتبر رانندگی و حداقل ۳ سال سابقه رانندگی داشتند (میانگین ۸/۱). جدول شماره ۱ به مراحل تستهای اجراشده، اشاره می‌کند.

متغیرهای اندازه‌گیری شده: زمان عکس‌العمل اولیه (IRT)[5]: زمانی که بین ارائه محرک و برداشتن پا از روی پدال گاز طول می‌کشد. زمان حرکت یا جابجایی (MT)[6]: زمان رها کردن گاز تا فشار دادن ترمز، زمان عکس‌العمل ترمز گیری (BRT) : فاصله زمانی بین ارائه محرک و تماس پای راننده با ترمز (ترمزگیری). BRT یک معیار مهم برای تعیین زمان‌بندی سیستم‌های هشدار است که برابر است با BRT=IRT+MT [۱۷]. تعداد خطاها (ER)[7]: برابر تعداد دفعاتی که راننده درحالی‌که محرک ارائه می‌شود، عکس‌العمل مناسبی انجام نمی‌دهد و فاصله زمانی دو خودرو، کمتر از ۲ ثانیه می‌شود. فاصله بین دو خودرو (D)[8]: این فاصله برابر با فاصله بین سپر جلو خودرو SV و سپر عقب خودرو LV است.

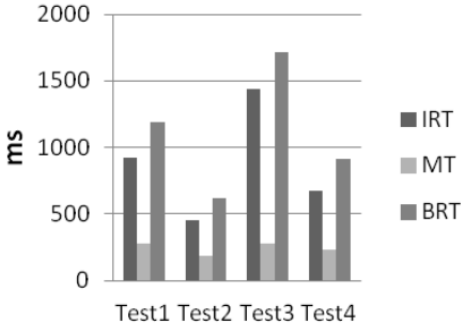
یافته‌ها

به علت محدودیت زمان و هزینه، حجم نمونه‌ها کاهش یافت. بنابراین از روش‌های آماری ناپارمتریک برای آنالیز اطلاعات استفاده گردید. آزمون ویلکاکسون برای مقایسه متغیرهای اندازه‌گیری شده درون فردی و آزمون من ویتنی (U) برای مقایسه اطلاعات بین فردی استفاده شده است. شکل ۳ نشان‌دهنده میانگین متغیرهای IRT ، MT و BRT به دست آمده از ۴ آزمون انجام‌شده، برای همه افراد شرکت‌کننده است. در شرایطی که فعالیت ثانویه گوش دادن به اخبار رادیو وجود داشت، متغیرهای IRT و BRT افزایش معنی‌داری پیدا کردند ($p<۰/۰۵$)، که می‌تواند نشانگر کاهش تمرکز رانندگان باشد. آزمون ویلکاکسون با آنالیز داده‌های مربوط به BRT هر فرد در چهار آزمون انجام‌شده نشان می‌دهد که سیستم FCW تأثیر معنی‌داری بر کاهش BRT رانندگان دارد، به طوری که این ارتباط در حالت حضور فعالیت ثانویه قوی‌تر است (در حالت عدم حضور فعالیت ثانویه: ($p<۰/۰۵$، $Z=-۲/۳۹$) و در حالت حضور فعالیت ثانویه: ($p<۰/۰۰۱$، $Z=-۲/۱۹$). همچنین مشخص شد که سیستم FCW تأثیر معنی‌داری بر MT ندارد؛ به عبارتی هشدارهای بصری، چه در حالت عدم حضور فعالیت ثانویه و چه در حالت حضور فعالیت ثانویه تأثیری در کاهش زمان حرکت ندارد.

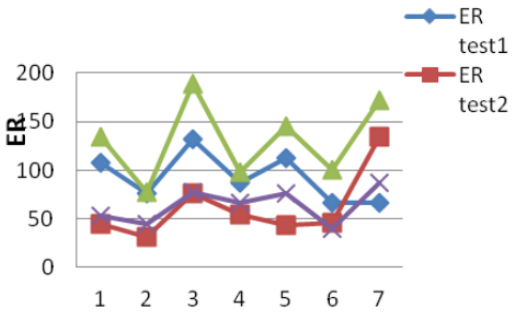
شکل ۴ به نمودار میانگین تعداد خطای رانندگان در هر آزمون اشاره می‌کند. طبق نتایج به دست آمده از تست شماره ۱، میانگین تعداد دفعات خطا (ER) ۱/۵۰۸ برابر نتایج تست شماره ۲ است. در حالتی که فعالیت ثانویه گوش دادن به اخبار رادیو وجود داشته باشد، میانگین تعداد دفعات خطا، زمانی که FCW خاموش است ۲/۰۷۹ برابر زمانی است که سیستم

[5]. Initial Reaction Time
[6]. Movement Time
[7]. Error
[8]. Distance

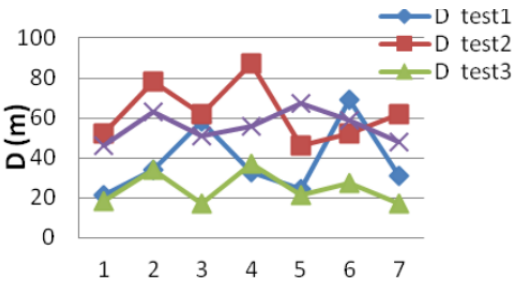
Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 23:22 IRST on Saturday February 18th 2017



شکل ۳- نمودار میانگین متغیرهای عکس‌العمل رانندگان



شکل ۴- نمودار میانگین تعداد خطاهای رانندگان در تست های انجام‌شده



شکل ۵- نمودار میانگین فاصله بین خودرو SV و LV

روشن است. نکته قابل توجه دیگر این است که به طور کلی وجود فعالیت ثانویه باعث افزایش ۳۱ درصدی تعداد خطاها می‌شود. کمترین تعداد خطاها زمانی رخ می‌دهد که فعالیت ثانویه وجود نداشته باشد و سیستم FCW روشن باشد؛ میانگین تعداد خطاها در این حالت ۳۳ بار است که برابر با ۴۶٪ تعداد خطاها در بدترین حالت (یعنی وجود فعالیت ثانویه و سیستم FCW خاموش) است. سیستم FCW در حالت وجود و عدم وجود فعالیت ثانویه تأثیر معنی‌داری در کاهش میانگین تعداد خطای رانندگان داشت (Z=-۲/۳۹ ،p<۰/۰۵).

شکل ۵ به میانگین فاصله بین دو خودرو (D) برای هر فرد، در چهار آزمون انجام‌شده، اشاره می‌کند. وجود فعالیت ثانویه باعث افزایش احتمال رانندگی در فاصله ناایمن می‌شود به طوری که نتایج تست شماره ۳ نشان می‌دهد که بیش‌ترین فاصله حفظ‌شده تا خودرو LV ، ۴۶ متر و کمترین فاصله ۷٫۵ متر است. آنالیز من ویتنی، بیانگر تأثیر معنی‌دار سیستم FCW هم در حالت عدم وجود و هم در حالت وجود فعالیت ثانویه است. به طور کلی هشدارهای بصری در هر دو حالت عدم وجود/وجود فعالیت ثانویه باعث افزایش فاصله بین دو خودرو شده است(Z=-2.48 ,p<۰,۰۵) . لذا استفاده از سیستم FCW طراحی‌شده باعث افزایش فاصله ایمن بین خودرو SV و می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

با نظر به اینکه عدم تمرکز راننده علت اصلی بسیاری از تصادفات و برخوردهای از جلو است؛ سیستم‌های هوشمند هشدار برخورد از جلو به منظور افزایش آگاهی موقعیتی راننده، ارائه‌شده‌اند. در مطالعات پیشین این سیستم‌ها در حالت‌های مختلف هشداری (صوتی، دیداری، لرزشی) و طی الگوریتم‌های زمانی مختلفی بررسی شده‌اند. اکثر مطالعاتی که در این زمینه انجام‌شده، در شرایط آزمایشگاهی و با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی بوده است. در این مطالعات امکان گرفتن اطلاعات زمان عکس‌العمل واقعی راننده کمتر است و نیاز است به منظور افزایش قابلیت اطمینان این داده‌ها و به دست آوردن متغیرهای عملکردی واقعی‌تر رانندگی، مطالعات میدانی نیز انجام شود [۸]. هدف اصلی این مطالعه بررسی تأثیر سیستم هشدار برخورد از جلو (FCW) طراحی‌شده بر عملکرد و عکس‌العمل رانندگان ایرانی در شرایط واقعی و وجود فعالیت ثانویه است.

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 23:22 IRST on Saturday February 18th 2017

در این مطالعه مشخص شد که وجود فعالیت ثانویه در افزایش IRT، BRT، ER و کاهش D موثر بوده و این تغییرات به نوعی معرف کاهش تمرکز راننده است [۱۸]. با توجه به میدانی بودن مطالعه از صدک ۹۰ زمان عکس‌العمل رانندگان استفاده شده لذا در این مطالعه مطابق با توزیع زمان عکس‌العمل رانندگان، فاصله زمانی ۲ ثانیه‌ای برای فاصله بین خودرو SV و LV در نظر گرفته شده است [۱۲، ۱۹]. اگرچه طی بررسی میدانی، به نظر می‌رسید که زمان حداقل ۲ ثانیه‌ای بین خودروها، فاصله زمانی زیادی برای رانندگان ایرانی است و باعث می‌شود که رانندگی نرمال دشوار شود. در مطالعه دینگس (Dingus) و همکاران در سال ۱۹۹۷ نیز اشاره شده که فاصله زمانی ۲ ثانیه‌ای باعث افزایش بار ذهنی و کاهش کارایی رانندگان می‌شود [۲۰]. همچنین رفتارهای پرخطر رانندگان پشتی در مقابل رعایت فاصله ایمن یکی از دلایل دشوارتر شدن رانندگی در حضور سیستم FCW است.

نتایج مطالعه به طور کلی بیانگر موثر بودن هشدارهای بصری در کاهش زمان عکس‌العمل اولیه، زمان عکس‌العمل ترمز گیری، تعداد خطاها و افزایش فاصله بین خودرو SV و LV است. نتایج حاصل مربوط به BRT، با نتایج مطالعات فیرکلاف (Fairclough) در سال ۱۹۹۷، دینگس (Dingus) در سال ۱۹۹۷، Lee در سال ۲۰۰۲، وحیدی در سال ۲۰۰۳، مالتز (Maltz) در سال ۲۰۰۷ ، موهرر (Muhrer) در سال ۲۰۱۲ و بونو (Bueno) در سال ۲۰۱۲ مطابقت دارد [(۶، ۱۹-۲۴]. همچنین نتایج نشان‌دهنده تأثیر مثبت سیستم بر کاهش موقعیت‌های ناامن و افزایش فاصله بین دو خودرو است. از طرفی همانند مطالعه‌ای که عادل (Adell) و همکاران در سال ۲۰۱۱ انجام داده بودند، مشخص شد که هنگام استفاده از سیستم FCW، رانندگی دشوارتر می‌شود. رفتار رانندگان دیگر برای مجبور کردن راننده برای کم کردن فاصله زمانی با خودروی جلویی می‌تواند یکی از علل دشوارتر شدن رانندگی با سیستم FCW باشد [۲۵].

به‌طورکلی اگرچه اندازه‌گیری متغیرهای عملکردی رانندگان شامل IRT و BRT نشان‌دهنده فواید ایمنی سیستم FCW طراحی‌شده در هر دو شرایط عدم وجود و وجود فعالیت ثانویه است با این حال به‌صورت بالقوه وجود این سیستم در شرایطی که فعالیت ثانویه وجود داشت، تاثیر بیشتری دارد. در این مطالعه مشخص شد که IRT در حالت وجود هشدارهای صوتی، کاهش می‌یابد. مطابق با مطالعه لی (Lee) در سال ۲۰۰۲ آنالیز پروسه ترمزگیری نشان می‌دهد که هشدارها باعث کاهش زمان مورد نیاز برای رها کردن پدال گاز شده است که این امر باعث ایجاد یک ایمنی بالقوه می‌شود [۲۲]. مطابق مطالعات پیشین سیستم‌های FCW به طور متوسط تا ۸۰ درصد از برخوردهای از جلو جلوگیری می‌کند و شدت تصادفات را تا ۹۵٪ کاهش می‌دهد. هشدار دیرهنگام موجب کاهش نرخ تصادفات تا ۵۰ درصد و شدت تصادفات تا ۸۵ درصد می‌شود [۲۲].

زمان فعال بودن سیستم FCW، در حالت وجود و در حالت عدم وجود فعالیت ثانویه، فاصله بین خودرو SV و LV افزایش یافت. مطابق با مطالعه باتل (Battelle) و همکاران در سال ۲۰۰۶ مشخص شد که به طور میانگین رانندگانی که از سیستم هشدار برخورد از جلو استفاده می‌کنند فاصله بین دو خودرو ۴٫۶ mm بیشتر از زمانی است که از سیستم استفاده نمی‌کنند [۲۶]. لازم به ذکر است متغیر عملکردی زمان حرکت (MT) تحت تأثیر این سیستم قرار نگرفت. به عبارتی هشدارها روی سرعت به‌کارگیری ترمز، تأثیری نداشتند؛ زمانی که رانندگان محرک خطر را از طریق سیستم FCW و یا از طریق روشن شدن چراغ ترمز خودرو LV (زمانی که سیستم FCW خاموش است) دریافت می‌کردند، MT تحت تأثیر ارائه محرک قرار نگرفت. شاید علت این باشد که رانندگان در هر حال، زمانی که خطر را درک می‌کنند و گاز را رها کرده و در کمترین زمان ممکن برای ترمزگیری اقدام می‌کنند و این ارتباطی به نوع محرک ندارد [۲۲].

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 23:22 IRST on Saturday February 18th 2017

سیستم FCW طراحی‌شده، در سناریو معرفی‌شده مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که تأثیر مثبتی در متغیرهای عملکردی راننده از قبیل زمان عکس‌العمل اولیه، زمان عکس‌العمل ترمزگیری، تعداد خطاها و فاصله بین خودرو SV و LV دارد. استفاده مستقیم از نتایج مطالعه به سبب کم بودن حجم نمونه آماری توصیه نمی‌شود. به منظور افزایش قابلیت اطمینان پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، تعداد رانندگان افزایش یافته و سیستم FCW در سناریوهای مختلف با هشدارهای مداخله‌ای متنوع ارزیابی شود.

منابع

1. Regan M, Williamson A, Grzebieta R, Charltonb J, Lenneb M, Watsonc B, et al., editors. The Australian 400-car Naturalistic Driving Study: Innovation in road safety research and policy. Australasian Road Safety Research Policing Education Conference, 2013, Brisbane, Queensland, Australia; 2013.
2. Nikzad, Mirfazel. Iran Roads Accidents. Regional Traffic Conference. 2006 (Persian).
3. Knipling RR, Mironer, M. Hendricks, D. Assessment of IVHS. Countermeasures for Collision. Avoidance: Rear-End Crashes. National Highway Traffic Safety Administration. 1993.
4. Savolainen PT, Mannering FL, Lord D, Quddus MA. The statistical analysis of highway crash-injury severities: A review and assessment of methodological alternatives. Accident Analysis & Prevention. 2011;43(5):1666-76.
5. Aust ML, Engström J, Viström M. Effects of forward collision warning and repeated event exposure on emergency braking. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour. 2013;18(0):34-46.
6. Muhrer E, Reinprecht K, Vollrath M. Driving With a Partially Autonomous Forward Collision Warning System: How Do Drivers React? Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. 2012;54(5):698-708.
7. Young MS, Stanton NA. Back to the future: Brake reaction times for manual and automated vehicles. Ergonomics. 2007;50(1):46-58.
8. Olson PL, Sivak M. Perception-response time to unexpected roadway hazards. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. 1986;28(1):91-6.
9. Abe G, Richardson J. Alarm timing, trust and driver expectation for forward collision warning systems. Applied Ergonomics. 2006;37(5):577-86.
10. Wiese EE, Lee JD. Auditory alerts for in-vehicle information systems: The effects of temporal conflict and sound parameters on driver attitudes and performance. Ergonomics. 2004; 47(9):965-86.
11. Taieb-Maimon M, Shinar D. Minimum and comfortable driving headways: Reality versus perception. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. 2001; 43(1):159-72.
12. McLaughlin SB, Hankey JM, Dingus TA. A method for evaluating collision avoidance systems using naturalistic driving data. Accident Analysis & Prevention. 2008;40(1):8-16.
13. Lerner N, Kotwal, B., Lyons, R., & Gardner-Bonueau, D. Preliminary Human Factors Guidelines for Crash Avoidance Warning Devices. National Highway Traffic Safety Administration, 1996.
14. Kiefer R, LeBlanc D, Palmer M, Salinger J, Deering R, Shulman M. Development and validation of functional definitions and evaluation procedures for collision warning/avoidance systems. 1999.
15. Scott JJ, Gray R. A Comparison of Tactile, Visual, and Auditory Warnings for Rear-End Collision Prevention in Simulated Driving. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. 2008;50(2):264-75.
16. Ho C, Reed N, Spence C. Assessing the effectiveness of "intuitive" vibrotactile warning signals in preventing front-to-rear-end collisions in a driving simulator. Accident Analysis & Prevention. 2006;38(5):988-96.
17. Liebermann D, Ben-David G, Schweitzer N, Apter Y, Parush A. A field study on braking responses during driving. I. Triggering and modulation. Ergonomics. 1995;38(9):1894-902.
18. Kircher K. Driver distraction: A review of the literature. 2007.
19. Maltz M, Shinar D. Imperfect in-vehicle collision avoidance warning systems can aid distracted drivers. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour. 2007;10(4):345-57.
20. Dingus TA, McGehee DV, Manakkal N, Jahns SK, Carney C, Hankey JM. Human factors field evaluation of automotive headway maintenance/ collision warning devices. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 23:22 IRST on Saturday February 18th 2017

Society. 1997;39(2):216-29.

21. Fairclough SH, May AJ, Carter C. The effect of time headway feedback on following behaviour. Accident Analysis & Prevention. 1997;29(3):387-97.

22. Lee JD, McGehee DV, Brown TL, Reyes ML. Collision warning timing, driver distraction, and driver response to imminent rear-end collisions in a high-fidelity driving simulator. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. 2002;44(2):314-34.

23. Vahidi A, Eskandarian A. Research advances in intelligent collision avoidance and adaptive cruise control. Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on. 2003;4(3):143-53.

24. Bueno M, Fabrigoule C, Deleurence P, Ndiaye D, Fort A. An electrophysiological study of the impact of a Forward Collision Warning System in a simulator driving task. Brain research. 2012; 1470(0):69-79.

25. Adell E, Várhelyi A, Fontana Md. The effects of a driver assistance system for safe speed and safe distance–a real-life field study. Transportation research part C: emerging technologies. 2011; 19(1):145-55.

26. Battelle. Evaluation of the Volvo Intelligent Vehicle Initiative Field Operational Washington, DC., 2006.

The Effect of Intelligent Forward Collision Warning System on Driving Performance along In-vehicle Secondary Task: A Field Study

Mahdi Ebnali-Heidari[1], Mohammad Reza Chehrezad[2], Majid Ebnali Heidari[3], Ali Reza Shateri[4]

Received: 2015/03/18 Revised: 2015/09/12 Accepted: 2015/11/03

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 23:22 IRST on Saturday February 18th 2017

Abstract

Background and aims: Occurrence of crashes and forward collisions as the most frequent types of roads and highways' incidents is mostly resulted by drivers' distraction. Forward collision warning systems (FCWS) are of the technologies which may improve driver's situational awareness, and consequently driving performance. The present study has aimed to design an intelligent forward collision warning system (IFCWS), and evaluate its effect on driving performance.

Methods: Driving performance variables including initial reaction time (IRT), movement time (MT), brake reaction time (BRT), frequency if errors (ER) and distance between two vehicles (D), were measured through four various tests (without and with a cognitive secondary in-vehicle task, off/on warning system).

Results: The results indicate a significant effect of the secondary task on drivers' reaction time, frequency of errors, and distance between the two vehicles. Moreover, the IFCW system led to a decreased frequency of errors and reaction time. However, the warning system had no significant effect on drivers' movement time.

Conclusion: The IFCW system improved driving performance. Further naturalistic studies, with more participants are required to validate the results of the study.

Keywords: Forward collision warning, Visual warning, Driving performance.

1. (**Corresponding author**) MSc of Human Factors Engineering, Automotive Industries Research and Innovation Center, Tehran, Iran. ebnali.mahdi@gmail.com
2. MSc of Mechanical Engineering, K. N. Toosi University of Technology, Automotive Industries Research and Innovation Center, Tehran, Iran.
3. PhD of Electrical Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
4. PhD of Mechanical Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.