تشخیص خواب آلودگی راننده بر اساس شاخصه های مبتنی بر داده های فرمان و موقعیت عرضی وسیله نقلیه به کمک شبیه ساز رانندگی خودروی سواری

محمدرضا آشوری موثق*، کارشناس ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
علی نحوی، استادیار گروه طراحی کاربردی و مکاترونیک دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
شهرام آزادی، استادیار گروه خودرو دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
*MrzAshouri@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: مرداد ۹۲ تاریخ پذیرش: اردیبهشت۹۳

چکیده

خواب آلودگی رانندگان یکی از علل مهم تصادفات شدید می باشد و بر اساس آمار، خواب آلودگی علت ۳۷- ۳۰ درصد سوانح جاده ای منجر به فوت در ایران است. در این مطالعه از اطلاعات خودرویی و جاده مبتنی بر فرمان و موقعیت عرضی خودرو جهت تشخیص خواب آلودگی راننده استفاده شده است. آزمایشات بر روی راننده های سواری در شبیه ساز رانندگی انجام شد. شرکت کنندگان از بین راننده های مرد ۲۱ تا ۲۸ ساله و دارای میزان تمایل به خواب بالا (۱۰ ≤ شاخص خواب آلودگی اِپ ورث) انتخاب شدند. سناریو شامل رانندگی بر روی جاده یکنواخت مجازی در دو حالت هوشیار و خواب آلوده بود. معیار صحه‌گذاری خواب آلودگی معیار خواب آلودگی کرولینسکا و ارزیابی ویدیویی تصاویر توسط ناظرین آزمایش بود. نتایج نشان داد که منحنی فاز غربیلک فرمان (شاخص بیضی)، انحراف معیار زاویه فرمان و انحراف معیار و موقعیت عرضی خودرو با خواب آلودگی راننده ها رابطه مستقیم دارند. دقت تشخیص خواب آلودگی با رویکرد حداقل سازی خطاهای مثبت در تشخیص، برای شاخص بیضی ۷۷٪ انحراف معیار زاویه فرمان ۷۶٪ انحراف معیار موقعیت عرضی ۶۷٪ و برای میانگین موقعیت عرضی ۶۵٪ به دست آمد.

کلید واژه: تشخیص خواب آلودگی، شبیه ساز رانندگی، فرمان، موقعیت عرضی

۱- مقدمه

۱. ۱- ضرورت بحث

در گزارش سال ۲۰۱۱ سازمان بهداشت جهانی، سوانح جاده ای نهمین عامل اصلی مرگ و میر انسان ها در سرتاسر جهان اعلام شده است [۱]. انجمن اتومبیل آمریکا، تخمین زده است که یکی از هر شش تصادف مرگبار (۱۶/۵٪) و یکی از هر هشت تصادف رخ داده (۱۲/۵٪) به علت خواب آلودگی رانندگان بوده است [۲]. مؤسسه ملی خواب در آمریکا اعلام کرده ۶۰٪ افراد هنگامی که خواب آلوده هستند، به رانندگی پشت فرمان ادامه می دهند. بر اساس این گزارش ۳۷٪ رانندگان به رانندگی در حین خواب آلودگی خود اذعان دارند. این در حالی است که اغلب رانندگان نمی توانند متوجه خواب آلودگی خود پشت فرمان شوند [۳]. طبق آمارهای منتشر شده از سوی دفتر ایمنی و ترافیک سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای کشور در سال ۱۳۹۰، سوانح رانندگی در سرتاسر کشور سبب کشته شدن ۲۰،۰۶۸ نفر و مجروح شدن ۲۹۷،۲۵۷ نفر شده است [۴]. پژوهش و توسعه فن آوری های تشخیص خواب آلودگی و هشدار به راننده و کنترل وضعیت خودرو نقش مهمی در کاهش چنین تصادفاتی ایفا می کند.

۱. ۲- روش های تشخیص خواب آلودگی

در انواع سیستم های هشدار دهنده خواب آلودگی از روش‌های مختلفی به منظور تشخیص سطح خستگی و خواب آلودگی راننده استفاده شده است. انواع این روش ها را می‌توان از نظر روش اندازه گیری به چهار دسته تقسیم نمود [۵،۶،۷]:

۱. تحلیل سیگنال های حیاتی (بیولوژیکی) راننده مانند امواج مغزی (EEG)، قلبی (ECG)، چشمی (EOG)، عضلانی (EMG)، مقاومت الکتریکی پوست، دمای پوست و میزان اکسیژن موجود در خون

۲. تحلیل بصری چهره و حرکات فیزیکی راننده مانند وضعیت پلک ها، خیرگی، خمیازه، افتادگی سر، مالش صورت، جا به جایی بر روی صندلی با کمک روش‌های پردازش تصویر

۳. متغیرهای خودرویی که مقادیر آن ها توسط واحد کنترل الکترونیکی ((ECU یا سنسورهای نصب شده بر روی ادوات کنترلی خودرو مانند فرمان، پدال گاز، پدال ترمز، دنده، نمایشگرهای پنل و غیره اندازه گیری می شود.

۴. استفاده از اطلاعات جاده و خودرو مانند موقعیت و جهت گیری خودرو بین خطوط

در میان انواع این روش ها EEG از معتبرترین معیارها جهت

سنجش میزان خواب آلودگی و خستگی است[۸]. اما به سبب مزاحمت برای راننده معمولاً از آن برای اهداف پژوهشی و صحه گذاری بر نتیجه آزمایشاتِ سایر روش ها استفاده می‌شود.

بررسی وضعیت چشم‌ها از دقت بالایی برخوردار است اما گرفتن تصویر صورت راننده به گونه ای که مزاحم دید او نشود، در برخی موارد کار پر چالشی است. تغییرات در شرایط نور، انعکاس نور محیط بر روی عینک، کالیبراسیون و تنظیم زاویه دوربین و برخی موارد دیگر می تواند تأثیر جدی بر عملکرد سیستم‌های پردازش کننده تصویر بگذارد.

مزیت دسته سوم در دسترس بودن اغلب سنسورهای موجود در خودروها به ویژه خودروهای مدرن است که از انواع این داده ها برای سایر سیستم های کمک به راننده، کنترل پایداری و ایمنی فعال خودرو استفاده می‌کنند. به علاوه این که شرایط محیطی تأثیری در اندازه گیری این پارامترها ندارد.

دسته چهارم پارامترها نیازمند ابزارهایی مانند دوربین و انواع اسکنرهای محیطی جهت مشاهده و شناسایی خطوط جاده و موانع است. بهبود وضعیت خط کشی ها، استاندارد شدن جاده ها، رشد و توسعه و کاهش قیمت سنسورهای مشاهده گرِ محیط سبب شده که استفاده از این روش در خودروهای مدرن امروزی رشد چشمگیری داشته باشد. به علاوه با توسعه و افزایش دقت در سیستم های موقعیت یابی خودرو توسط GPS می توان به برخی از پارامترهای آن بدون نیاز به مشاهده جاده دست پیدا کرد.

پارامترهای وابسته به خودرو (دسته ۳ و ۴) به دلیل غیر مزاحم بودن روش اندازه گیری آن برای راننده و مؤثر بودن آن در تشخیص سایر پدیده های اختلال گر در عملکرد راننده (مانند مصرف الکل، سوء مصرف مواد مخدر و محرک، حواس پرتی، خشم، خستگی و ...)، چشم انداز روشنی در توسعه سیستم های کمک به راننده دارند.

با توجه به مطالب عنوان شده استفاده از متغیرهای خودرویی مبنای تشخیص الگوی رانندگان خواب آلوده قرار گرفت. در بخش ۲ به معرفی شاخصه های وابسته به فرمان و موقعیت عرضی پرداخته شده است. در بخش ۳ شبیه ساز مورد استفاده در آزمایشات و پروتکل آزمایشات شرح داده شده است. انتخاب داده ها و ارزیابی شاخص های معرفی شده بخش ۲، در بخش ۴ انجام شده است. در بخش ۵ نیز به جمع بندی و پیشنهاد کارهای آینده پرداخته شده است.

۲- تشخیص خواب آلودگی به کمک پارامترهای خودرویی

ثابت شده که بیش از نیمی از تصادفات، مرتبط با خواب آلودگی بوده اند و در آن یک وسیله نقلیه تنها از مسیر خود خارج شده است. در تصادفات ناشی از خواب آلودگی، تصادفات ناشی از خروج از مسیر خودروهای تک در غیاب سایر خودروها، ۷ برابر بیش از سایر انواع تصادفات ناشی از خواب آلودگی در حضور سایر خودروها بوده است [۲]. این می تواند بدان معنی باشد که عدم توانایی راننده در کنترل فرمان و حفظ موقعیت خودرو بین خطوط جاده در اثر خواب آلودگی و در شرایط عدم حضور سایر وسایل نقلیه یکی از عوامل مهم تأثیرگذار در بروز چنین حوادثی است. با افزایش مدت زمان رانندگی، توانایی های تعقیب مسیر رانندگان کاهش می یابد [۹]. مطالعات مختلف نشان داده اند بین متغیرهای وابسته به فرمان، موقعیت عرضی خودرو و خواب آلودگی رانندگان رابطه وجود دارد [۱۰].

با توجه به توضیحات داده شده در این بخش و بخش پیشین برخی شاخصه های مرتبط با فرمان و موقعیت عرضی در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند.

۲. ۱- شاخصه‌های وابسته به فرمان

شاخص بیضی: کینگ[1] (۱۹۹۸) نشان داد که دیاگرام فاز روشی مناسب برای بررسی عملکرد راننده است [۱۱]. منحنی فاز فرمان نمودار سرعت زاویه فرمان بر حسب زاویه فرمان است. داده های تجمع یافته حول مبدأ نمایان گر کنترل سفت و سخت فرمان و نشان دهنده هوشیاری راننده است. با فاصله گرفتن این نقاط از مبدا احتمال خواب آلودگی راننده افزایش می یابد. به منظور مشخص کردن مرز هوشیاری راننده یک بیضی حول میانگین زاویه فرمان در مبدأ در نظر گرفته می شود:

رابطه ۱ $$(Steer\ Angle)^2+(\frac{Steer\ Angle\ Velocity}{a})^2<K^2\Rightarrow Alert$$

رابطه ۲ $$(Steer\ Angle)^2+(\frac{Steer\ Angle\ Velocity}{a})^2\geq K^2\Rightarrow Drow$$

که در آن K آستانه خواب آلودگی و ثابت a ضریب یکسان‌سازی اهمیت اثر سرعت زاویه‌ای فرمان و زاویه فرمان است. به عنوان مثال اگر زاویهdeg ۱۰ به عنوان زاویه بزرگ برای فرمان دهی و سرعت زاویه ای $\frac{deg}{sec}$ ۱۰ به عنوان سرعت زاویه‌ای بزرگ فرمان فرض شود؛ ضریب یکسان سازی a برابر ۴ خواهد بود. عملاً a فرکانس غالب فرمان دهی است و واحد آن است.

انحراف معیار زاویه فرمان: فَگربرگ[2] (۲۰۰۶) معتقد بود انحراف معیار زاویه فرمان (STD)[3] می تواند جهت پیش بینی خواب آلودگی رانندگان مورد استفاده قرار گیرد [۱۱]. یکی از مشکلات این شاخصه این است که انحنای مسیر اثرات قابل ملاحظه ای در آن داشت و به همین دلیل تنها در جاده های صاف قابلیت استفاده داشت. کیرچر[4] (۲۰۰۲) پیشنهاد داد که بررسی این خصیصه برای هر مایل رانندگی می تواند این مشکل را تا حدی برطرف کند [۱۱].

۲. ۲- شاخصه‌های وابسته به مسیر

انحراف معیار موقعیت عرضی: مستقیم ترین معیار جهت بررسی میزان مارپیچ حرکت کردن یک خودرو انحراف معیار

1. King
2. Fagrberg
3. Standard deviation
4. Kircher

موقعیت عرضی است. بر این اساس و بنا بر آن چه پیش تر در مورد ویژگی های راننده خواب آلوده بیان شد، هرچه نوسانات عرضی خودرو از مسیر اصلی حرکتش بیشتر باشد، انحراف معیار موقعیت عرضی آن نیز بیش تر و در نتیجه راننده خواب آلوده است.

میانگین موقعیت عرضی: تئوری هایی وجود دارند که در آن عنوان شده متوسط موقعیت عرضی می تواند به عنوان شاخصی جهت تشخیص خواب آلودگی به کار رود. در پروژه SAVE[5] (یک برنامه ایمنی ترافیک) [۱۲]، متوسط موقعیت عرضی در محدوده های زمانی معین برای پیش بینی خواب آلودگی راننده ها مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان دادند که راننده ها در مسیرهای طولانی، بیش تر به سمت راست مسیر تمایل داشتند.

زاویه فرمان مستقیماً با عملکرد کنترلی راننده مرتبط است. از طرف دیگر جهت خودرو و در نتیجه موقعیت عرضی آن به طور غیرمستقیم با انتگرال زمانی زاویه فرمان متناسب است. برخی ویژگی های دینامیک بالای زاویه فرمان توسط این انتگرال گیری فیلتر عملا می شوند. بنابر این، برای بررسی محتویات فرکانس بالای رفتار راننده زاویه فرمان مرجح است. برای بررسی محتویات فرکانس پایین رفتار راننده استفاده از موقعیت عرضی مرجح است.

۳- آزمایشات

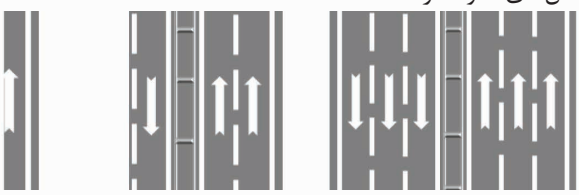
۳. ۱- شبیه ساز رانندگی

شبیه ساز مورد استفاده در آزمایشات منطبق بر بدنه و مدل خودروی پژو ۴۰۵ بوده و در آزمایشگاه واقعیت مجازی دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی طراحی و ساخته شده است. این شبیه ساز سکو ثابت بوده و دارای گشتاور فیدبک فرمان است[۱۳].

اعتبار سنجی مدل خودروی شبیه ساز بر اساس یک مدل خودروی صحه گذاری شده ADAMS/CAR توسط داده های تست تجربی انجام شد. در شکل ۱ نمونه ای از نمودارهای نتایج اعتبار سنجی توسط مدل خودروی ۲۵۱ درجه آزادی ADAMS آورده شده است [۱۵،۱۴].

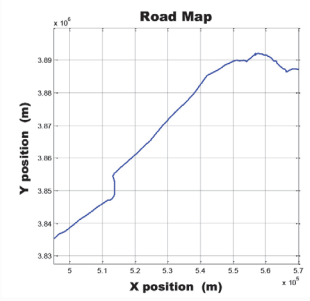
۳. ۲- پروتکل آزمایش

سناریو شامل رانندگی پیوسته بر روی یک جاده مجازی به طول ۱۰۷ کیلومتر و بدون حضور ترافیک است. این جاده از اتصال سه بخش از جاده های برون شهری، ترکیبی از مسیر اتوبانی و کوهستانی است. دو بخش ابتدایی مسیر اتوبانی و قسمتی از جاده قم - مشهد و به مسافت Km ۷۹ است و بخش انتهایی مسیر نیز Km ۲۸ کیلومتر از جاده مریوان - سنندج بود. مناظر اطراف این جاده ها منطبق بر واقعیت نبوده و با هدف ایجاد خستگی در راننده، یکنواخت در نظر گرفته شد. وظیفه راننده، رانندگی پیوسته بین خطوط باند انتهایی مسیر در همه بخش‌ها و حفظ سرعت مجاز طبق تابلوهای محدودیت سرعت بود نکات مذکور در شکل‌های ۲ و ۳ ارائه شده‌اند.

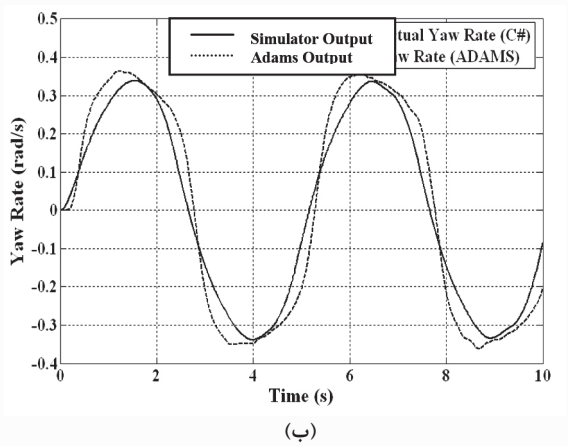


(الف) (ب) (پ)

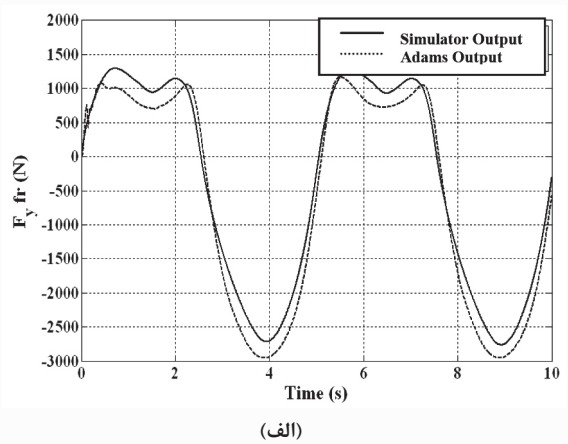
شکل ۲: الف) بخش اول جاده به طول ۵۲ کیلومتر اتوبانی و سرعت ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت، ب) بخش دوم ۲۹ کیلومتر اتوبانی و سرعت ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت، پ) بخش سوم ۲۶ کیلومتر کوهستانی و سرعت ۶۰ کیلومتر بر ساعت



شکل ۳: نقشه کل مسیر تست



(ب)



(الف)

شکل ۱: نمودارهای مقایسه ای (الف) نیروی جانبی تایر و (ب) تغییرات زاویه سمت در مدل ADAMS و شبیه‌ساز به ازای مانور ورودی سینوسی به فرمان در سرعت ۷۰ Km/h

5. System for Effective Assessment of the driver state and Vehicle control in Emergency situations

شرکت‌کنندگان از بین رانندگان مرد، بین ۲۱ تا ۲۸ سال سن، غیر سیگاری، غیر معتاد، دارای الگوی منظم خواب روزانه و عاری از اختلالات خواب، حداقل ۲ سال سابقه رانندگی و دارای تجربه رانندگی در جاده های بین شهری انتخاب شدند. تعداد کل شرکت‌کنندگان در آزمایش ۲۰ نفر و مطالعات به صورت یکسو کور[۶] و کاملاً داوطلبانه انجام شد.

به منظور ارزیابی میزان تمایل به خواب رانندگان، گرایش به خواب آن ها توسط آزمون خواب آلودگی اپ ورث (ESS)[۷] سنجیده شد. این آزمون شامل ۸ سؤال ۴ گزینه‌ای جهت ارزیابی کلی وضعیت خواب افراد در زندگی روزمره و هنگام انجام فعالیت های ویژه است [۱۶]. به منظور دست‌یابی هرچه سریع تر به وضعیت خواب آلودگی در طول آزمایش و یکسان سازی اثر تمایل به خواب رانندگان، از افراد مستعد خواب آلودگی که بر اساس این معیار نمره ۱۰ به بالا را کسب کرده بودند استفاده شد.

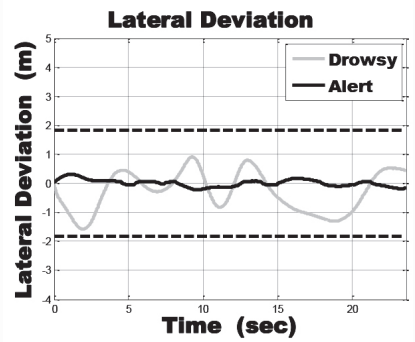
به منظور کنترل شرایط خواب و خوراک، جدول «ثبت اطلاعات خواب و خوراک» در اختیار داوطلب قرار گرفت و از او خواسته شد به مدت یک هفته قبل از زمان اجرای آزمایش این جدول را پی‌گیری و تکمیل نماید. راننده داوطلب در روز آزمایش به سوالات یک پرسش‌نامه در خصوص مشخصات دموگرافی، سوابق پزشکی و رانندگی پاسخ داد و فرم رضایت‌نامه حضور در آزمایشات را امضا کرد. آزمایشات در آزمایشگاه واقعیت مجازی دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی اجرا شدند. تست ها در یک اتاق آرام کنترل شده از لحاظ دما، صدا و دارای روشنایی ثابت و برای هر راننده در دو نوبت انجام گرفت. آزمایشات مرحله اول در صبح بین ساعات ۹:۰۰ تا ۱۱:۰۰ صبح و در هوشیاری کامل پس از یک خواب شبانه (بین ۷ تا ۸ ساعت) صورت پذیرفت. آزمایشات نوبت دوم پس از نیمه شب بین ساعات ۲:۰۰ تا ۵:۰۰ صبح روز بعد و به همراه ۱۸ ساعت محرومیت از خواب انجام گرفت. رانندگان در فاصله بین تست های اول و دوم تحت مراقبت بودند و از مصرف نوشیدنی های کافئین‌دار و چرت زدن در این مدت منع شدند. پیش از شروع آزمایشات رانندگان به مدت ۱۰ دقیقه در یک مسیر تست که برای قلق‌گیری طراحی شده بود رانندگی کردند. در این مدت راننده ها مهارت لازم را در خصوص رانندگی با شبیه ساز به دست آورده و وضعیت آن ها از حیث بروز ناخوشی مجازی[۸] بررسی می شد. هیچ یک از رانندگان دچار عوارض ناشی از آن نشدند. شکل ۴ شرایط تست رانندگان در آزمایشگاه را نشان می‌دهد.

معیار معتبر خود ارزیابی کرولینسکا (KSS) برای سنجش خواب آلودگی مورد استفاده قرار گرفت[۱۷]. بر اساس معیار KSS راننده در حین رانندگی و هر ۱۰ دقیقه یک‌بار با مشاهده پیغام «میزان خواب آلودگی» بر روی صفحه نمایش‌گر شبیه‌ساز، به خواب آلودگی خود از بین اعداد ۱ تا ۹ نمره دهی می کرد. نتایج آزمایشات پایلوت نشان دادند که ممکن است راننده با وجود توضیحات داده شده به وی در خصوص استفاده از معیار KSS، در سطوح بالاتر خواب آلودگی (KSS>۶) که سطح هوشیاری و تمرکز او کاهش می یابد، ارزیابی صحیحی از میزان خواب آلودگی خود نداشته باشد. بنابراین برای بالا بردن دقت ارزیابی، دو ناظر متخصص که بر روند انجام آزمایشات نظارت داشتند بر اساس تصاویر دوربین جلویی، جانبی و نحوه رانندگی آزمایش شونده خواب آلودگی او را به صورت هم‌زمان و طبق معیار KSS امتیاز دهی کردند.

۴- تحلیل داده ها

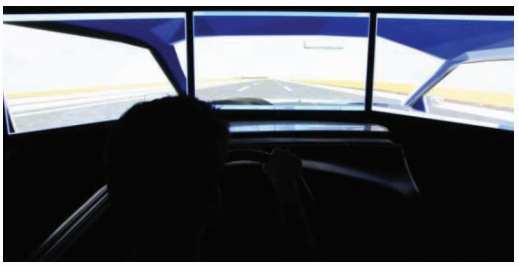
۴. ۱- اکتساب داده ها

برای حذف نمودن اثر تفاوت انحنای مسیر، می بایست بخشی از داده ها انتخاب می شدند که خواب آلودگی با میزان مشخص برای راننده های مختلف در ناحیه یکسانی از جاده رخ داده باشد. در نهایت داده های ۶ راننده از ۲۰ راننده در بخشی از مسیر به طول ۸۴۰ متر، شعاع انحنای متوسط ۱۲۰۰ متر و سرعت مجاز ۱۲۰ km/h گزینش شد. داده های تست نوبت دوم برای این ۶ راننده در حالت خواب آلوده در این بخش دارای KSS ≥۸ بود. بنابراین، برای هر راننده در این بخش از مسیر دو سری داده استخراج شد، یکی در وضعیت هوشیار و دیگری در وضعیت خواب آلوده با KSS ≥۸. نمونه این داده ها در شکل ۵ نشان داده شده است.



(الف)

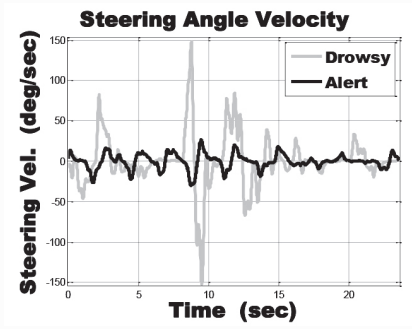
(ب)



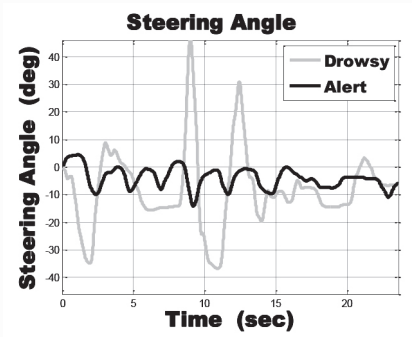
(الف)

شکل ۴: تصویر راننده در حین اجرای (الف) تست روزانه و (ب) تست شبانه در شبیه ساز رانندگی

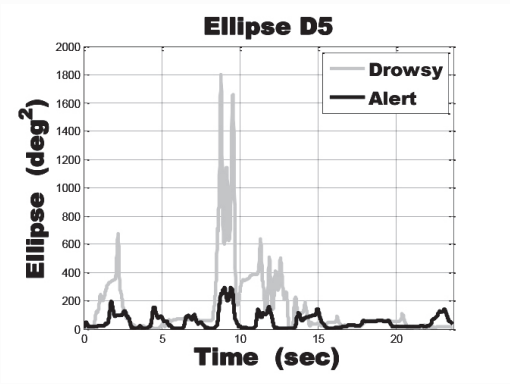
6. Single blind
7. Epworth Sleepiness Scale
8. Simulator Sickness

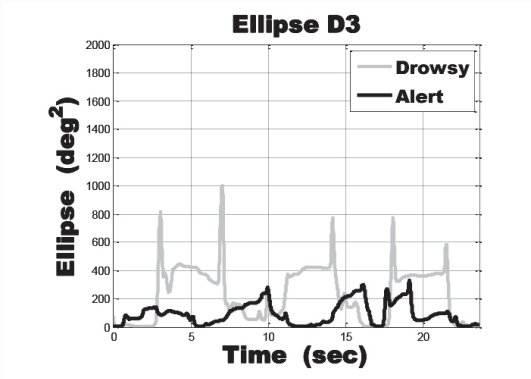


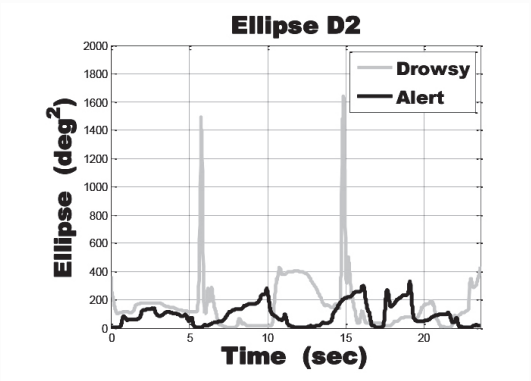
(ب)

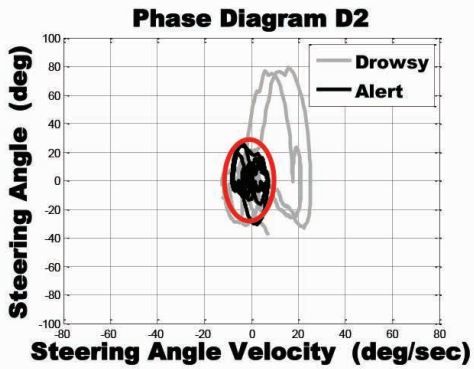


(پ)









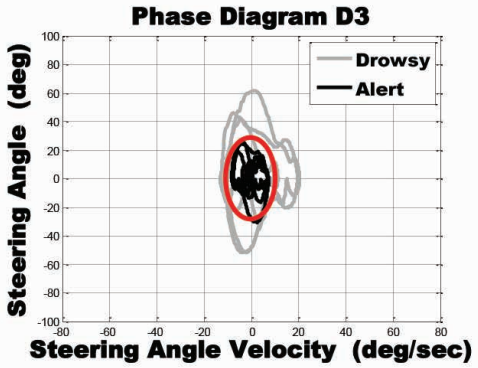
شکل ۵: نمودارهای (الف) انحراف عرضی، (ب) سرعت زاویه‌ای فرمان و (پ) زاویه فرمان راننده ۵

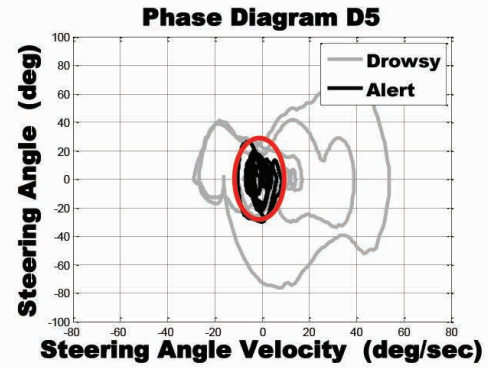
۴. ۲- ارزیابی شاخصه‌ها

شاخصه های معرفی شده در بخش ۲ برای بخشی از مسیر که در بخش ۱۴. توضیح داده شد، برای هر ۶ راننده در دو حالت هوشیار و خواب آلوده به دست آمد. به دلیل محدودیت فضا در این جا، از آوردن تمامی نمودارها اجتناب شده است.

شاخص بیضی: منحنی های فاز فرمان و شاخص بیضی در نمودارهای شکل ۶ نشان داده شده اند. با رسم بیضی که بر منحنی هوشیارِ هر راننده محیط است، مرز بین هوشیاری و خواب آلودگی هر فرد مشخص می گردد. متوسط شاخص بیضی برای راننده های هوشیار $\deg^2$ ۸۲ و برای راننده های خواب آلوده $\deg^2$ ۲۱۴ اندازه گیری شد. انتخاب آستانه مناسب برای شاخص بیضی، بر اساس حداقل کردن هشدارهای با خطای منفی صورت گرفت (جلوتر در باره خطای منفی و مثبت توضیح داده شده است.). مرکز تمام این بیضی ها بر مبدأ مختصات منطبق است. بر اساس این معیار نقاط داخل بیضی باید بیانگر هوشیاری و نقاط خارج بیضی بیانگر خواب آلودگی راننده ها باشند.

هرچه نقاط منحنی فرمان به مرکز بیضی نزدیک تر باشند، به این معنی است که راننده کنترل های دقیق تری نسبت به فرمان دارد. نقاطی از داده های خواب آلوده که داخل بیضی واقع شده اند، خطاهای منفی و نقاطی از داده های هوشیار که خارج بیضی هستند، خطاهای مثبت آن هستند. بخشی از خطاهای منفی به علت مستقیم بودن قسمتی از مسیر است، که از جمله ضعف های این معیار در چنین شرایطی است.



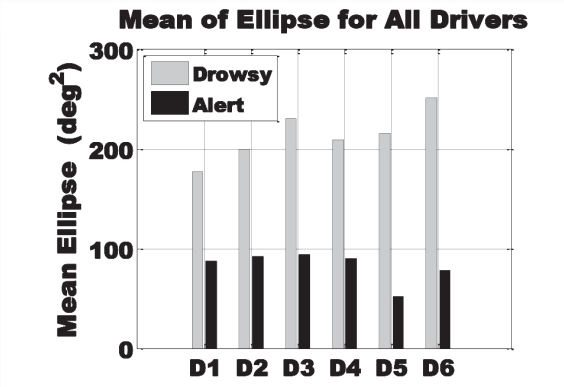


شکل ۶: منحنی های فاز فرمان و بیضی برای برخی راننده ها

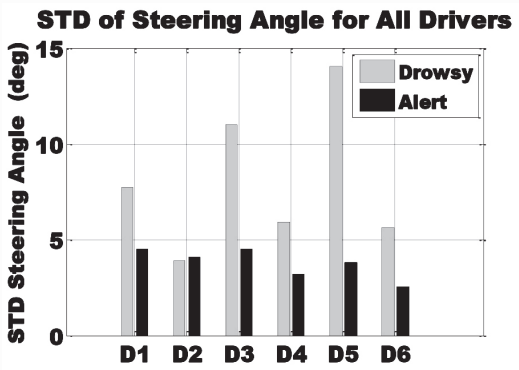
انحراف معیار زاویه فرمان: همان طور که در شکل ۷- ب دیده می شود، انحراف معیار زاویه فرمان با خواب آلودگی افزایش می یابد. مقدار متوسط آن برای راننده های هوشیار deg ۳/۸ و برای راننده های خواب آلوده deg ۸/۱ اندازه گیری شد.

انحراف معیار و میانگین موقعیت عرضی: نمودارهای انحراف معیار و میانگین موقعیت عرضی راننده ها در شکل های ۷- ت و ۷- پ نشان داده شده است. متوسط انحراف معیار برای راننده های هوشیار و خواب آلوده به ترتیب m ۰/۳۵ متر و m ۰/۹۷ بود. همچنین متوسط میانگین موقعیت عرضی در حالت هوشیار و خواب آلوده برای راننده ها به ترتیب m ۰/۲ و m ۱/۴۵ بود.

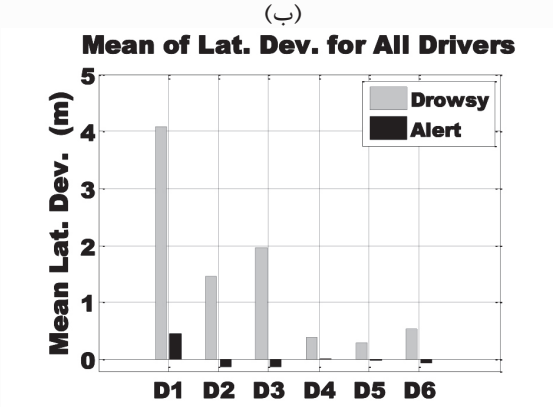
نتایج نشان می دهند با افزایش خواب آلودگی انحرافات عرضی بیشتر به سمت راست جاده بوده و انحراف معیار موقعیت عرضی نیز افزایش یافته است. راننده ها به طور ناخودآگاه تمایل دارند نزدیک به سمت راست مسیر رانندگی کنند، چرا که انحراف به چپ از مسیر برایشان احتمال خطر بیشتری را دارد و راننده می داند که اگر قرار باشد از مسیر منحرف شود، خطر مرگ در تصادف از روبه رو بسیار بیشتر از خطر تصادف با خودروهای هم جهت است. این مسأله با کاهش توانایی راننده به شرط این که نسبت به اُفت عملکرد خود آگاه باشد، افزایش می یابد. راننده خسته ای که نسبت به خواب آلودگی خود در حین رانندگی اذعان دارد (راننده های آزمایش این گونه بودند)، اگرچه به سبب خستگی، حرکتش مارپیچ خواهد بود، به سبب آگاهی از افزایش ریسک ترجیح می دهد در حاشیه سمت راست باند خود حرکت کند؛ همان طور که انحراف معیار موقعیت عرضی این راننده‌ها نشان می دهد.



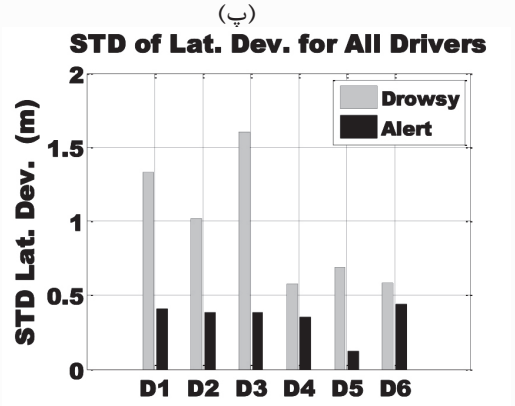
(الف)



(ب)



(پ)



(ت)

شکل ۷: (الف) میانگین شاخص بیضی، (ب) انحراف معیار زاویه فرمان، (پ) میانگین موقعیت عرضی، (ت) انحراف معیار موقعیت عرضی برای راننده های هوشیار و خواب آلوده

انتخاب آستانه برای شاخص ها از اهمیت ویژه ای برخوردار است. صرف نظر از دقت هر کدام از شاخصه ها، آستانه آن ها تعیین کننده میزان خطاهای مثبت و منفی سیستم در صورت عدم تشخیص صحیح خواب آلودگی خواهد بود. خطای مثبت بدین معنی است که راننده هوشیار بوده اما سیستم به اشتباه او را خواب آلوده شناسایی کرده است. خطای منفی یعنی راننده خواب آلوده بوده ولی سیستم به نادرستی او را هوشیار تلقی کرده است. اعلام هشدارِ برای خطاهای مثبت در سیستم سبب می شود، راننده اعتماد خودِ را به سیستم از دست بدهد. علاوه بر آن هشدارهای بی مورد باعث آزار راننده و اختلال در رانندگی وی می شود. بنابر این آستانه های مربوطه در این جا بر اساس حداقل نمودن خطاهای مثبت در تمام شاخص ها تعیین شدند. در غیر این صورت می توانستیم با پایین آوردن آستانه ها دقت را افزایش دهیم اما سبب بروز خطاهای مثبت قابل ملاحظه می شد. در جدول ۱ آستانه خواب آلودگی و دقت هر کدام از شاخصه ها آورده شده است.

جدول ۱: دقت تشخیص و آستانه خواب آلودگی برای کل شاخص ها

	Ellipse	STD of Steering Angle	Mean of Lateral Deviation	STD of Lateral Deviation
Sleepiness Threshold	≥ 91 (deg2)	≥ 4.5 (deg)	≥ 0.45 (m)	≥ 0.43 (m)
Accuracy	77%	76%	0.65%	67%

۵- نتیجه گیری

معیارهای وابسته فرمان و موقعیت عرضی که در این جا معرفی شدند، ارتباط معناداری با خواب آلودگی راننده ها داشتند. نتایج نشان دادند:

در صورت تحرکات قابل توجه فرمان، معیار بیضی می تواند با دقت بالایی (۷۷٪) جهت تشخیص خواب آلودگی استفاده شود، اما در مسیرهای مستقیم که حرکات فرمان کم است، استفاده از سایر معیارها هم توصیه می شود.

انحراف معیار زاویه فرمان و انحراف معیار موقعیت عرضی خودرو به ترتیب با دقت های ۷۶٪ و ۶۷٪ معیار مناسبی جهت ارزیابی خواب آلودگی هستند. چون جهت خودرو و در نتیجه موقعیت عرضی آن به طور غیرمستقیم با انتگرال زمانی زاویه فرمان متناسب است، برخی ویژگی های دینامیک بالای زاویه فرمان توسط این انتگرال گیری فیلتر می شوند. بنابر این، برای بررسی محتویات فرکانس بالای رفتار راننده زاویه فرمان مرجح است و برای بررسی محتویات فرکانس پایین رفتار راننده استفاده از موقعیت عرضی مرجح است.

میانگین انحرافات عرضی اگرچه با خواب آلودگی راننده ها ارتباط دارد، اما بیشتر از آن که معیار مناسبی جهت تشخیص خواب آلودگی باشد، نشان می دهد اگر راننده ها در حین خواب آلودگی به اندازه ای هوشیار باشند که بتوانند درک صحیحی از خطر داشته باشند، ترجیح می دهند در سمت راست مسیر حرکت کنند. به علاوه این که ممکن است احساس خطر حتی در شرایط هوشیاری، راننده را مجاب کند که بیشتر متمایل به راست مسیر براند.

۶- قدردانی

لازم است از کسانی که به هر نحوی به انجام این پروژه کمک کرده اند، تقدیر و تشکر به عمل آید. به دلیل وسعت طرح، فقط امکان ذکر نام برخی از این عزیزان ممکن است: آقایان دکتر علیرضا اسماعیلی، افشین جمشیدی، فرامرز قره گوزلو، حامد مظفری، سجاد سمیعی، رضا هژبرالساداتی، رضا نریمانی و نادر رنجبری.

۷- مراجع

[1] http://www.unicef.org/iran/media_4783.html
[2] B. Tefft, «Asleep at the Wheel: The Prevalence and Impact of Drowsy Driving», Published by AAA Foundation for Traffic Safety, Washington DC, 2010.
[3] National Sleep Foundation, «Summary of Findings, 2005 Sleep in America poll», Published by National Sleep Foundation, Washington DC, 2005.
[۴] سالنامه آماری سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای ۱۳۹۰، «فصل پنجم: امور ایمنی و ترافیک سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای»، معاونت برنامه ریزی- دفتر فن‌آوری اطلاعات سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، ۱۳۹۰.
[5] A. Sahayadhas and et al., «Detecting Driver Drowsiness Based on Sensors: a review», Sensors, 12, 16937-16953, 2012.
[6] A. Williamson and T. Chamberlain, «Review of on-road driver fatigue monitoring devices», NSW Injury Risk Management Research Centre, New South Wales, 2005.
[7] E. Wahlstrom and et al., «Vision-based methods for driver monitoring», Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, Shanghai, China, 903-908, 2003.
[8] R. Knipling and W. Wierwille,»Vehicle-based drowsy driver detection: Current status and future prospects», National Highway Traffic Safety Administration, Office of Crash Avoidance Research, IVHS America Fourth Annual Meeting, 1994.
[9] T. Mast and et al., «Effects of Fatigue on Performance in a Driving Device», Highway Research Record, Driver Fatigue Research: Development of Methodology, Washington, DC, 1994.
[10] A. Kircher and et al., «Vehicle Control and Drowsiness», VTI Meddelande, 922A.
[11] K. Fagerberg, «Vehicle-Based Detection of Inattentive Driving for Integration in an Adaptive Lane Departure Warning System - Drowsiness Detection», M.S. thesis, Dept., Signals, Sensors & Systems Signal Process., KTH Royal Institute of Technology Univ., Stockholm, Sweden, 2004.
[12] U. Ozguner and et al., «Design of a Lateral Controller for Cooperative Vehicle Systems», SAE Technical Paper 950474, doi:10.4271/950474, 1995.
[۱۳] ع. نحوی و همکاران، «آموزش جامع رانندگان اتوبوس شرکت واحد اتوبوسرانی تهران از طریق بومی سازی استاندارد روز اروپا برای اولین بار در خاورمیانه»، یازدهمین کنفرانس بین المللی حمل و نقل و ترافیک، تهران، ۱۳۹۰.
[۱۴] م. آشوری، «تشخیص خواب آلودگی رانندگان بر اساس مانور فرمان به کمک شبیه ساز رانندگی»، پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۱.
[۱۵] س. سمیعی، «طراحی، ساخت و کنترل سیستم فرمان برقی برای شبیه ساز رانندگی»، پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۸۷.
[16] W. Johns, «A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale», Sleep,14(6), 540-545, 1991.
[17] K. Kaida, «Validation of the Karolinska Sleepiness Scale against performance and EEG variables», Clinical Neurophysiology, 117, 1574-1581, 2006.