Archive of SID

ISME

طراحی و ساخت یک سامانه هوشمند اخطار به راننده در پیشگیری از تصادف مبتنی بر تاخیر لحظه‌ای راننده- خودرو

عادل مقصودپور[۱]
استادیار

علی غفاری[۲]
استاد

علیرضا خدایاری[۳]
دانشیار

صادق عارف نژاد[۴]
کارشناسی ارشد

امروزه، گسترش حمل ونقل و سفرهای جاده‌ای و بین شهری توجه ویژه ای از سوی مجامع علمی، تحقیقاتی و صنعتی به مدیریت، کنترل و بهینه سازی جریان ترافیک، توسعه سیستمهای حمل ونقل هوشمند و سیستمهای همیار در رانندگی معطوف شده است. در این پژوهش یک سازوکار کنترلی فعال از نوع مشورتی طراحی، پیاده سازی و آزمایش شده است؛ که هدف از آن اطلاع از وضعیت راننده و جلوگیری از تصادف به شکل مشورت یا اخطارهای دیداری و یا شنیداری برای مشورت یا هشدار به راننده در حین رانندگی است. اساس کار این سامانه، تخمین میزان تاخیر لحظه ای راننده و خودرو بر مبنای یک ایده جدید برای تعیین میزان هوشیاری راننده و بررسی شرایط ایمنی خودرو در تنظیم فاصله با خودرو جلویی، خودروهای جانبی و یا سایر موانع است. به منظور بررسی عملکرد سامانه پیشنهادی، تمامی زیربخشها و نوآوریهای ارایه شده، بر روی یک خودرو پژو ۲۰۶ پیاده سازی و با انجام آزمایشهای جاده ای مختلف اعتبارسنجی شده اند. نتایج حاصل از آزمایشهای عملی، دقت و عملکرد مطلوب این سامانه را در دستیابی به اهداف کنترلی و کاهش خطا نشان میدهد.

واژه های راهنما : طراحی و ساخت، سیستم راننده- خودرو، سیستم اخطار به راننده، پیشگیری از تصادف، تاخیر لحظه‌ای

۱-مقدمه

امروزه خودرو اصلی‌ترین وسیله‌ی حمل و نقل در زندگی انسان امروزی محسوب می‌شود. با پیشرفت روزافزون تکنولوژی، شرکت‌های سازنده‌ی خودرو توانسته‌اند علاوه بر افزایش کیفیت و بهره‌وری خودروها، ایمنی و آسایش سرنشینان خودرو را نیز ارتقاء بخشند. با این وجود هنوز سهم تصادف‌هایی که ناشی از خطای انسانی باشد بسیار بالا است و سالانه زیان‌های مالی و جانی فراوانی بر اثر تصادفات به جوامع تحمیل می‌شود. بر اساس آمار منتشر شده از سوی مسئولان، در یک دهه گذشته ۲۸۰ هزار نفر بر اثر تصادفات جاده‌ای در ایران جان باخته‌اند

[۱]استادیار، دانشکده مهندسی مکانیک، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران khodayari@pardisiau.ac.ir
[۲]استاد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران ghaffari@kntu.ac.ir
[۳]نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مهندسی مکانیک، واحد پردیس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران khodayari@pardisiau.ac.ir
[۴]کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۲۵، تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۵/۱۶

www.SID.ir

Archive of SID

که معادل مرگ و میر ناشی از سقوط ۸۵۰ فروند هواپیمای دارای ۳۰۰ سرنشین است. طی سال (۱۳۹۵)، حدود ۲۰ هزار نفر از در ایران جان خود را در تصادف‌های جاده‌ای از دست داده‌اند. بسیاری از تصادف‌های جاده‌ای به دلیل خطاهای راننده به وقوع می‌پیوندد.

شکل (۱) نقش خطای انسانی و عوامل موثر بر آن را در تصادف‌های جاده‌ای نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، عدم توجه کافی راننده به‌عنوان مهمترین خطای انسانی (۶۸٪) معرفی شده است. دلیل اتحادیه اروپا برنامه‌هایی جهت کاهش این خسارت‌ها اجرا کرده است. از مهمترین آنها برنامه موسوم به FP6 است، که هدف آن کاهش ۵۰ درصدی نرخ تلفات ناشی از حوادث و تصادفات جاده‌ای تا قبل از سال (۲۰۱۰) است. برنامه‌ای دیگر موسوم به PReVENT توسط اتحادیه اروپا با سرمایه‌گذاری حدود ۳۰ میلیون یورو از سال (۲۰۰۴) در حال اجراست. این برنامه منحصراً در زمینه سیستم‌های فعال کمک به راننده و توسعه سنسورهای پیشرفته برای سیستم‌های کنترلی در خودرو فعالیت می‌کند [۱].

در این راستا در سال‌های اخیر، سیستم‌های مختلفی به‌منظور کاهش تصادف و افزایش ایمنی خودروها معرفی شده است. به‌طورکلی، می‌توان سیستم ایمنی در خودروها را به دو گروه عمده‌ی سیستم‌های ایمنی غیرفعال و سیستم‌های ایمنی فعال تقسیم نمود. هدف اصلی از کاربرد سیستم‌های ایمنی غیرفعال، کاهش خطر آسیب رسیدن به مسافرین خودرو، در حین و بعد از وقوع تصادف است. از انواع سیستم‌های ایمنی غیرفعال می‌توان به طراحی اجزای سازه‌ی خودرو، کمربند ایمنی و کیسه هوا اشاره کرد. برخلاف سیستم‌های ایمنی غیرفعال، سیستم‌های ایمنی فعال برای جلوگیری از وقوع تصادف طراحی شده‌اند و به همین دلیل آن‌ها را سیستم‌های پیشگیرانه نیز می‌نامند [۲].

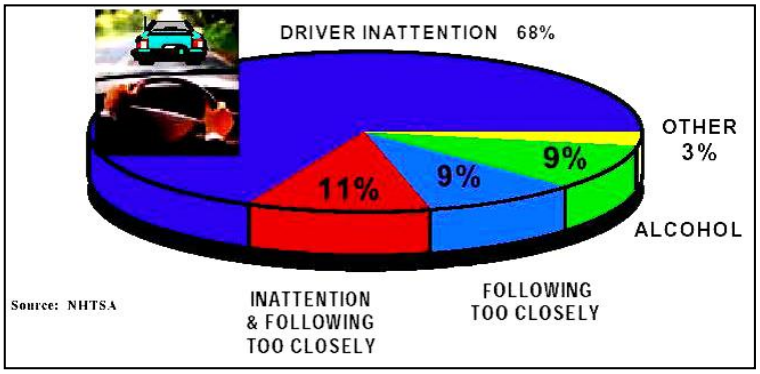
در حقیقت پیشرفت‌های سریع در سیستم‌های الکترونیکی، مهمترین عامل در پیشرفت سیستم‌های ایمنی فعال از قبیل سیستم ترمز ضد قفل (ABS)، سیستم کنترل نیروی رانشی (TCS) و برنامه الکترونیکی پایداری خودرو (ESP) محسوب می‌شود [۲و۳].

در این پژوهش یک سامانه کنترلی فعال از نوع مشورتی طراحی، پیاده‌سازی و آزمایش شده است؛ که هدف از آن اطلاع از وضعیت راننده و جلوگیری از تصادف به شکل مشورت یا اخطارهای دیداری و یا شنیداری برای مشورت یا هشدار به راننده در حین رانندگی است.

تفاوت سیستم پیشنهادی با سایر سیستم‌های پیشنهاد شده در تخمین زمان تاخیر لحظه‌ای راننده خودرو است. در واقع، اساس کار این سامانه، تخمین میزان تاخیر لحظه‌ای راننده و خودرو بر مبنای یک ایده جدید برای تعیین میزان هوشیاری راننده و بررسی شرایط ایمنی خودرو در تنظیم فاصله با خودرو جلویی، خودروهای جانبی و یا سایر موانع است. در ادامه، ابتدا ایده تعیین تاخیر لحظه‌ای راننده- خودرو ارایه خواهد شد. سپس طراحی و پیاده‌سازی زیرسیستم تخمین گر سینماتیکی متغیرهای راننده- خودرو توضیح داده خواهد شد. پس از آن ساختار زیر سیستم تعیین سینماتیکی متغیرهای محیطی طراحی و پیاده‌سازی می‌شود. در آخر هم سامانه هوشمند پیشنهادی بر روی یک خودرو پژو ۲۰۶ پیاده‌سازی و با انجام آزمایش‌های جاده‌ای مختلف اعتبارسنجی خواهد شد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱- مهمترین خطای انسانی در تصادفات جاده ای [۱]

۲- طراحی و ساخت سیستم هوشمند اخطار به راننده مبتنی بر تاخیر لحظه‌ای راننده- خودرو

در این بخش یک سازوکار کنترلی فعال از نوع مشورتی برای خودروهای هوشمند طراحی می‌شود که هدف از آن اطلاع از وضعیت راننده و جلوگیری از تصادف به وسیله همیاری راننده، به شکل مشورت یا اخطار به راننده در حین رانندگی است. استفاده از این سیستم می‌تواند در کاهش زمان عکس‌العمل راننده و خودرو و همچنین در دستیابی به حداقل فاصله ایمن میان خودروها کمک کند؛ و بدین ترتیب منجر به افزایش ایمنی در خودرو می‌شود. در این سیستم به منظور آگاه ساختن راننده از انحراف از شرایط ایمن، از فیدبک‌های دیداری و یا شنیداری برای مشورت یا هشدار استفاده می‌شود. اساس کار این سیستم تخمین تاخیر لحظه‌ای راننده-خودرو برای تعیین میزان هوشیاری است. تاخیر لحظه‌ای راننده-خودرو به عنوان یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های راننده انسانی، اطلاعات مهمی را در تحلیل نیت، شرایط خستگی و میزان توجه راننده را فراهم می‌کند. در سیستم‌های کنترل خودرو، تاخیر لحظه‌ای راننده- خودرو عمدتا با بررسی رفتار وعکس‌العمل‌های راننده به شرایط فعلی جاده تعیین می‌شود. در ادامه به طراحی سامانه هوشمند همیار راننده در پیشگیری از تصادف در فرآیند تعقیب خودرو پرداخته می‌شود. برای این منظور می‌بایست عملکرد تمامی مدل‌ها و سیستم‌های پیشنهادی برای رفتار تعقیب خودرو در دنیای واقعی بررسی و آزمایش شوند. سامانه پیشنهادی بر روی خودرو پژو ۲۰۶ و در آزمایشگاه سیستم‌های کنترلی پیشرفته خودرو در دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی طراحی و اعتبار سنجی شده است.

۲-۱- ایده تعیین تاخیر لحظه‌ای راننده- خودرو

تأخیر عکس‌العمل در رانندگی، یک مشخصه عمومی و مشترک برای انسان‌ها در استفاده و کنترل خودرو است. ضرایب عملیاتی و مشخصه تأخیر انسانها می‌تواند با تغییر عواملی مانند مطالبات کاری، انگیزه، حجم کار و خستگی شدیداً تغییر کند. زمان عکس‌العمل راننده به وسیله اولین پژوهشگران در زمینه بررسی رفتارهای راننده و خودرو، به شکل جمع زمان ادراک و زمان عکس‌العمل فیزیکی تعریف شده است. در مطالعات روانشناختی، فرآیند عکس‌العمل راننده، با گسترش در چهار حالت ادراک، شناسایی، تصمیم و پاسخ فیزیکی بیان می‌شود[۴].

www.SID.ir

Archive of SID

از آنجایی‌که در شبیه‌سازی میکروسکوپیک ترافیک، معمولاً راننده و خودرو به عنوان یک واحد یکپارچه مدل-سازی می‌شوند، از در نظر گرفتن تأخیر سیستم مکانیکی خودرو در اغلب اوقات صرف نظر می‌شود. توجه و تأکید بر این موضوع که تأخیر عکس‌العمل برای هر راننده یک ضریب و عامل حتمی و ضروری برای شناسایی رفتارهای راننده و خودرو است، لازم و ضروری است [۵].

تاکنون پژوهش‌های فراوانی برای تخمین و پیش‌بینی زمان عکس‌العمل سیستم راننده و خودرو با استفاده از آزمایشات میدانی و شبیه‌سازی‌های رانندگی صورت پذیرفته است. یکی از شناخته‌ترین و رایج‌ترین ایده‌ها در محاسبه زمان تأخیر، توسط Ozaki ارائه شده است. او نشان داده است که همبستگی زیادی میان زمان عکس-العمل و شتاب خودرو راهنما و فاصله نسبی میان خودرو راهنما و خودرو تعقیب‌گر وجود دارد [۵]. این رابطه برای رفتار افزایش و کاهش شتاب در جریان رانندگی به صورت رابطه (۱) در زیر بیان شده است.

$$T = \begin{cases} ۱/۳ + ۰/۰۲s(t) + ۰/۷a_{LV}(t) & (deceleration) \\ ۱/۵ + ۰/۰۱s(t) - ۰/۶a_{LV}(t) & (acceleration) \end{cases} \qquad (۱)$$

که در این رابطه، $s(t)$ فاصله نسبی میان دو خودرو و a_{LV} شتاب خودرو راهنما را نشان می‌دهد.

برای تخمین تأخیر عکس‌العمل راننده از داده‌های واقعی، روش‌های مختلفی ارائه شده است. نتایج حاصل از تحلیل و بررسی زمان تأخیر راننده در آزمایشات عملی، نشان می‌دهد که این زمان بستگی زیادی به شرایط رانندگی و آزمایش دارد. همچنین این زمان در یک حرکت ساده با افزایش و کاهش شتاب به سرعت تغییر می‌کند [۶]. اکنون، به عنوان یک ایده جدید زمان تأخیر در افزایش و کاهش شتاب حرکت طولی و رفتار تعقیب خودرو با استفاده از تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده واقعی در جریان ترافیک ارائه می‌شود. با بررسی داده‌های واقعی، یک حرکت ساده در رفتار حرکت طولی راننده و خودرو را می‌توان به چهار بخش تقسیم کرد. این بخش‌ها عبارت از شروع کاهش شتاب (ترمزگیری)، حداکثر کاهش شتاب، شروع افزایش شتاب و حداکثر افزایش شتاب است. برای بررسی زمان تأخیر در این حرکت، زمان تأخیر در شروع ترمزگیری فاصله زمانی میان مقدار صفر سرعت نسبی و نرخ افزایش شتاب صفر است. زمان تأخیر در حداکثر ترمزگیری فاصله زمانی میان حداکثر مقدار منفی سرعت نسبی و نرخ افزایش شتاب است. زمان تأخیر برای شروع افزایش شتاب فاصله زمانی میان سرعت نسبی با مقدار صفر تا نرخ افزایش شتاب صفر در آغاز افزایش شتاب است. زمان تأخیر برای افزایش شتاب حداکثر فاصله زمانی میان حداکثر مقدار مثبت سرعت نسبی تا نرخ افزایش شتاب است. از آنجایی که در سیستم راننده و خودرو، رانندگان در زمان رانندگی با فشردن پدال افزایش شتاب (گاز) و پدال کاهش شتاب (ترمز) شتاب سیستم را تغییر می دهند، در تحلیل داده‌ها و محاسبه زمان تأخیر این چهار بخش بصورت مجموع دو عملکرد برای سیستم راننده و خودرو در نظر گرفته می شوند. با در نظر گرفتن زمان تغییر پدال، عملکرد در شروع و در حداکثر وضعیت فشردگی پدال با یکدیگر جمع می‌شوند. عملکرد شروع کاهش شتاب و کاهش شتاب‌گیری حداکثر به عنوان شرایط کاهش شتاب‌گیری و عملکرد شروع افزایش شتاب و افزایش شتاب‌گیری حداکثر به عنوان شرایط افزایش شتاب‌گیری با هم جمع می‌شوند. تحلیل رفتار در حرکت طولی خودروها و داده‌های واقعی این رفتار وابستگی زیاد میان زمان تأخیر با سرعت نسبی و شتاب خودرو تعقیب‌گر را نشان می‌دهد. در این ایده در رفتار تعقیب خودرو تغییرات سرعت نسبی و شتاب خودرو تعقیب‌گر همانند مفهوم تحریک و عکس‌العمل می‌باشند.

www.SID.ir

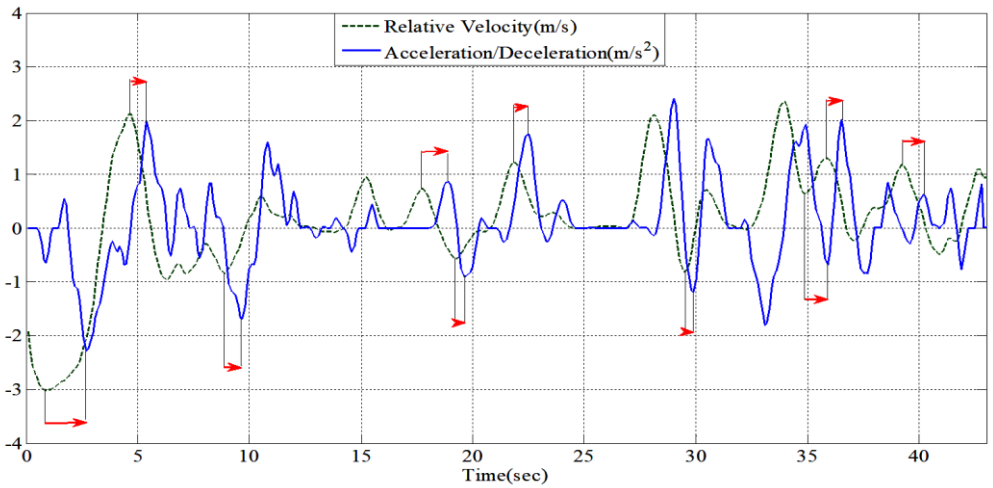
Archive of SID

روش محاسبه تأخیر لحظه‌ای راننده و خودرو بر این مبنا استوار است که با تغییر جهت سرعت نسبی لحظه‌ای (وقوع مینیمم و ماکزیمم در منحنی سرعت نسبی دو خودرو یا تغییر علامت شتاب نسبی)، راننده خودرو تعقیب‌گر با تأخیر به خودرو فرمان تغییر شتاب اعمال می‌کند و مکانیزم اعمال فرمان راننده در خودرو با تأخیر فرمان راننده را اجرا می‌کند وشتاب را کاهش یا افزایش می‌دهد.

در نهایت این فرمان راننده به شکل تغییر جهت شتاب لحظه‌ای (وقوع مینیمم و ماکزیمم در منحنی شتاب خودرو تعقیب‌گر) تحقق می‌یابد. از اینرو تأخیر لحظه‌ای سیستم راننده و خودرو، فاصله زمانی میان دو تغییر متوالی، دو مینیمم یا دو ماکزیمم متوالی، در نمودار سرعت نسبی و شتاب خودرو تعقیب‌گر است. این ایده، ایده تحریک-عکس‌العمل برای تخمین و تعیین تأخیر لحظه‌ای راننده و خودرو در رفتار تعقیب خودرو نامیده می‌شود. شکل (۲) ایده محاسبه لحظه‌ای تأخیر راننده و خودرو را نشان می‌دهد [۷].

استفاده از این ایده در تحلیل با دقت داده‌های واقعی از جریان ترافیک برای بررسی رفتار تعقیب خودرو، نشان می‌دهد که گاهی رفتار کاهش شتاب خودرو تعقیب‌گر زودتر از تغییر در سرعت نسبی دو خودرو از مثبت به منفی اتفاق می‌افتد. از اینرو گاهی اوقات مقدار تأخیر لحظه‌ای سیستم راننده و خودرو، با توجه به ایده ارائه شده و تحلیل داده‌های واقعی، مقداری منفی به دست می‌آید. با تحلیل رفتار خودرو در جریان ترافیک و مجموعه خودروها در صف جریان می‌توان دریافت که تأخیر لحظه‌ای منفی، که در اغلب رفتارها مشاهده می‌شود، مربوط به زمانی است که فاصله نسبی میان دو خودرو بسیار کم است؛ در حالیکه سرعت نسبی خودرو راهنما و خودرو پیش‌روی آن به قدر کافی بزرگ است. در این حالت خودرو تعقیب‌گر می‌تواند نتیجه بگیرد که خودرو راهنما بسیار زود شتاب خود را کاهش می‌دهد. از اینرو راننده خودرو تعقیب‌گر با نتیجه‌گیری از رفتارهای آتی خودروهای جلوتر در صف خودروها، عکس‌العمل نشان می‌دهد. همچنین این موضوع می‌تواند به دلیل عکس‌العمل زود هنگام خودرو تعقیب‌گر با مشاهده چراغ خطر خودروهای پیش‌روی خودرو راهنما در صف خودروها نیز باشد. زمانی‌که در آغاز رفتار کاهش شتاب زمان تأخیر منفی است، نشانگر توجه دقیق راننده خودرو تعقیب‌گر به رفتار خودروی راهنما و خودروهای پیش‌روی آن است.

از اینرو مقدار تأخیر در این شرایط مانند دیگران [۵]، در محاسبات صفر در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۲– ایده تحریک- عکس‌العمل برای محاسبه تأخیر لحظه‌ای راننده و خودرو [۴]

www.SID.ir

Archive of SID

۲-۲- طراحی و پیاده‌سازی زیرسیستم تخمینگر سینماتیکی متغیرهای راننده-خودرو

در ادامه و برای طراحی و پیاده‌سازی سامانه تخمین تأخیر لحظه‌ای راننده و خودرو در رفتار تعقیب خودرو برای تعیین میزان هوشیاری، در نظر است که با استفاده از ترکیب اطلاعات سنسورهای متفاوت به تخمین دقیق‌تری از متغیرهای سینماتیکی خودرو مانند سرعت، شتاب و موقعیت‌های خطی و زاویه‌ای رسید. از اینرو به بررسی زیرسیستم‌های طراحی شده و نحوه عملکرد سنسورها در آن پرداخته می‌شود. سپس در طراحی الگوریتم، ایده جدید بر مبنای منطق و ریاضیات فازی برای کالیبراسیون سنسورها ارایه می‌شود.

نشان داده می‌شود که با استفاده از آن خطای ناشی از عدم قطعیت‌های موجود در خروجی سنسورها تا حد ممکن کاهش می‌یابد. در آخر هم با استفاده از طراحی یک فیلتر کالمن، اطلاعات سنسورهای متفاوت با یکدیگر ترکیب شده و نتایج به دست آمده از روش ارائه شده با روش‌های ارائه شده تاکنون مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

در طراحی این سامانه از سنسورهای ناوبری لختی و سنسور انکودر سرعت دورانی چرخ استفاده شده است. سنسورهای ناوبری لختی(INS) سیستمی است که موقعیت و جهت را با توجه به شتاب‌های خطی و دورانی جسم که با سنسورهای مربوط اندازه‌گیری شده است، بر پایه قوانین حرکتی نیوتن تعیین می‌کند. بنابراین، این سیستم مستقل از هر گونه منبع خارجی است که باعث می‌شود استفاده از INS اهمیت یابد. واحد اندازه-گیری موقعیت، یکی از زیر زیر مجموعه‌های INS است که به طور معمول، سه شتاب سنج متعامد و سه جایروسکوپ دارد که این سنسورها قادر به یافتن شتاب‌های خطی و سرعت‌های زاویه‌ای جسمی هستند که به آن متصل‌اند [۸]. لازم به ذکر است که دانستن شتاب‌های خطی در سه جهت و سرعت‌های زاویه‌ای، برای تعقیب حرکت هر جسم صلبی کافی است. همچنین، سنسور نوری سرعت دورانی چرخ (انکودر دورانی)، حسگری است که به محور چرخ متصل می شود و می‌تواند میزان چرخش را اندازه گیری کند با اندازه گیری میزان چرخش می توان جابجایی، سرعت، شتاب یا زاویه چرخشی را تعیین کرد. دلیل اصلی استفاده از سنسور انکودر نوری به جای تاکومتر، هزینه پایین‌تر و قابلیت نصب مناسب‌تر آن بر روی چرخ خودرو بوده است. همچنین برای کاهش نویزهای موجود در خروجی سنسور انکودر از یک فیلتر میانگین برای استخراج سرعت متوسط خودرو استفاده شده است.

شکل (۳) نحوه نصب سنسورهای ناوبری و انکودر چرخ را بر روی خودرو واقعی نشان می‌دهد. سنسور انکودر به عنوان مرجعی جهت اندازه‌گیری شتاب متوسط، سرعت متوسط و موقعیت لحظه‌ای خودرو، هنگام حرکت بر روی یک خط مستقیم، بر روی خودرو نصب شده است.

همانطور که گفته شد، در طراحی این سامانه برای کالیبراسیون سنسورهای مورد استفاده از یک ایده جدید بر مبنای منطق و ریاضیات فازی استفاده شده است؛ تا خطای ناشی از عدم قطعیت‌های موجود در خروجی سنسورها تا حد ممکن کاهش یابد. برای بررسی عملکرد الگوریتم کالیبراسیون ارایه شده، بیش از ۱۰۰ مرتبه حرکت خودرو در روی یک خط مستقیم و با سرعت‌های متفاوت در نظر گرفته شده و آزمایش شده است. اطلاعات به دست آمده، شامل شتاب اندازه‌گیری شده از سنسور شتاب‌سنج و شتاب مرجع اندازه‌گیری شده با انکودر روی چرخ هستند. برای تحلیل داده‌ها یک الگوریتم طراحی شده است که در آن این اطلاعات ابتدا به عنوان ورودی به الگوریتم خوشه‌بندی فازی تفاضلی در نظر گرفته می‌شوند. خروجی این الگوریتم شامل توابع عضویت به دست آمده برای ورودی‌های سیستم فازی و پارامترهای بخش نتیجه قوانین فازی هستند.

www.SID.ir

Archive of SID

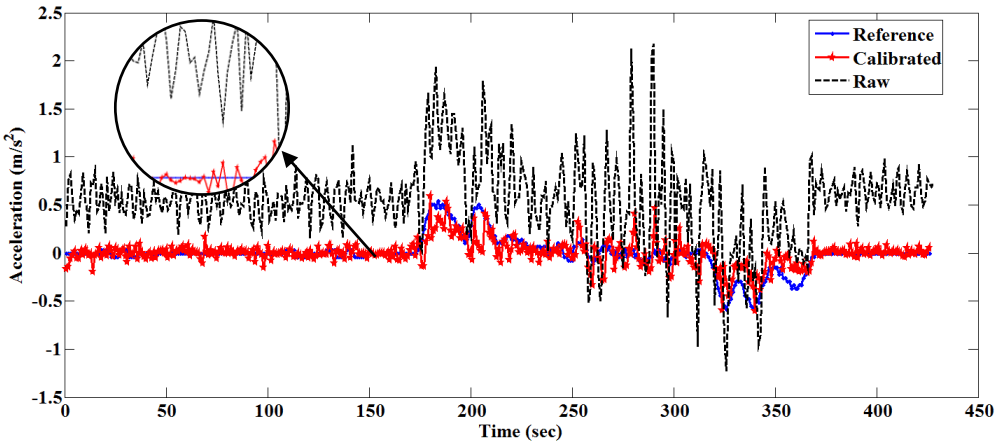
الف ب

شکل ۳- سنسورهای ناوبری و انکودر نوری نصب شده بر روی خودرو

سیستم استنتاج فازی طراحی شده مبتنی بر استفاده از خوشه‌بندی فازی، با استفاده از خواص سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی باز طراحی و بهبود یافته است. شکل (۴) نتایج حاصل از پیاده‌سازی الگوریتم ارایه شده را برای کالیبراسیون سنسور شتاب‌سنج اینرسی در آزمایش عملی نشان می‌دهد.

همان‌طور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، الگوریتم طراحی و پیاده‌سازی شده برای کالیبراسیون سنسورها توانسته است که خطاهای موجود در خروجی سنسور شتاب‌سنج اینرسی را کاهش داده و مقدار آن را به مقدار شتاب مرجع به دست آمده از سنسور نوری نزدیک نماید. برای بررسی بیشتر این عملکرد این الگوریتم، نتایج آن با سایر روش‌های کالیبراسیون که تاکنون ارائه شده است، مقایسه شده است. برای انجام این مقایسه سه مقیاس خطای متفاوت جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، خطای انحراف معیار (SDE) و درصد میانگین خطای مطلق (MAPE) در نظر گرفته شده است.

در جدول (۱) نتایج حاصل از این مقایسه بیان شده‌اند.



شکل ۴- مقایسه شتاب خروجی به دست آمده از الگوریتم کالیبراسیون، شتاب مرجع و خروجی اولیه سنسور

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- مقایسه نتایج الگوریتم ارائه شده برای کالیبراسیون با روش‌های پیشین

	RMSE $\left(m/s^2\right)$	MAPE	SDE	درصد کاهش RMSE (%)
الگوریتم فازی پیشنهاد شده	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۰۴	۷۹/۱۱
حداقل مربعات بازگشتی [۹]	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۰۹	۲۷/۴۷
واریانس آلاین [۱۰]	۰/۴۰	۰/۴۲	۰/۰۸	۳۸/۶۶
شبکه‌های عصبی آموزش دیده با گرادیان نزولی [۱۱]	۰/۳۰	۰/۳۲	۰/۰۶	۵۳/۱۳
شبکه‌های عصبی آموزش دیده با لونبرگ-مارکوارت [۱۲]	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۰۴	۶۱/۰۰

همان طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، الگوریتم طراحی و ارائه شده توانسته است عملکرد بهتری از سایر الگوریتم‌هایی که برای کالیبراسیون سنسور اینرسی شتاب‌سنج ارائه شده است، داشته باشد. توجه به این نکته ضروری است که جهت کنترل حرکت خودرو در مسیر نیاز به تخمین دقیقی از سرعت و موقعیت آن وجود دارد. از اینرو در الگوریتم ارایه شده نیاز است با استفاده از یک فیلتر کالمن، تاثیرات نویزهایی که در فرایند کالیبراسیون از بین نرفته‌اند تا حد ممکن کاهش یابد و در نتیجه تخمین دقیق‌تری از سرعت و موقعیت خودرو، نسبت به انتگرال‌گیری مستقیم از معادلات دینامیکی، ارائه شود [۱۳- ۱۵]. از اینرو با هدف بهبود عملکرد الگوریتم طراحی شده، از یک فیلتر کالمن برای کاهش تاثیرات نویزها استفاده می‌شود. در ادامه نحوه طراحی، پیاده‌سازی و نتایج حاصل از آن در الگوریتم ارائه شده، توضیح داده می‌شود.

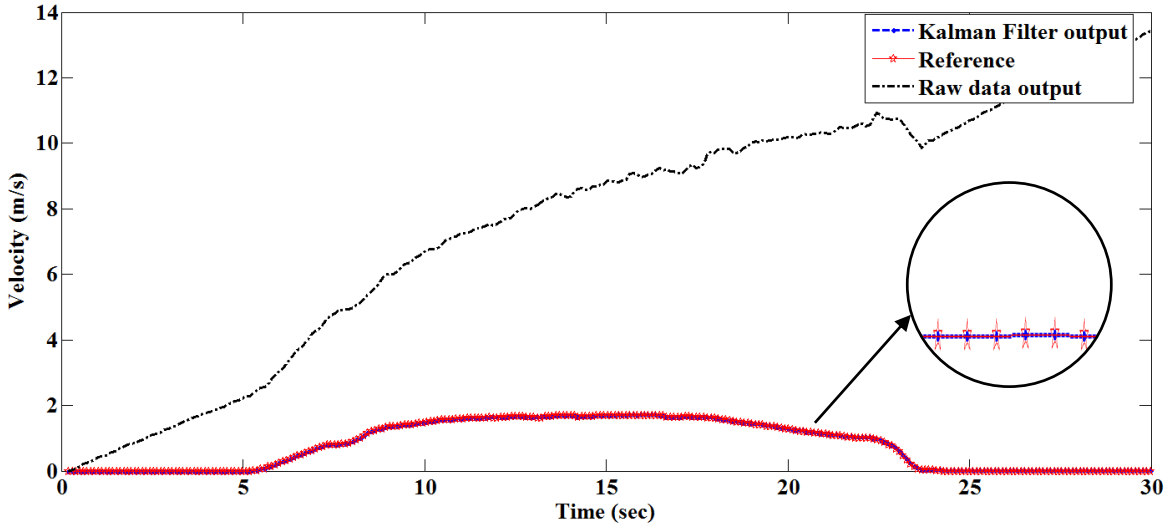
با توجه به این که حرکت خودرو تنها به صورت طولی در نظر گرفته شده است، فضای حالت مورد استفاده در ساختار فیلتر کالمن به صورت $X = [x \quad v_x \quad b_x]^T$ فرض می‌شود که در آن x موقعیت خودرو، v_x سرعت طولی خودرو و b_x شتاب بایاس غیر خطی شتاب‌سنج است. با استفاده از گسسته سازی با روش اویلر، روابط فضای حالت به صورت رابطه (۲) به دست می‌آید.

$$\begin{cases} x(k+1) = x(k) + Tv_x(k) \\ v_x(k+1) = v_x(k) + T\tilde{a}(k) \\ b_x(k) = b_x(k-1) + Tw_{bx}(k-1) \\ \tilde{a} = a_m - b_x \end{cases} \qquad (۲)$$

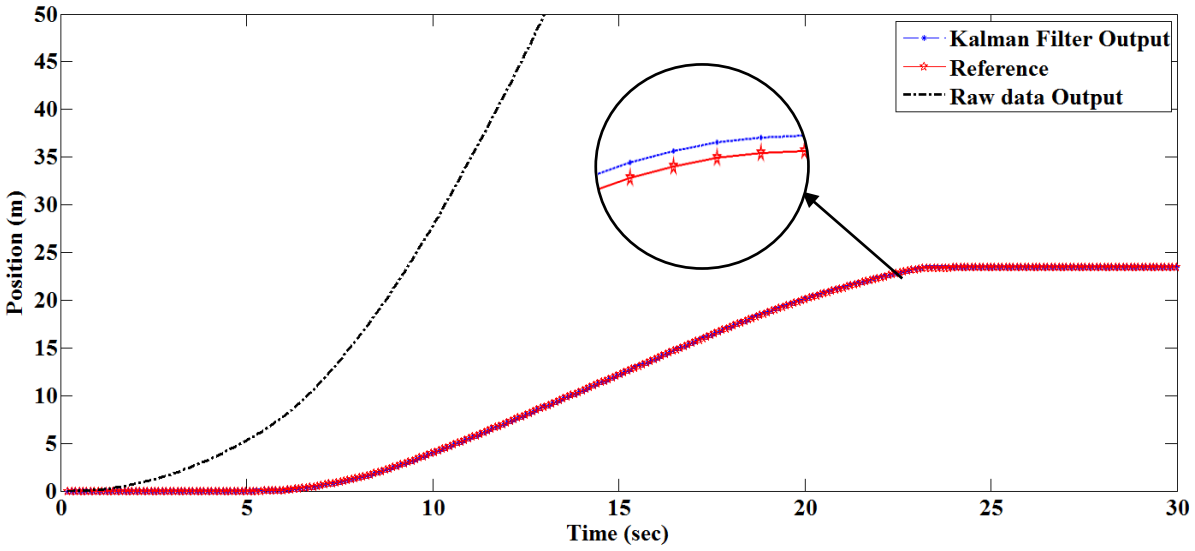
که در رابطه (۲)، w_{bx} یک نویز تصادفی سفید فرض می‌شود. برای تخمین موقعیت و سرعت خودرو، شتاب کالیبره شده با استفاده از الگوریتم پیشنهادی به عنوان مقدار مشاهده شده از سیستم، در ساختار فیلتر کالمن طراحی شده مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج حاصل از عملکرد فیلتر کالمن برای کاهش میزان خطای تخمین سرعت و موقعیت خودرو، نسبت به روش انتگرال‌گیری مستقیم از شتاب خروجی از سنسورها به ترتیب در شکل‌های (۵) و (۶) نشان داده شده است. مقایسه بین خطای به دست آمده برای نتایج تخمین موقعیت و سرعت خودرو برای هنگامی که از فیلتر کالمن یا انتگرال‌گیری مستقیم استفاده می‌شود، در جدول (۲) نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- خروجی فیلتر کالمن برای سرعت خودرو



شکل ۶- خروجی فیلتر کالمن برای موقعیت خودرو

همان‌طور که در نتایج آزمایش و شکل‌های (۵) و (۶) و جدول (۲) مشاهده می‌شود، استفاده از الگوریتم کالیبراسیون بر روی شتاب به دست آمده ار سنسور و استفاده از فیلتر کالمن توانسته است خطای تخمین سرعت و موقعیت خودرو را تا حد قابل توجهی کاهش دهد و مانع از واگرا شدن تخمین به دست آمده گردد.

جدول ۲- مقایسه خطای به دست آمده برای تخمین سرعت و موقعیت خودرو

	خطای شتاب $\left(m/s^2\right)$	خطای سرعت $\left(m/s\right)$	خطای موقعیت $\left(m\right)$
بدون فرایند کالیبراسیون و با انتگرال‌گیری مستقیم	۰/۶۵	۱۳/۶	۲۳۰/۵
پس از فرایند کالیبراسیون و با فیلتر کالمن	۰/۱۳	۰/۳	۱/۷
درصد کاهش خطا	۷۹/۱۱	۹۷/۶۳	۹۹/۲۸

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۲- طراحی و پیاده‌سازی زیر سیستم تعیین سینماتیکی متغیرهای محیطی

در سامانه طراحی شده و به جهت شناسایی خودروهای پیش‌رو و تعیین خصوصیات سینماتیکی آن‌ها، از یک دوربین برای شناسایی خودروها، از یک موتور برای دوران دوربین و از یک سنسور لیزر برای اندازه‌گیری فاصله خودروها استفاده شده است. در الگوریتم طراحی شده برای زیرسیستم تعیین متغیرهای محیطی و موانع، محل خودروها با تحلیل و پردازش تصاویر بدست آورده توسط دوربین به دست می‌آید. زاویه مناسب جهت دوران موتور به گونه‌ای محاسبه می‌شود که همواره لیزر، که برای تعیین فاصله، سرعت و شتاب نسبی استفاده می‌شود، در جهت خودروی پیش‌رو قرار گیرد. برای این کار در الگوریتم پردازش تصویر طراحی شده، رابطه خطی بین تعداد پیکسل‌ها در تصویر و زاویه دوران موتور با توجه به کیفیت تصویر دریافتی توسط دوربین تعیین و طراحی شده است. سازوکار طراحی و ساخته شده برای این زیرسیستم در شکل (۷) نشان داده شده است.

به دلیل طبیعت بسیار غیرخطی رفتارهای رانندگی، در الگوریتم طراحی شده برای این زیرسیستم، با در نظر گرفتن عوامل تأثیرگذار بر رفتار رانندگان واقعی در طول رفتار پیش‌بینی و ارزیابی، یک مدل فازی-عصبی تطبیقی برای این رفتار ارائه و پیاده‌سازی شده است، که می‌تواند شتاب خودروی تعقیب‌گر را مدلسازی و تخمین نماید. مرحله اول در طراحی این مدل، انتخاب پارامترهای متناسب برای ورودی و خروجی آن است. نتایج حاصل از پژوهش‌ها نشان می‌دهد که در رفتار تعقیب خودرو تنها پارامتری که راننده می‌تواند به صورت مستقیم روی آن اثر بگذارد، شتاب خودرو است [۷]. در واقع راننده با تغییر وضعیت پدال گاز یا ترمز می‌تواند شتاب خودرو را تنظیم کند. در نتیجه خروجی این مدل شتاب خودروی تعقیب‌گر درنظر گرفته شده است. مرحله‌ی بعد در طراحی مدل، انتخاب ورودی‌های مناسب برای آن است. این ورودی‌ها با در نظر گرفتن رفتار پیش‌بینی و ارزیابی رانندگان در شرایط واقعی و هم‌چنین بررسی تأثیر ورودی‌های مختلف انتخاب شده‌اند.

شکل ۷- سازوکار طراحی و ساخته شده برای تعیین فاصله، سرعت و شتاب نسبی دو خودرو

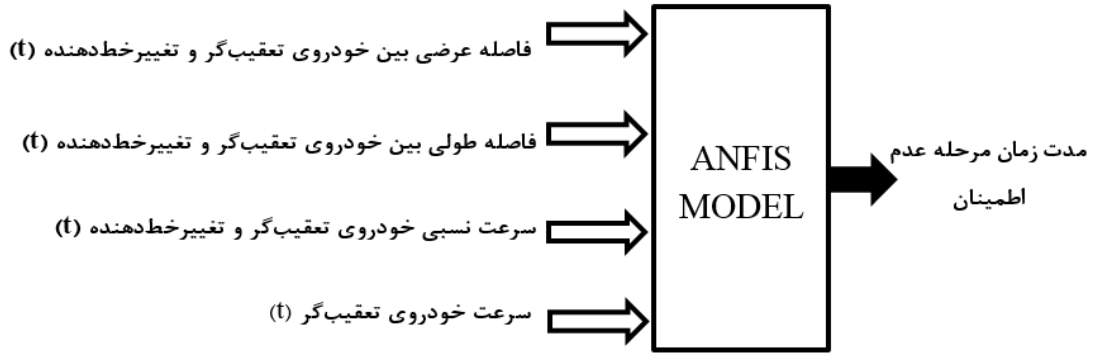
www.SID.ir

Archive of SID

مرحله‌ی انتخاب ورودی‌های مناسب مدل با در نظر گرفتن شرایط واقعی رانندگی و روش سعی و خطا انجام می‌گیرد [۱۲]. با مقایسه‌ی نتایج مدل‌سازی می‌توان به بهترین مدل فازی- عصبی تطبیقی دست یافت. اولین ورودی مدل، فاصله‌ی عرضی بین خودروی تعقیب‌گر و خودروی تغییرخط‌دهنده تا قبل از تغییرخط کامل و خودروی تعقیب‌گر و خودروی راهنما بعد از تغییرخط درنظر گرفته شده است. دو پارامتر دیگر مدل سرعت خودروی تعقیب‌گر نسبت به خودروی تغییرخط‌دهنده و سرعت خودروی تعقیب‌گر است. مدت زمان تاخیر راننده (عدم اطمینان) به عنوان یکی از ورودی‌ها در نظر گرفته شده است. همچنین شتاب خودروی تعقیب‌گر در یک مرحله قبل نیز به عنوان یکی دیگر از پارامترهای تأثیرگذار بر مدل فرض شده است.

زمان عدم اطمینان در رفتار پیش‌بینی و ارزیابی برابر مدت زمانی است که مرحله عدم اطمینان به طول انجامیده است و نشان‌دهنده‌ی خصوصیت انسانی خودروهای درگیر (محتاط یا عجول بودن راننده)، شرایط تغییرخط و هم‌چنین شرایط سایر خودروها است [۱۶-۱۸].

هرچه این زمان کم‌تر باشد، زمان واکنش راننده‌ی خودروی تعقیب‌گر به خودروی تغییرخط‌دهنده کوتاه‌تر است و خطرپذیری این راننده بیشتر است؛ در واقع راننده دیرتر به رفتار خودروی تغییرخط‌دهنده واکنش نشان می‌دهد یا با سرعت بیشتری به رفتار تعقیب‌خط بازمی‌گردد. هرچه این زمان بیشتر باشد، راننده‌ی خودروی تعقیب‌گر محتاط‌تر است و سریع‌تر به رفتار خودروی تغییرخط‌دهنده واکنش نشان داده و آرام‌تر به شرایط قبل از تغییرخط بازمی‌گردد. از آن‌جایی که مدت زمان مرحله عدم اطمینان نشان‌دهنده‌ی خصوصیات راننده و شرایط رانندگی است، نقش مهمی را در مدل‌سازی و کنترل رفتار خودروی تعقیب‌گر ایفا می‌کند و بایستی مقدار آن برای خودروها محاسبه گردد. برای داده‌های تجربی می‌توان با تعیین شروع و پایان رفتار پیش‌بینی و ارزیابی، مدت زمان این رفتار را از داده‌های نمونه‌برداری شده خودروها و به صورت غیر هنگام محاسبه نمود. برای طراحی مدل‌های پیش‌بین یا کنترل‌کننده‌های هوشمند که نیاز به مقدار به‌هنگام این پارامتر وجود دارد، مدت زمان مرحله عدم اطمینان را می‌توان با استفاده از شرایط دینامیکی و حرکتی خودرو محاسبه نمود. به همین‌منظور در این قسمت یک مدل فازی- عصبی تطبیقی برای تخمین مدت مرحله عدم اطمینان بر اساس شرایط ترافیکی و حرکت خودروی تعقیب‌گر طراحی شده است.



شکل ۸- تخمین‌گر فازی- عصبی تطبیقی برای تعیین مدت زمان مرحله عدم اطمینان

www.SID.ir

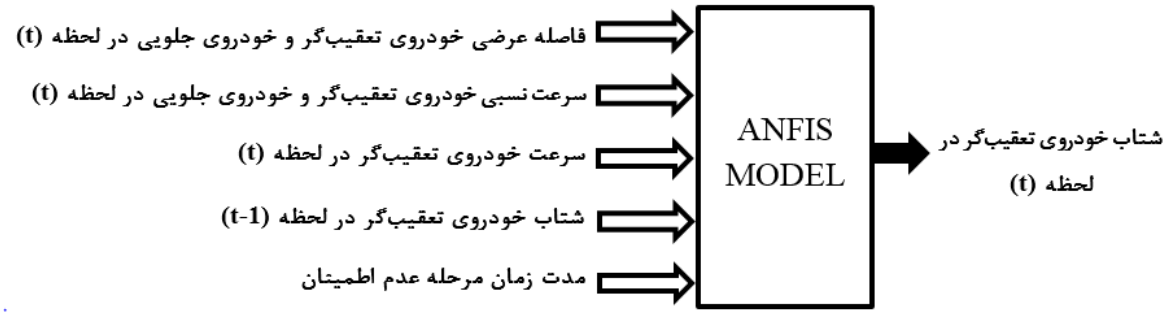
Archive of SID

در الگوریتم لرلیه شده و با بررسی عوامل مختلف در رفتار خودروهای واقعی و تعیین پارامترهای تأثیرگذار بر مدت زمان مرحله عدم اطمینان، ورودی‌ها و خروجی این مدل تعیین می‌گردد [۷ و ۱۶]. همانند مدل‌سازی قسمت قبل، این ورودی و خروجی مناسب براساس دستیابی به بهترین پاسخ با کمترین میزان خطا انتخاب می‌شود. ساختار این تخمین‌گر در شکل (۸) نشان داده شده است.

از آن‌جایی که رفتار عرضی خودروی تغییرخط‌دهنده معیار اصلی برای تعیین مرحله عدم اطمینان است بنابراین ورودی اول مدل، فاصله‌ی عرضی بین دو خودروی تعقیب‌گر و تغییرخط‌دهنده است که این مقدار برابر فاصله‌ی سمت راست خودروی تغییرخط‌دهنده تا سمت راست خودروی تعقیب‌گر در هر لحظه است. فاصله طولی نسبی، سرعت نسبی بین دو خودرو و سرعت خودروی تعقیب‌گر نیز به عنوان سایر ورودی‌های مدل در نظر گرفته شده‌اند. به دلیل اینکه داده‌های به دست آمده از تخمین‌گر نتایج بهتری را ارائه دهد، خروجی هر لحظه از تخمین‌گر با مقدار داده‌های لحظات قبل جمع شده و از میانگین مقادیر آن‌ها مدت زمان پیش‌بینی و ارزیابی محاسبه می‌گردد. با این روش می‌توان ورودی مدت زمان مرحله عدم اطمینان را با استفاده از شرایط دینامیکی خودروی تعقیب‌گر و به صورت به‌هنگام محاسبه نمود. از این تخمین‌گر برای کنترل هوشمند خودروی تعقیب‌گر در رفتار پیش‌بینی و ارزیابی استفاده خواهد شد.

همان‌طور که بیان شد، مدت زمان عدم‌اطمینان مشخصه‌ای است که بیانگر تأثیر خصوصیات رفتاری راننده بر حرکت خودرو است. این پارامتر تا به حال در سایر مدل‌های ارائه شده برای رفتار پیش‌بینی و ارزیابی در نظر گرفته نشده بود. در طراحی الگوریتم زیرسیستم تعیین متغیرهای محیطی و موانع و برای بررسی تأثیر این ورودی بر عملکرد مدل، یک مدل فازی- عصبی تطبیقی جدید با در نظر گرفتن ورودی مدت زمان مرحله عدم اطمینان طراحی می‌گردد. ساختار این مدل در شکل (۹) نشان داده شده است.

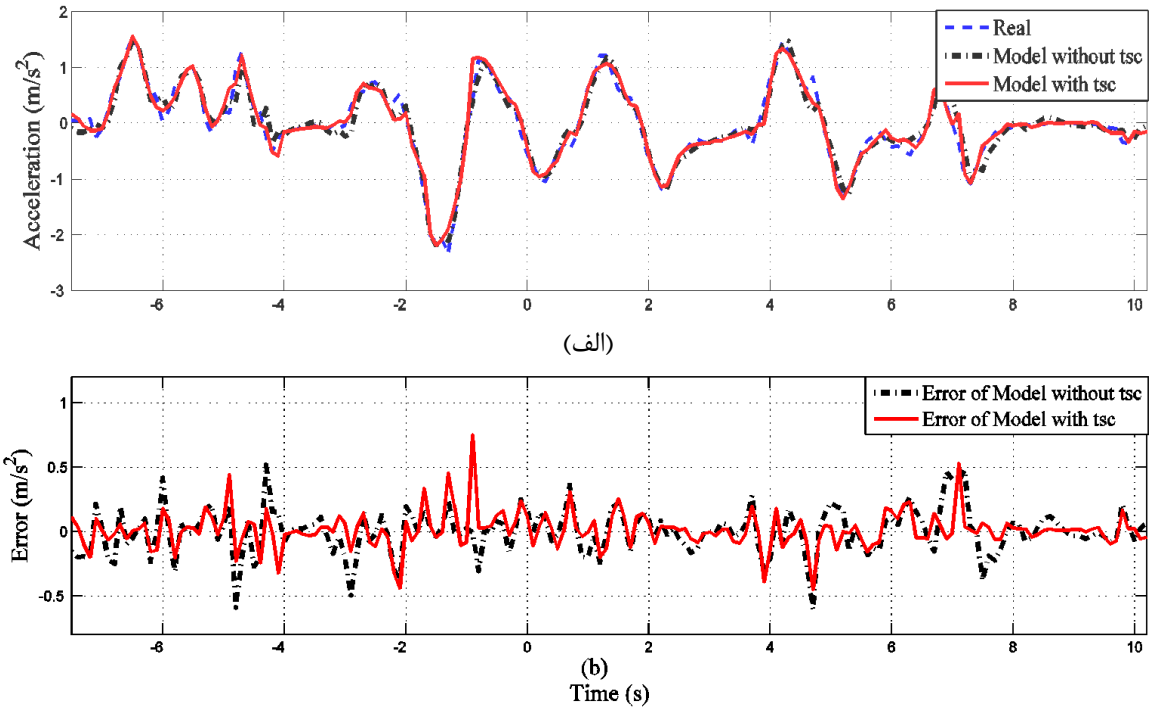
در شکل (۱۰-الف) شتاب خروجی این مدل با رفتار خودروی واقعی و هم‌چنین با نتایج مدل بدون ورودی زمان عدم‌اطمینان در تغییرخط مقایسه شده است. در شکل (۱۰-ب) نیز مقدار خطای این دو مدل از مقدار واقعی آن برای یک خودروی تست نشان داده شده است. در شکل (۱۱) پیاده‌سازی سیستم طراحی شده بر روی یک خودرو ۲۰۶ در آزمایشگاه سیستم‌های کنترلی پیشرفته خودرو نشان داده شده است.



شکل۹- ساختار مدل رفتار پیش‌بینی و ارزیابی با در نظرگرفتن ورودی زمان مرحله عدم‌اطمینان

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱۰– عملکرد مدل در مقایسه با رفتار راننده‌ی واقعی، (الف) شتاب خودروی تعقیب‌گر، (ب) مقدار خطا

شکل۱۱– پیاده‌سازی سیستم طراحی شده بر روی خودرو ۲۰۶

۴-۲- نتایج عملکرد سامانه هوشمند اخطار به راننده در پیشگیری از تصادف در آزمایشات عملی

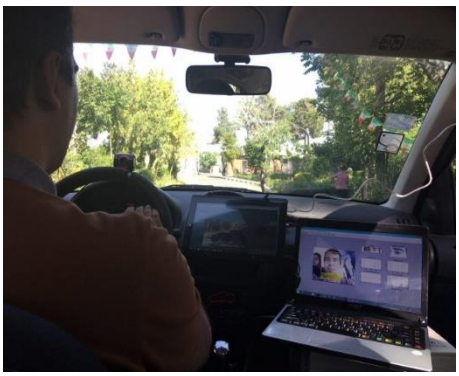
برای بررسی عملکرد سیستم طراحی شده در شرایط ترافیکی واقعی، مطابق شکل (۱۲) این سیستم بر روی یک خودرو پژو ۲۰۶ نصب شده است. داده‌ها با استفاده از مجموعه دوربین و حسگرهایی قرار داده شده به نرم‌افزار طراحی شده ارسال می‌گردند. این سیستم برای بررسی عملکرد الگوریتم ارائه شده در محیط شهری و در شرایط واقعی مورد آزمایش قرار گرفته است. در این آزمایش‌ها ۱۵ راننده، هر راننده ۸ مرتبه و در زمان‌های مختلف و شرایط فیزیکی و بیولوژیکی متفاوت برای زمان ۲۰ دقیقه در محیط شهری رانندگی کرده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج حاصل از عملکرد سامانه با اطلاعات داده شده توسط راننده و داده‌های جمع‌آوری شده در زمان آزمایش‌ها تحلیل و مقایسه شده است. از کل زمان هر تست که شامل ۲۰ دقیقه می‌باشد، ۱۰ دقیقه مربوط به زمانی است که سیستم طراحی شده غیر فعال است و ۱۰ دقیقه از آن مربوط به زمانی است که این سیستم فعال بوده و مقدار تاخیر راننده را تشخیص داده است. بنابراین ۲۴۰ بار این تست صورت انجام گرفته است که از این مقدار ۱۲۰ بار مربوط به حالتی که سیستم فعال است و ۱۲۰ بار دیگر مربوط به حالتی است که راننده بدون فعال بودن سیستم مانور را انجام داده است. جداول (۳) و (۴) به ترتیب نتایج به دست آمده برای راننده اول در هر ۸ مرتبه و میانگین نتایج به دست آمده برای تمامی رانندگان را نشان می‌دهند.

نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که استفاده از این سامانه توانسته است حدود زمان تاخیر راننده را تقریبا به نصف کاهش دهد. علاوه بر این بررسی نتایج نظرسنجی‌های انجام شده از رانندگان، این سیستم نشان می‌دهد که استفاده از این سامانه می‌تواند علاوه بر افزایش ایمنی، لذت رانندگی رانندگان را در هنگام انجام مانورهای تعیین شده، تامین نماید.



(الف)

(ب)

شکل ۱۲– انجام تست تجربی سیستم طراحی شده در جاده

جدول ۳– تاخیر به دست آمده برای راننده اول هنگام فعال و غیر فعال بودن سیستم طراحی شده

شماره تست	تاخیر راننده با سیستم فعال (ثانیه)	تاخیر راننده با سیستم غیر فعال (ثانیه)
۱	۱/۶۶	۳/۳۲
۲	۱/۵۰	۳/۱۱
۳	۱/۷۵	۲/۶۸
۴	۱/۵۸	۲/۸۶
۵	۱/۸۰	۲/۸۰
۶	۱/۴۵	۲/۹۱
۷	۱/۷۲	۲/۹۵
۸	۱/۸۱	۲/۸۸
میانگین	۱/۶۵	۲/۹۴

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۴- میانگین تاخیر به دست آمده برای تمامی رانندگان هنگام فعال و غیر فعال بودن سیستم طراحی شده

شماره راننده	میانگین زمان تاخیر با سیستم فعال (ثانیه)	میانگین زمان تاخیر با سیستم غیر فعال (ثانیه)
۱	۱/۶۵	۲/۹۴
۲	۱/۸۰	۲/۹۱
۳	۱/۷۸	۲/۵۸
۴	۱/۷۵	۲/۸۲
۵	۱/۶۸	۳/۳۳
۶	۱/۷۲	۲/۶۸
۷	۱/۵۳	۲/۸۸
۸	۱/۹۱	۳/۱۲
۹	۱/۴۵	۳/۱۵
۱۰	۱/۵۲	۲/۴۸
۱۱	۱/۶۱	۲/۷۲
۱۲	۱/۴۵	۲/۱۶
۱۳	۱/۳۶	۲/۹۳
۱۴	۱/۸۸	۲/۹۷
۱۵	۱/۸۶	۲/۸۳
میانگین کل	۱/۶۶	۲/۸۳

۳- جمع بندی

در این پژوهش یک سامانه هوشمند پیشگیری از تصادف بر مبنای ارایه اخطارهای دیداری و یا شنیداری در حین رانندگی، طراحی، پیاده‌سازی و آزمایش شده است. اساس کار این سامانه، تخمین میزان تاخیر لحظه‌ای راننده و خودرو بر مبنای یک ایده جدید برای تعیین میزان هوشیاری راننده و بررسی شرایط ایمنی خودرو در تنظیم فاصله با خودرو جلویی، خودروهای جانبی و یا سایر موانع است. در سامانه هوشمند پیشنهادی این ویژگی با پیاده‌سازی زیرسیستم‌ها و الگوریتم‌های طراحی و پیاده سازی شده بر روی یک خودرو پژو ۲۰۶ و با انجام آزمایش‌های جاده‌ای مختلف اعتبارسنجی شده است.

این زیرسیستم‌ها شامل تخمین گر تاخیر لحظه‌ای راننده- خودرو، زیرسیستم تخمین گر سینماتیکی متغیرهای راننده- خودرو و زیر سیستم تعیین سینماتیکی متغیرهای محیطی می‌شود. نتایج حاصل از آزمایشات عملی سامانه هوشمند پیشگیری از تصادف نشان می‌دهد که استفاده از این سیستم می‌تواند در کاهش زمان عکس‌العمل راننده و خودرو و همچنین در دستیابی به حداقل فاصله ایمن میان خودروها کمک کند؛ و بدین ترتیب منجر به افزایش ایمنی در خودرو می‌شود. استفاده از این سامانه راننده را برای اتخاذ تصمیم بهتر در انتخاب رفتارهای بعدی، مطلع می‌سازد. همچنین با بهبود عملکرد راننده از بوجود آمدن غافل‌گیری و فاصله‌های ناایمن بین خودروها جلوگیری می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

سپاسگزاری

این پژوهش با استفاده از حمایت های مالی، امکانات و تجهیزات آزمایشگاه سیستم های کنترلی پیشرفته خودرو (AVCSLab) در دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی انجام شده است.

مراجع

[1] Anderson, S. J., and Peters, S. C., "An Optimal-control-based Framework for Trajectory Planning, Threat Assessment, and Semi-autonomous Control of Passenger Vehicles in Hazard Avoidance Scenarios", Int. J. Vehicle Autonomous Systems, Vol. 8, pp. 190-216, (2010).

[2] Guvenç, L., "Preventive and Active Safety Applications", Int. Conf. Automotive Technology, Istanbul, Turkey, (2004).

[3] Wang, X., Fu, M., Ma, H., and Yang, Y., "Lateral Control of Autonomous Vehicles Based on Fuzzy Logic", Control Engineering Practice, Vol. 34, pp. 1-17, (2015).

[4] Ulleberg, P., and Rundmom, T., "Personality, Attitudes and Risk Perception as Predictors of Risky Driving Behavior among Young Drivers", Safety Science, Vol. 41, No. 5, pp. 427-443, (2003).

[5] Khodayari, A., Ghaffari, A., Kazemi, R., and Manavizadeh, N., "Modeling and Intelligent Control Design of Car Following Behavior in Real Traffic Flow", IEEE International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems (CIS2010), Singapore, pp. 261-266, (2010).

[6] Toshima, I., and Aoki, S., "Effect of Driving Delay with an Acoustical Tele-presence Robot, TeleHead", International Conference on Robotics and Automation, Barcelona, Spain, pp. 56-61, (2005).

[۷] خدایاری، علیرضا، " طراحی سیستم کنترل هوشمند تعقیب خودرو مبتنی بر تاخیر لحظه‌ای رفتار راننده و خودرو"، رساله دکترای مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی، (۱۳۹۱).

[8] Zhu, R., Sun, D., Zhou, Z., and Wamg, D., "A Linear Fusion Algorithm for Attitude Determination using Low Cost MEMS-based Sensors", J. Measurement, Vol. 40, No. 3, pp. 322-328, (2007).

[9] Lee, D., Lee, S., and Park, S., "Test and Error Parameter Estimation for MEMS-based Low Cost IMU Calibration", Int. J. Precision Engineering and Manufacturing, Vol. 12, pp. 597-603, (2011).

[10] Zhang, Y., Yang, X., and Xing, X., "The Standing Calibration Method of MEMS Gyro Bias for Autonomous Pedestrian Navigation System", the Journal of Navigation, pp. 1-11, (2016).

www.SID.ir

Archive of SID

[11] El-Rabbany, A., and El-Diasty, M., "An Efficient Neural Network Model for De-noising of MEMS-based Inertial Data", the Journal of Navigation, Vol. 57, pp. 407-415, (2004).

[12] Sipos, M., Paces, P., and Rohac, J., "Analysis of Tri-axial Accelerometer Calibration", Journal of IEEE Sensors, Vol. 12, No. 5, pp. 1157-1165, (2012).

[13] Jurman, D., Jankovec, M., Kamnik, R., and Topic, M., "Calibration and Data Fusion Solution for the Miniature Attitude and Heading Reference System", Sensors and Actuators A, Vol. 138, pp. 411-420, (2007).

[14] Siegwart, R., Nourbakhsh, Illah R., "*Introduction to Autonomous Mobile Robots*", MIT Press, Cambridge, (2004).

[۱۵] عارف نژاد، صادق.، "طراحی، ساخت و پیاده‌سازی سامانه هوشمند تعیین و هدایت موقعیت خودرو مبتنی بر عملکرد فرمان"، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی(۱۳۹۵).

[۱۶] تاجداری، فرزام.، "مدل‌سازی و کنترل هوشمند حرکت طولی راننده- خودرو در جریان ترافیک واقعی با در نظر گرفتن رفتار سایر رانندگان"، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، (۱۳۹۴).

[17] Mohsen, A.M., and Mead, C. A., "Delay-time Optimization for Driving and Sensing of Signals on High-capacitance Paths of VLSI Systems", IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. 26, No. 4, pp. 540-548, (1979).

[18] Summala, H., "Brake Reaction Times and Driver Behavior Analysis", Transportation Human Factors, Vol. 2, No. 3, pp. 217-226, (2000).

www.SID.ir

Archive of SID

Abstract

Nowadays, improvement in transportation systems is an important criteria in the development process of countries. Therefore, researchers investigate new methods to improve the intelligent transportation and advanced driver assistance systems. In this paper, an advisory driver assistance system is designed and implemented in real traffic flow.

This system gives environmental information to the drivers by visual and audio signals to avoidance form possible collisions. The performance of this system is based on estimation of instantaneous delay of Driver-Vehicle Unit (DVU). This estimation helps us to specify the consciousness of drivers. To reach this aim, some sensors must be mounted on the vehicle, then information fusion of these sensors obtains conditions of environmental hazards.

To investigate the performance of the designed system, the subsystems are implemented on a Peugeot 206 passenger vehicle and some scenarios are tested in real traffic conditions. The results show the high accuracy and good performance of this system to reach control aims and reduction of the tracking errors. This system is useful for safety improvement for vehicles in longitudinal maneuvers and decrease of reaction time of DVU.

www.SID.ir