

سامانه هشدار فازی بر خورد عابر پیاده با خودرو مبتنی بر تلفن همراه هوشمند

رویا باستانی زاده^۱، مهدی قطعی^۲، حمید رضا افتخاری^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده ریاضی و علوم کامپیوتر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۲- عضو هیات علمی و استادیار دانشکده ریاضی و علوم کامپیوتر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۳- دانشجوی دکتری، دانشکده ریاضی و علوم کامپیوتر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

قریب به یک سوم تلفات انسانی در تصادفات مربوط به عابرین پیاده است، از اینرو حفظ ایمنی عابرین یکی از مسائل مهم حوزه حمل و نقل می‌باشد. بدین منظور عمدتاً از سامانه‌های هشدار تصادف در خودرو استفاده می‌گردد. در این پژوهش با استفاده از محاسبه و ارسال موقعیت تلفن همراه هوشمند راننده و عابر پیاده، سرعت خودرو و عابر پیاده، جهت حرکت عابر پیاده و خودرو و شتاب خودرو، به سامانه فازی جدیدی، هشداردهی لازم ارائه می‌گردد. سامانه پیشنهادی شامل سه فاز است. در فاز فعالسازی، این سامانه با توجه به موقعیت و الگوی حرکتی خودرو و عابران اطراف خودرو نسبت به شناسایی و فعال کردن سامانه برای عابران مستقر در محدوده فعال سازی، اقدام می‌نماید. در فاز دوم عابران شناسایی شده، مورد پایش لحظه ای قرار می‌گیرند تا پارامترهای موثر در برخورد استخراج گردد و در گام سوم با فازی سازی عوامل موثر و تحلیل ریسک تصادف، هشدار سطح قرمز (هشدار توقف) یا زرد (هشدار توجه) صادر می‌شود. نتایج ارزیابی نشان می‌دهد، فعالسازی سامانه دارای دقت ۸۶ درصد بوده است و وضعیت‌های هشدار یا عدم هشدار در ۹۵ درصد موارد به درستی تشخیص داده می‌شود. همچنین هشدار زرد و هشدار قرمز با دقت ۶۲ درصد و ۱۰۰ درصد به درستی و در زمان مناسب داده شده اند.

واژگان کلیدی: ایمنی عابر، سامانه‌های هشدار تصادف، تلفن همراه هوشمند، کاربران آسیب پذیر ترافیکی.

۱- مقدمه

سامانه‌های فعال سازی ترمز خودکار فعال می‌گردد[۳].

از اینرو پیش بینی وضعیت خطر از اهمیت زیادی در این سامانه‌ها جلوگیری از بروز تصادف برخوردار است. عمده مطالعات انجام شده در این حوزه با استفاده از حسگرهای بینایی و محیطی خودرو مانند دوربین‌ها و لیدار صورت گرفته است. پژوهش‌های [۳-۵] مروری روی انواع روش‌های تشخیص عابر پیاده بوسیله دوربین‌ها، داشته اند. در زمینه حس گرهای محیطی مثل لیدار و رادار نیز پژوهش [۶-۷] با استفاده از لیدار تعبیه شده در خودرو، تشخیص عابر پیاده صورت گرفته است. پژوهش [۸] نیز مرور کاملی روی کارهای انجام شده در زمینه سامانه‌های حفاظت از عابر پیاده با استفاده از حس گرهای متفاوت تا سال ۲۰۰۶ است. نقطه ضعف تمامی این پژوهش‌ها عکس العمل نامناسب در شرایط دید ضعیف مثل شب، شرایط آب و هوایی نامناسب است. همچنین زمانی که عابر پیاده در محدوده حسگرها قرار نگیرد و به هر دلیل مانعی بین عابر و خودرو وجود داشته باشد امکان کشف موقعیت خطر نیست.

درصد بالایی از تصادفات منجر به فوت در برخورد خودرو با عابرین پیاده رخ می‌دهد. طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی سال ۲۰۱۰ درصد مرگ و میر تصادفات ترافیکی مربوط به عابرین پیاده در کشور ایران، کشورهای اروپایی مثل ایتالیا، انگلستان و ایالات متحده به ترتیب برابر با ۲۸٫۶، ۱۵٫۷، ۲۱٫۸ و ۱۲ درصد بوده است. [۱] همچنین در سال ۲۰۱۴ در ایالات متحده تعداد عابرین پیاده فوت شده و مجروح شده ۷۶۰۰۰ نفر بوده است [۲].

بر این اساس دو راهکاری برای کاهش تلفات انسانی عابرین پیاده مطرح شده است. راهکار نخست که جلوگیری از بروز تصادف است شامل کشف و پیش بینی به موقع احتمال برخورد و اطلاع رسانی لازم است. در صورتی که این پیش بینی در زمان مناسب تشخیص داده نشود، امکان عکس العمل به موقع راننده یا عابر وجود ندارد، لذا راهکار کاهش اثرات تصادف با استفاده از

برخورد می‌تواند پارامتر احتمالی برای تشخیص دادن ایمنی برخورد خودرو و عابر پیاده باشد. هم چنین در محاسبات خود نیز حرکت زاویه دار عابر پیاده را در نظر گرفته است. نتایج ارزیابی این مدل نشان داد که ۸۰ درصد برخوردها توسط پارامتر تفاوت زمان تا برخورد می‌تواند به درستی دسته بندی شوند و اگر این پارامتر همراه سرعت خودرو باشد دقت تا ۸۸ درصد افزایش می‌یابد.

در پژوهش‌های فوق ارزیابی از طریق داده‌های حاصل از دوربین‌های نظارتی نصب شده در محل عبور عابر پیاده، صورت گرفته است و همچنین در هیچ کدام از تحقیقات فوق شرایط فعالسازی سامانه مورد بررسی قرار نگرفته است. علاوه بر این، برای تشخیص برخورد احتمالی و هشدار دادن به راننده از چهار پارامتر سرعت، موقعیت خودرو، سرعت و موقعیت عابر پیاده استفاده شده است و بطور فرض جهت حرکت خودرو و عابر پیاده به سمت هم و عمود برهم در نظر گرفته شده است، از اینرو عوامل موثر بر بروز تصادف نیز در پژوهش‌های قبلی محدود و ناکافی بوده است. بر این اساس ابتدا محدوده فعال سازی سامانه هشدار را تعیین کرده ایم. در گام دوم پیش بینی احتمال برخورد خودرو با عابر پیاده انجام شده است و در گام انتهایی پس از فازی سازی پارامترهای موثر در پیش بینی برخورد، با استفاده از استنتاج فازی لارسن^۶ نسبت به هشداردهی به راننده و عابر تصمیم گیری نموده ایم.

در بخش دوم مدل سه مرحله پیشنهادی را ارائه می‌دهیم و در بخش سوم به ارزیابی سامانه هشدار را براساس سناریوهای مختلف می‌پردازیم. در انتها جمع بندی مقاله را ارائه می‌دهیم.

۲- مدل پیشنهادی

هدف از این تحقیق ارائه الگوریتمی است که بتواند با استفاده از داده‌های حاصل از موقعیت یاب تلفن همراه هوشمند و ارتباطات بی سیم، احتمال برخورد خودرو با عابر پیاده و سطح خطر را پیش بینی کند و به راننده یا عابر هشدار دهد.

مهمترین چالش سامانه‌های هشدار تصادف موارد هشدارهای دروغین (مثبت کاذب)^۷ و عدم تشخیص موقعیت خطر (منفی کاذب)^۸ است. از یک سو مدل ارائه شده باید موقعیت‌های خطر را به خوبی تشخیص دهد و خطای کمی در عدم تشخیص داشته باشد و از سوی دیگر از هشدارهای بی موقع اجتناب کند تا موجب حواس پرتی بیش تر راننده و بی اعتمادی راننده

در حالیکه این سناریو در عمل زیاد اتفاق می‌افتد مانند اینکه عابر پیاده از جلوی یک خودرو وارد خیابان می‌شود و در برخی موارد حتی راننده نیز دید کافی نسبت به ورود عابر به خیابان ندارد. چالش مذکور موجب شده است تا این حسگرهای محیطی در برخی از سناریوهای تصادفات بین خودرویی نیز کارکرد مناسب نداشته باشند. همین مساله دلیل اصلی توسعه فناوری ارتباطات بین خودرویی^۱ بوده است. اما این فناوری از ارتباط فرستنده‌ها و گیرنده‌های مبتنی بر فناوری ارتباطات اختصاصی کوتاه برد^۲ استفاده می‌نماید. با توجه به اینکه عابرین مجهز به این فرستنده‌ها نمی‌باشند، فناوری مذکور در تصادفات عابر پیاده با خودرو کاربرد ندارد. پروژه‌هایی مثل واچ-آور^۳ [۱۲] و کو-تگ^۴ [۱۳] نیز دو پروژه اروپایی هستند که روی ارتباطات بین خودرو و کاربران آسیب پذیر ترافیکی (عابر پیاده، دوچرخه سوار) اتکا کرده اند تا ایمنی را بوسیله این پروژه‌ها افزایش دهند.

ما در این مقاله با استفاده از حسگرهای موقعیت یاب تلفن‌های همراه هوشمند و شبکه ارتباطی سلولی مدلی را جهت کشف موقعیت تصادف عابر پیاده با خودرو و اطلاع رسانی به موقع ارائه داده ایم.

عمده پژوهش‌های انجام شده بر اساس زمان تا تصادف^۵ بین عابر پیاده و خودرو نسبت به هشدار تصمیم گیری نموده اند. تفاوت این مطالعات بر روی نحوه محاسبه زمان تا تصادف و پارامترهای موثر در آن می‌باشد.

جیانگ در [۹] با استفاده از پارامتر تفاوت زمان تا برخورد خودرو و عابر پیاده و مقایسه آن با حد آستانه تعریف شده، احتمال برخورد را فرمول بندی کرده است. بر اساس نتایج بدست آمده مقدار متوسط برای زمان تا برخورد ۳ ثانیه است.

کاسترو در [۱۰] یک سیستم فازی برای پیش بینی تصادفات ترافیکی توسعه داده است. این پیش بینی براساس زمان تا برخورد، سرعت و فاصله صورت می‌گیرد. نتایج آزمایش سیستم نشان داد که حدود ۸۳ درصد نمونه‌ها بدرستی توسط سیستم دسته بندی شده اند، ولی این سیستم را نمی‌توان برای سناریوهایی با دو یا بیش تر برخوردهای عابر پیاده و خودرو به کار برد.

ینجین جانگ در [۱۱] نشان داد که پارامتر تفاوت زمان تا

1 Connected vehicles

2 Dedicated short range communication (DSRC)

3 WATCH-OVER

4 Ko-TAG

5 Time to collision

6 Larsen

7 False positive

8 False negative

عابر برای هریک از این افراد بایستی محاسبه گردد. از سوی دیگر سامانه‌های هشدار تصادف به زمان حساس می‌باشند و هشداردهی بعضا بایستی در کمتر از یک ثانیه انجام پذیرد. لذا حجم محاسبات و ارتباطات شبکه ای بین این مجموعه عملا در سناریوهای حساس به زمان مقدور نیست.

ما در این فاز محدوده و شرایط افرادی که سامانه نسبت به آن‌ها فعال می‌شود را مشخص می‌نماییم. این محدوده بر اساس پارامترهای مختلف و جهت حرکت خودرو نسبت به راننده تعیین می‌شود. به بیان ساده تر محدوده و شرایط اطراف خودرو را ارائه می‌دهیم که اگر عابریاده‌ای در آن محدوده و شرایط قرار بگیرد احتمال برخورد آن با خودرو وجود دارد. یکی از پارامترهای لازم برای تعیین این محدوده، فاصله است که راننده در صورت درک موقعیت خطر و فشار دادن پدال ترمز تا توقف کامل خودرو، طی خواهد کرد. طبق [۱۴] و [۱۵] فاصله تا توقف از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$d_{\text{stop}} = \frac{v_v^2}{2\mu g} + d_{\text{offset}} \quad (1)$$

که در این رابطه v_v سرعت خودرو، μ ضریب اصطکاک خیابان (برای خیابان در شرایط معمولی ۰٫۷ در نظر گرفته می‌شود)، $d_{\text{offset}} = ۰٫۳ \text{ m}$ و $g = ۹٫۸ \text{ m/s}^2$ که فاصله طول جغرافیایی مجاز خودرو و عابریاده است. نمادها بکار رفته در مقاله در جدول شماره ۱ تعریف گردیده اند.

پارامترهای دیگر جهت محاسبه حد بالا و حد پایین فاصله طولی تا خودرو، زمان عکس العمل راننده و سرعت خودرو می‌باشد. بر این اساس حدپایین، حداقل زمانی است که راننده در صورت دریافت اخطار، می‌تواند مانع بروز تصادف گردد و حد بالا نیز فاصله است که با سرعت خودرو امکان بروز تصادف بین عابر و خودرو وجود ندارد. از اینرو این حدود به صورت تابعی از سرعت خودرو محاسبه می‌گردند. با توجه به اینکه زمان واکنش راننده پس از آگاه شدن از خطر احتمالی بین ۱ تا ۳ ثانیه است [۱۶]. حد پایین برای فاصله طولی عابریاده از خودرو بازای کم ترین زمان واکنش راننده یعنی ۱ ثانیه و حد بالا برای فاصله طولی عابریاده از خودرو بازای بیش ترین زمان واکنش راننده یعنی ۳ ثانیه و مقدار متوسط زمان تا برخورد که برابر با ۳ ثانیه است [۹] بصورت زیر بدست می‌آیند:

$$\min d_{\text{front}} = (\min t_{\text{reaction}} \cdot v_v) + d_{\text{stop}} \quad (2)$$

$$\max d_{\text{front}} = (\max t_{\text{reaction}} + \text{aveTTC}_v) \cdot v_v \quad (3)$$

از سوی دیگر محدوده جانبی فعال سازی نیز تابعی است از سرعت عابر پیاده و سرعت خودرو به گونه ای که خارج این

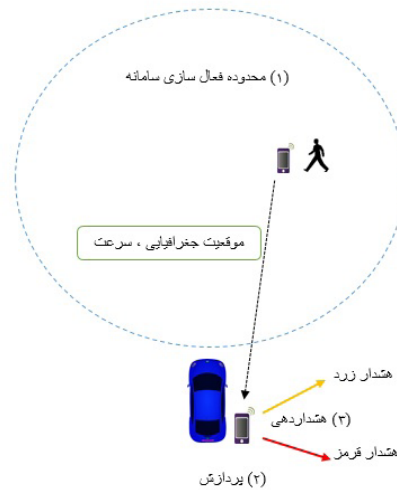
نسبت به هشدارها نشود.

بدین منظور در مدل ارائه سه فاز در نظر گرفته شده است. مرحله نخست زمانی است سامانه هشدار بین عابر و خودرو فعال می‌شود (فاز فعال سازی سامانه). فاز دوم بررسی شرایط برخورد است که از طریق پایش مقادیر و محاسبه فاصله تا تصادف به صورت لحظه ای انجام می‌پذیرد (فاز پایش مقادیر) و فاز سوم که نسبت به نحوه هشداردهی تصمیم گیری می‌نماید (فاز هشداردهی). نمای کلی سامانه پیشنهادی در شکل شماره ۱ نمایش داده شده است. همچنین فرضیات ذیل برای مدل در نظر گرفته شده است.

الف- سناریوهای برخورد در خیابان مستقیم و بدون انحنای در نظر گرفته شده اند.

ب- خودرو دارای حرکت مستقیم و حداکثر سرعت ۷۲ کیلومتر بر ساعت است.

ج- عابر پیاده در وسط خیابان در راستای موازی به خودرو حرکت نمی‌کند (در عمل این سناریو کم اتفاق می‌افتد و عمدتاً عابرین قصد عبور از عرض خیابان را دارند). سناریوهایی که عابر پیاده در راستای موازی اما در کنار خیابان در حال حرکت می‌باشد توسط مدل بررسی می‌گردد.



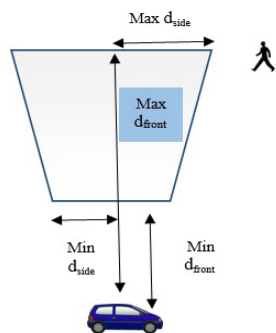
شکل ۱: مدل مفهومی سامانه هشدار تصادف پیشنهادی

۳-۱- فاز فعال سازی سیستم

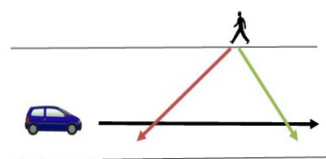
در زمان عبور خودرو از یک خیابان، تعداد بسیار زیادی عابر پیاده در فاصله‌های مختلف نسبت به خیابان در حال عبور و مرور می‌باشند. برخی از این عابرین پیاده در کنار خیابان راه می‌روند، برخی ایستاده اند و برخی نیز در حال عبور از عرض خیابان هستند. در صورتی که سامانه هشدار نسبت به تمامی این افراد فعال گردد احتمال بروز تصادف بین خودرو و

جدول ۱: توصیف پارامترهای به کار رفته در روابط

نماد بکاررفته	پارامتر
v_v	سرعت خودرو
v_p	سرعت عابر پیاده
d_{pc}	فاصله عابر پیاده تا نقطه برخورد
d_{vc}	فاصله خودرو تا نقطه برخورد
d_{front}	پارامتر تعیین طول محدوده فعال سازی سامانه
d_{side}	پارامتر تعیین عرض محدوده فعال سازی سامانه
$t_{reaction}$	مدت زمان واکنش راننده از لحظه متوجه شدن خطر تا ترمز گرفتن
$t_{max d_{front}}$	مدت زمان لازم برای رسیدن به ماکزیمم فاصله طولی محدوده فعال سازی
$t_{min d_{front}}$	مدت زمان لازم برای رسیدن به مینیمم فاصله طولی محدوده فعال سازی
d_{stop}	مسافتی که خودرو از لحظه فشار آمدن روی ترمز تا توقف کامل طی می کند.
a_v	شتاب خودرو
dir_v	(زاویه) جهت حرکت خودرو
dir_p, θ	(زاویه) جهت حرکت عابر پیاده
TTC_p	زمان تا برخورد عابر پیاده
TTC_v	زمان تا برخورد خودرو
w	عرض خیابان
GPS_{err}	خطای موقعیت اندازه گیری شده توسط GPS
l	طول خودرو
Dif	تفاوت زمان تا برخورد خودرو و زمان تا برخورد عابر پیاده
$dy_{v,p}$	فاصله عرضی عابر پیاده و خودرو
$dx_{v,p}$	فاصله طولی عابر پیاده و خودرو



(ب)



(الف)

شکل ۲: (الف) محدوده فعال سازی سامانه (ب) نمای کلی وضعیت مسیر عابر پیاده نسبت به مسیر خودرو

۳-۲- فاز پایش مقادیر و پیش بینی وضعیت

پس از شناسایی عابران و فعال سازی سامانه برای این افراد، وضعیت لحظه ای خودرو نسبت به این افراد مورد پایش قرار می گیرد و در این فاز زمان تا برخورد برای هر عابر مرتباً مورد محاسبه قرار می گیرد. زمان تا برخورد بیان می کند که چقدر یک تصادف قریب الوقوع است. هر چقدر مقدار آن کوچکتر باشد، خطر بیش تری برای برخورد وجود دارد. در پژوهش [۹] با فرض سرعت ثابت خودرو و مسیر عمود عابر پیاده با مسیر حرکت خودرو مقدار زمان تا تصادف را محاسبه نموده است. در مدل پیشنهادی برای نتیجه مطلوب تر عرض خیابان جایگزین عرض خودرو، و خطای حاصل از موقعیت یابی در روابط (۱۰) و (۱۱) اعمال شده است و همچنین شتاب خودرو و حرکت زاویه دار عابر پیاده نیز در نظر گرفته شده است. TTC_v فاصله زمانی است که خودرو تا نقطه احتمالی تصادف با عابر پیاده دارد و TTC_p فاصله زمانی است که عابر تا نقطه احتمال تصادف با خودرو دارد. بر این اساس مطابق شکل ۱. (ب) دو حالت ممکن است رخ دهد:

حالت اول: $TTC_v \geq TTC_p$ بدین معنا که عابر پیاده زودتر به نقطه برخورد می رسد.

$$Dif = |TTC_v - TTC_p| \leq \Delta t \quad (10)$$

$$\Delta t = \frac{w}{v_p \cdot \cos \theta}$$

حالت دوم: $TTC_v < TTC_p$ بدین معنا که خودرو زودتر به نقطه برخورد می رسد.

$$Dif = |TTC_v - TTC_p| \leq \Delta t \quad (11)$$

$$\Delta t = \frac{1 + GPS_{err}}{v_v}$$

برای محاسبه زمان تا تصادف به صورت ذیل عمل می نماییم. پارامترهای استفاده شده در روابط در جدول شماره ۱، اشاره شده است.

زمان تا برخورد عابر پیاده:

$$TTC_p = \frac{d_{pc}}{v_p} \quad (12)$$

زمان تا برخورد خودرو با حرکت شتابدار بر اساس ریشه مثبت معادله ذیل بدست می آید:

$$\frac{1}{2} a_v (TTC_v)^2 + v_v (TTC_v) - d_{vc} = 0 \quad (13)$$

ناحیه احتمال بروز تصادف با سرعت های مذکور وجود ندارد.

با در نظر گرفتن اینکه سرعت عابر پیاده بین ۱ تا ۵ متر بر ثانیه است [۱۷]، حد پایین برای فاصله عرضی عابر پیاده از خودرو با استفاده از بیشینه سرعت عابر پیاده و رابطه (۲) طبق فرمول حرکت شتابدار $x = \frac{1}{2} a t^2 + v_v t + x_0$ و حد بالا برای فاصله عرضی عابر پیاده از خودرو با استفاده از کمینه سرعت عابر پیاده و رابطه (۳)، بصورت زیر بدست می آیند:

$$\min d_{side} = \min v_p \cdot (t_{\min} d_{front}) \quad (4)$$

$$\max d_{side} = \max v_p \cdot (t_{\max} d_{front}) \quad (5)$$

شکل شماره ۲. (الف) محدوده فعال سازی سامانه را مشخص می نماید.

بر اساس روابط بدست آمده ۵،۴،۳،۲ ضوابط زیر برای محدوده فعال سازی بدست می آید که اگر مختصات جغرافیای عابر پیاده در آن صدق کند، سیستم برای محاسبه پارامترهای لازم و تعیین وضعیت برخورد فعال می شود:

$$dy_{v,p} \geq |0.2v_v \cdot dx_{v,p}| \quad (6)$$

$$y_v + \min d_{front} \leq y_p \leq y_v + \max d_{front} \quad (7)$$

$$x_v - \max d_{side} \leq x_p \leq x_v + \max d_{side} \quad (8)$$

اما تمامی عابرانی که در این محدوده حضور دارند الزاماً مورد تهدید نیستند. سامانه صرفاً باید برای عابرانی که در حال حرکت به سمت خیابان می باشند، فعال گردد. از اینرو عابرانی که همجهت با خودرو در حال حرکت هستند، عملاً در کنار خیابان پیاده روی می نمایند و با توجه به فرض های مساله تهدیدی متوجه آنها نخواهد بود. ابتدا با استفاده از دو نقطه متوالی شیب خط حرکت عابر پیاده و خودرو محاسبه می گردد. سپس زاویه هر خط و جهت آنها نسبت به یکدیگر را با استفاده از روابط مثلثاتی بدست می آوریم. اختلاف زاویه بین دو خط را در شرط (۹) قرار می دهیم.

$$45^\circ < |dir_v - dir_p| < 135^\circ \quad (9)$$

شرط شماره (۹) بیان می کند، سامانه برای عابرانی فعال شود که علاوه بر داشتن شرایط ۸ و ۷، ۶ و ۸ جهت حرکت آنها با خودرو بیش از ۴۵ درجه اختلاف داشته باشد و به سمت خودرو در حال حرکت هستند.

۳-۳- هشداردهی

$$\alpha = \alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_n \quad (14)$$

توابع عضویت چهار پارامتر مذکور به صورت ذوزنقه ای تعریف شده که در شکل شماره ۳ نشان داده شده است.

براساس مقدار بدست آمده از استنتاج رابطه (۱۴) دو سطح برای هشداردهی دو سطح در نظر گرفته شده است:

وضعیت زرد: خطر متوسط، سطح هشدار در بازه (threshold, ۰) قرار دارد. (هشدار برای جلب توجه)

وضعیت قرمز: خطر زیاد، سطح هشدار در بازه [threshold, ۱] قرار دارد. (هشدار برای توقف)

مقدار این حد آستانه طبق [۱۰] برابر ۰,۷۵ در نظر گرفته ایم. همچنین مقدار صفر زمانی است که سامانه فعال گردیده است اما خطری برای عابر از سمت خودرو وجود ندارد.

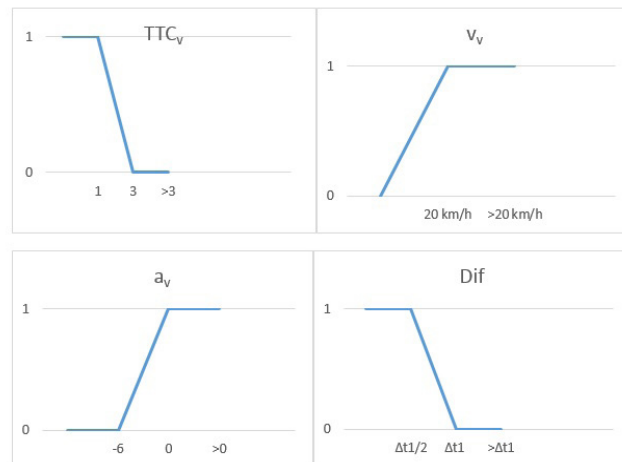
۴- ارزیابی نتایج

به منظور ارزیابی مدل پیشنهادی سناریوهای متعددی را بین خودرو و عابر پیاده پیاده سازی نمودیم. شکل شماره ۴ شرایط پیاده سازی را نشان می‌دهد. در این سناریوها موقعیت لحظه ای و سرعت عابر و پیاده ذخیره گردید. سپس سناریوها به موقعیت‌های سبز، زرد و قرمز تقسیم گردید و با نتایج اعمال

همانگونه که اشاره شد مهمترین بخش سامانه، تصمیم گیری در خصوص هشدار به راننده است. این هشداردهی باید دارای کمترین کاذب مثبت و منفی بوده و دقت کافی را داشته باشد. از این رو سامانه بایستی بر اساس میزان خطر که امری نسبی و فازی است نسبت به هشداردهی و نوع هشدار تصمیم گیری نماید. به عنوان مثال در زمانی که خطر تصادف بسیار بالاست، نوع هشدار به راننده و عابر با زمانی که احتمال خطر پایینی وجود دارد، متفاوت می‌باشد. از اینرو در برخی از پژوهش‌ها از قوانین فازی جهت تعیین وضعیت هشدار استفاده شده است [۱۰]. ما در مدل پیشنهادی پارامترها شتاب خودرو a_v ، سرعت خودرو v_v ، زمان تا برخورد خودرو TTC_v و تفاوت زمان تا برخورد خودرو و عابر پیاده Dif را در نظر گرفته ایم.

ابتدا با استفاده مقادیر ذیل را فازی نمودیم و سپس با استفاده از استنتاج لارسن بیان شده در رابطه (۱۴) میزان خطر را بدست آورده ایم.

با فرض اینکه درجه تصدیق ورودی‌ها $\alpha_1, \dots, \alpha_n$ باشد در استنتاج لارسن حاصل ضرب درجه ورودی‌ها مقدار خروجی را مشخص می‌نماید.



شکل ۳: توابع عضویت پارامترهای فازی ذکر شده

جدول ۲: نتایج بدست آمده از سناریوهای دسته اول

عدم هشدار	هشدار	هدف/خروجی	غیرفعال	فعال	هدف/خروجی
۰	۰	هشدار	۰	۴۰	فعال
۱۰۰	۰	عدم هشدار	۵۷	۳	غیرفعال

نرم افزار ذخیره سازی داده	مکان یاب ماهواره ای	مدل گوشی	
androsensor	Beidou	Samsung Sm-T555	عابر پیاده
androsensor	AGPS, Glonass	Samsung Gn8000	راننده خودرو



شکل ۴: شرایط و ابزار مورد استفاده در پیاده سازی سناریوها

جدول ۳: نتایج بدست آمده از سناریوهای دسته دوم

هدف/خروجی	فعال	غیرفعال	عدم هشدار	هشدار زرد	هشدار قرمز
فعال	۵۰	۲۰	۷۷	۰	۰
غیرفعال	۰	۳۰	۰	۲۳	۰
عدم هشدار			۰	۰	۰
هشدار زرد					
هشدار قرمز					

جدول ۴: نتایج بدست آمده از سناریوهای دسته سوم

هدف/خروجی	فعال	غیرفعال	عدم هشدار	هشدار زرد	هشدار قرمز
فعال	۵۰	۲۰	۸۳	۰	۰
غیرفعال	۰	۳۰	۵	۱۲	۰
عدم هشدار			۰	۰	۰
هشدار زرد					
هشدار قرمز					

جدول ۵: نتایج بدست آمده از سناریوهای دسته چهارم

هدف/خروجی	فعال	غیرفعال	عدم هشدار	هشدار زرد	هشدار قرمز
فعال	۱۰۰	۰	۰	۰	۰
غیرفعال	۰	۰	۰	۴	۱۰
عدم هشدار			۰	۰	۸۶
هشدار زرد					
هشدار قرمز					

عابر عبور می کند

مدل پیشنهادی بر روی سناریوها مورد ارزیابی قرار گرفت.

د- عبور خودرو از موقعیت عابر پیاده در وسط خیابان (مدلسازی رفتار تصادف) با سرعتها و شتابهای متفاوت

تمامی سناریوها در چهار وضعیت عابر پیاده نسبت به خودرو تهیه گردید:

در دسته نخست وضعیت حرکت عابر نسبت به راننده در برخی سناریوها در شرط (۱۱) قرار نمی گیرد و در برخی سناریوها سامانه فعال می گردد اما خطری برای عابر وجود ندارد. لذا در این حالت سامانه نباید هشداردهی نماید. جدول شماره ۲ نتیجه محاسبات انجام شده بر روی ۵ سناریو با ۴۰ نمونه را نشان می دهد.

الف- حرکت عابر پیاده در کنار خیابان (مثلا پیاده رو) به موازات خودرو

ب- حرکت عابر در کنار خیابان سپس تغییر جهت و حرکت از عرض خیابان در زمانی که خودرو بلافاصله قبل از آن از جلوی عابر عبور می کند

در سناریوهای دسته دوم سامانه بایستی فعال گردد و نسبت به هشدار به راننده در سطح زرد در زمانی که خودرو به نزدیک

ج- حرکت عابر در کنار خیابان سپس تغییر جهت و حرکت از عرض خیابان در زمانی که خودرو بلافاصله بعد از آن از جلوی

می‌گردد. با توجه به گسترش تلفن‌های همراه هوشمند و قابلیت‌های این تجهیزات در موقعیت یابی و بهره‌گیری از شبکه‌های ارتباطی با سرعت بالا، موجب شده است تا امکان استفاده از این ابزار در کاربردهای ایمنی تصادفات نیز وجود داشته باشد.

ما در این پژوهش با بررسی موقعیت یاب تلفن همراه عابر و خودرو و بررسی وضعیت آن‌ها نسبت به یکدیگر در سه فاز مختلف سامانه فازی هشدار تصادف عابر پیاده را ارائه داده ایم. در فاز نخست بدلیل حجم بالای محاسبات بین یک خودرو و تمامی عابری پیاده، ابتدا ناحیه ای را تحت عنوان ناحیه فعالسازی تعریف نموده ایم. سامانه هشدار تصادف خودرو صرفاً برای عابری پیاده قرار گرفته در ناحیه و شرایط مذکور فعال می‌گردد. در فاز دوم، وضعیت عابر و خودرو که شامل ۶ پارامتر تعیین کننده است مرتباً مورد پایش قرار می‌گیرد و مقادیر زمان تا تصادف برای خودرو و عابر محاسبه می‌گردد. در فاز انتهایی با فازی سازی مقادیر محاسبه شده فاز قبل نسبت به هشداردهی تصمیم گیری می‌شود. هشداردهی در این فاز شامل دو سطح هشدار زرد (توجه به راننده) و هشدار قرمز (هشدار توقف) است که با براساس استنتاج فازی لارسن بین درجه تصدیق ورودی‌های فاز سوم انجام می‌پذیرد.

نتایج ارزیابی نشان می‌دهد، فعالسازی سامانه دارای دقت ۸۶ درصد بوده است و وضعیت‌های هشدار در ۹۵ درصد موارد به درستی تشخیص داده می‌شود. همچنین هشدار زرد (هشدار توجه) و هشدار قرمز (هشدار توقف) با دقت ۶۲ درصد و ۱۰۰ درصد به درستی و در زمان مناسب داده شده اند. دلیل اینکه سامانه در تعیین هشدار زرد به خوبی عمل نمی‌کند این است که حتی انسان نیز نمی‌تواند حالتی را که خطر احتمالی وجود دارد را تشخیص دهد و در مواردی که خطر حتمی است آن را تشخیص می‌دهد از اینرو دقت بدست آمده قابل دفاع است. نتیجه این پژوهش را می‌توان برای ساخت و بهبود انواع سامانه‌های ایمنی برای تمام کاربران آسیب پذیر از جمله عابری پیاده، دوچرخه سواران و افرادی که دارای شرایط خاص جسمی هستند (مانند نابینایان) به کار برد و در نتیجه آمار تلفات ناشی از تصادفات خودرو و عابری پیاده را کاهش داد.

عابر می‌رسد بایستی اقدام گردد. در این دسته از سناریوها زمان تا تصادف راننده کمتر از زمان تا تصادف عابر پیاده است جدول شماره ۳ نتیجه محاسبات را برای ۳ سناریو با ۲۶ نمونه نشان می‌دهد.

دسته سوم سناریوها نیز ضمن فعال سازی سامانه، در برخی موقعیت‌ها که عابر در حال عبور از جلو خودرو است بایستی نسبت به هشدار در سطح زرد اطلاع رسانی گردد. بعد از عبور عابر از جلو خودرو یا موقعیت‌هایی که فاصله خودرو تا عابر به حد هشداردهی نرسیده است صرفاً سامانه فعال می‌گردد. در سناریوها زمان تا تصادف عابر کمتر از زمان تا تصادف راننده است. جدول شماره ۴ نتیجه محاسبات را برای ۳ سناریو و ۲۸ نمونه نشان می‌دهد.

دسته چهارم سناریوها ضمن فعالسازی سامانه نسبت به هشدار سطح قرمز به راننده تصمیم گیری می‌گردد. جدول شماره ۵ نتیجه محاسبات را برای ۴ سناریو و ۳۸ نمونه نشان می‌دهد.

در مجموع ۱۶ سناریو مختلف که در ۴ گروه دسته بندی شده و ۱۳۲ موقعیت مختلف عابر با خودرو، میزان دقت بدست آمده برای فعالسازی و هشدار دهی سطوح مختلف در جدول شماره ۶ نشان داده شده است. نتایج بیان می‌کند دقت سامانه در تشخیص درست فعال سازی یا عدم فعال کردن سامانه بیش از ۸۵ درصد می‌باشد و همچنین در ۹۵ درصد موارد موقعیت هشدار و عدم هشدار به درستی تشخیص داده شده است. تشخیص درست هشدار وضعیت زرد که صرفاً توجه راننده به عبور عابر می‌باشد دارای دقت ۶۲ درصد، هشدار وضعیت قرمز که خطر تصادف و توصیه به توقف خودرو است با دقت ۱۰۰ درصد درست تشخیص داده است.

۵- نتیجه‌گیری

عابری پیاده در تصادفات رانندگی بسیار آسیب پذیر بوده و عمدتاً تصادفات با عابریان منجر به لطمات بالا و تلفات جانی می‌باشد. سامانه‌های هشدار تصادف با عابر پیاده امروزه عمدتاً مبتنی بر حسگرهای محیطی خودرو مانند لیدار و دوربین هستند. قرار داشتن در دید مستقیم این حسگرها و تاثیر آب و هوا بر دقت تشخیص از مشکلات این سامانه‌ها محسوب

جدول ۶: نتایج بدست آمده از تمام سناریوها (نتایج به درصد بیان شده است)

هدف/خروجی	فعال	غیرفعال	عدم هشدار	هشدار زرد	هشدار قرمز
فعال	۵۸	۱۳	۵۳	۰	۰
غیرفعال	۱	۲۸	۱	۸	۴
هدف/خروجی			۰	۰	۳۴

- ۶- مراجع
- Intercultural Analyses of Time-to-Collision in Vehicle-Pedestrian Conflict on an Urban Midblock Crosswalk, vol. 16, pp. 1048-1053
- 10- Expert Systems with Applications, 2011, An expert fuzzy system for predicting object collisions. Its application for avoiding pedestrian accidents, vol. 38, pp. 486-494
 - 11-IET Intelligent Transport Systems, Scene-based pedestrian safety performance model in mixed traffic situation, vol. 8, pp. 209-218
 - 12- L. Andreone, A. Guarise, F. Lilli, D. M. Gavrilu, and M. Pieve, Cooperative Systems for vulnerable road users: The Concept Of The WATCH-OVER Project, 2006, ITS World Congress
 - 13- Ko-TAG - Cooperative Transponders, Accessed Dec. 13, 2015. <http://ko-fas.de/english/ko-tag---cooperative-transponders>
 - 14-Ch.KONG, J.NEI, J.YANG, A Study on Pedestrian Detection Models Based on Real Accident Data from IVACDatabase in Changsha of China, 2012, Conference on Digital Manufacturing & Automation, GuiLin
 - 15- Accident Analysis and Prevention, 2015, Issues and challenges for pedestrian active safety systems based on real world accidents, vol. 82, pp. 53-60
 - 16-Transportation Research Part C, 2015, The influence of in-vehicle speech warning timing on drivers' collision avoidance performance at signalized intersections, vol. 51, pp. 231-242
 - 17-Safety Science, 2008, Evaluation of remote pedestrian sensorsystem based on the analysis of car-pedestrian accident scenarios, vol. 46, pp. 1345-1355
- ۱- Distribution of road traffic deaths by type of road user Data by country, Accessed Dec. ۱۱, ۲۰۱۵. <http://apps.who.int/gho/data/node.main.A۹۹۸>
 - 2- Z.Chen, Ch.Wu, N.Lyu, G.Liu, Y.He, Pedestrian-Vehicular Collision Avoidance Based on Vision System, 2014, Conference on Intelligent Transportation Systems, Qingdao, China
 - 3-D.Becker, B.Schaufele, J.Einsiedler, O.Sawade, I.Radusch, Vehicle and Pedestrian Collision Prevention System based on Smart Video Surveillance and C2I Communication, 2014, Conference on Intelligent Transportation Systems, Qingdao, China
 - 4- G.Zheng, Y.Chen, A review on vision-based pedestrian detection, 2012, Global High Tech Congress on Electronics, Shenzhen
 - 5- B.Li, Q.Yao, K.Wang, A review on vision-based pedestrian detection in intelligent transportation systems, 2012, Conference on Networking, Sensing and Control, Beijing
 - 6- T.Ogawa, H.Sakai, Y.Suzuki, K.Takagi, Pedestrian detection and tracking using in-vehicle lidar for automotive application, 2011, Intelligent Vehicles Symposium, Baden
 - 7- K.Kidono, T.Myasaka, A.Watanabe, T.Naito, Pedestrian recognition using high-definition LIDAR, 2011, Intelligent Vehicles Symposium, Baden
 - 8- Intelligent Transportation Systems, 2007, Pedestrian Protection Systems: Issues, Survey, and Challenges, vol. 8, pp. 413-430
 - 9- Intelligent Transportation Systems, 2014,

Smartphone based fuzzy vehicle to pedestrian collision warning system

Roya bastani zade, Mehdi Ghatee, Hamidreza Eftekhari

- 1- Master student, Mathematics and Computer Science Department, Amirkabir University of Technology
- 2- Assistant Professor, Mathematics and Computer Science Department, Amirkabir University of Technology
- 3- PhD student, Mathematics and Computer Science Department, Amirkabir University of Technology

Abstract

Nearly one third of accident casualties is related to pedestrians. Therefore pedestrian safety is one of the important transportation issues. For this purpose collision warning systems are mainly used. In this research, the necessary warnings are provided by computing and sending the vehicle and pedestrian smartphone positions, vehicle and pedestrian speeds, vehicle and pedestrian directions and vehicle acceleration to new fuzzy system. The proposed system includes three phases. In activation phase, the system according to position and trajectory of the vehicle and the pedestrians around the vehicle, is activated for the pedestrians in the activation area. In the second phase, detected pedestrians are monitored momentary to extract the effective collision parameters. And in the third phase, red level warning or yellow level warning is provided by fuzzification of effective parameters and accident risk analysis. The results show that activation of the system has 86 percent accuracy and warning or no warning situations are correctly detected in 95 percent of the cases. Also yellow warning and red warning accuracy was 62 and 100 percent.

Keywords: pedestrian safety, collision warning systems, smartphone, vulnerable traffic users