

## شناسایی رفتار رانندگی مصرف‌کنندگان مواد محرک آمفتامین در فرآیند تعقیب خودرو به کمک روش فازی - عصبی تطبیقی

در سال‌های اخیر مصرف مواد محرک نسبت به مصرف الکل و مواد مخدر بسیار رواج پیدا کرده است، اما هنوز تحقیقات گسترده‌ای در زمینه تاثیر سوء مصرف مواد محرک بر رانندگی انجام نشده است. در این مقاله به ارائه روشی برای شناسایی رفتار رانندگانی که از مواد محرک آمفتامین استفاده نموده‌اند؛ پرداخته شده است. در این روش رانندگان در شبیه‌ساز رانندگی قرار گرفته و آزمایش‌های عملی برای بررسی رفتار رانندگی آنها طراحی و اجراء گردیده است. در آزمایش‌های عملی ۱۶ راننده‌ی سالم حرفه‌ای اتوبوس و ۶ راننده‌ی معتاد به آمفتامین در شبیه‌ساز رانندگی اتوبوس اسکانیا نصیر مورد آزمون قرار گرفتند. سناریوی انتخابی برای رانندگی بر روی شبیه‌ساز، سناریوی تعقیب خودرو است. جهت تحلیل رفتار رانندگان سالم و معتاد به آمفتامین، متغیرهای تاخیر لحظه‌ای هر راننده، برخی از شاخص‌های ایمنی شامل زمان تا برخورد، فاصله زمانی بین دو خودرو و چگالی غیرایمن و هم‌چنین فاصله‌ی طولی بین خودروی پیشرو و پیرو با استفاده از متغیرهای گرفته شده از شبیه‌ساز رانندگی استخراج شده‌اند. سپس یک سیستم فازی-عصبی تطبیقی برای جداسازی اطلاعات افراد سالم و معتاد به آمفتامین طراحی شده است. در نهایت رفتار رانندگی با استفاده از مدل **GHR** توسط داده‌های بدست آمده از شبیه‌ساز بررسی گردید تا عملکرد مدل با سیستم طراحی شده مقایسه شود. نتایج عملکرد سیستم فازی-عصبی تطبیقی نشان می‌دهد که سیستم طراحی شده عملکرد بسیار بهتری نسبت به مدل **GHR** دارد و به خوبی می‌تواند اطلاعات افراد معتاد به آمفتامین را از افراد سالم جدا کند و آنها را با صحت ۹۷ درصد شناسایی نماید.

علی نحوی<sup>۱</sup>  
استادیار  
علیرضا خدایاری<sup>۲</sup>  
استادیار  
مسعود حاجی‌رسولی<sup>۳</sup>  
استادیار  
سمیرا تیموری<sup>۴</sup>  
کارشناس ارشد  
سعید صالحی‌نیا<sup>۵</sup>  
کارشناس ارشد  
احمد دهقانزاده<sup>۶</sup>  
کارشناس ارشد  
علی نیک‌نژاد<sup>۷</sup>  
کارشناس ارشد

واژه‌های راهنما: مواد محرک، رفتار تعقیب خودرو، شبیه‌ساز رانندگی، فازی-عصبی تطبیقی، مدل GHR

### ۱- مقدمه

روزانه به طور میانگین بیش از ۵۰ نفر در اثر حوادث رانندگی در سطح کشور جان خود را از دست می‌دهند. براساس آمارهای سازمان پزشکی قانونی ایران، در ۸ ماهه نخست سال (۱۳۹۱)، ۱۴ هزار و ۱۲۶ نفر در اثر تصادفات رانندگی کشته شدند [۱]. در واقع بیش از نیمی از مرگ و میرهای غیرطبیعی در کشور در ۸ ماه

nahvi@kntu.ac.ir

khodayari@pardisiu.ac.ir

m\_hajirasouli@yahoo.com

samira.teimoori65@gmail.com

saeed.salehnia@gmail.com

a\_dehghanzadeh@yahoo.com

mehrshad.nknz@yahoo.com

<sup>۱</sup> استادیار، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

<sup>۲</sup> نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پردیس

<sup>۳</sup> استادیار، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر

<sup>۴</sup> کارشناس ارشد مهندسی مکاترونیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

<sup>۵</sup> کارشناس ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

<sup>۶</sup> کارشناس ارشد مهندسی کنترل، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

<sup>۷</sup> کارشناس مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۵/۱۳، تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۶/۳۱

نخست (۱۳۹۱) مربوط به حوادث رانندگی بوده است. همچنین آمارهای موجود نشان می‌دهد که در ۵ سال اخیر سوء مصرف مواد محرک در بین قشرهای مختلف جامعه از جمله رانندگان، به شدت افزایش پیدا کرده است. علیرغم آن که پیش‌بینی می‌شود در جهان بخصوص در ایران سونامی شیشه اتفاق بیفتد [۱]، هنوز تحقیقات گسترده‌ای در زمینه تاثیر سوء مصرف مواد محرک بر رانندگی انجام نشده است.

آمفتامین‌ها از مواد محرک دستگاه عصبی می‌باشد که معمولاً به شکل پودر سفید رنگ مشاهده می‌شوند. آنها از نظر ساختمانی با ناقل‌های عصبی نوراپی نفرین، اپی نفرین و دوپامین مربوط می‌باشند. این مواد وقتی وارد سیستم عصبی مرکزی می‌شوند، باعث آزاد شدن ناگهانی واسطه شیمیایی دوپامین<sup>۱</sup> از مغز می‌شوند، که این خود تحریک سلول‌های مغزی، افزایش خلق‌وخو، حالت تهاجمی و غیرقابل کنترل و افزایش حرکت جسمی را دربردارد. از جمله نام‌های رایج آن می‌توان به شیشه، یخ، میتسوبیسی<sup>۲</sup> و ترکیبی از آمفتامین‌های جایگزین به نام MDMA تحت نام اکستازی<sup>۳</sup> اشاره کرد. آمفتامین‌ها به راحتی در آزمایشگاه‌های نه چندان پیشرفته و با هزینه اندک قابل تهیه هستند و به این دلیل می‌توانند توزیع گسترده‌ای داشته باشند [۲].

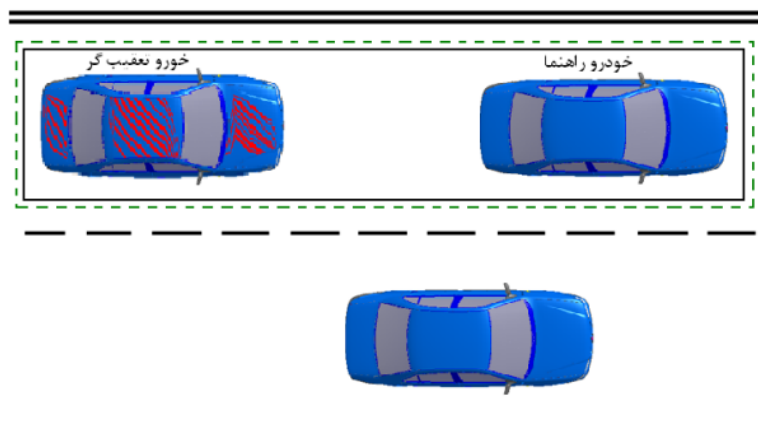
محققان برای بررسی تاثیر مصرف مواد محرک بر روی رفتار رانندگی انسان در جریان ترافیک، از شبیه‌سازی رفتارهای مختلف رانندگی استفاده می‌کنند. یکی از رفتارهای فراگیر در رانندگی رفتار تعقیب خودرو است. هدف از بررسی رفتار تعقیب خودرو، توصیف ارتباط خودروی پیرو و پیشرو در یک مسیر از نظر سرعت و فاصله طولی می‌باشد. همانطور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، فرآیند تعقیب خودرو، به عنوان یک مدل اساسی سیستم شبیه‌سازی میکروسکوپی، حرکت طولی یک راننده و خودرو را در زمانی که خودرو جلویی را دنبال می‌کند و تلاش می‌کند تا یک فاصله ایمن را با آن حفظ کند، توصیف می‌کند.

مدل‌های تعقیب خودرو معمولاً بسته به منطق به کار رفته در آن‌ها به کلاس‌هایی دسته‌بندی می‌شوند. بطور کلی مدل‌های تعقیب خودرو به سه دسته‌ی مدل‌های محرک-محور، مدل‌های مبتنی بر حفظ فاصله ایمن و مدل‌های روانی جسمانی تقسیم می‌شوند [۳]. لازم به ذکر است که مدل‌های تعقیب خودرو توسعه زیادی یافته‌اند، و علاوه بر دسته‌های فوق انواع مختلفی از مدل‌های تعقیب خودرو مطرح شده‌اند، که در [۴] آن‌ها شرح داده شده‌اند. به طور کلی فاکتورهای موثر بر رفتار تعقیب خودرو، به دو دسته تفاوت‌های فردی و فاکتورهای موقعیتی تقسیم می‌شوند [۵]. تفاوت‌های فردی شامل سن، جنسیت، رفتار ریسک‌پذیری، مهارت رانندگی، اندازه خودرو و کارایی خودرو است. فاکتورهای موقعیتی نیز خود به دو دسته محیطی و فردی طبقه‌بندی می‌شوند که فاکتورهای محیطی شامل چه زمانی از روز، چه روزی از هفته، آب و هوا و شرایط جاده است. فاکتورهای موقعیتی فردی شامل حواس پرتی، اختلافات ناشی از مصرف الکل و داروها، استرس، خستگی، هدف از رانندگی و مدت زمان رانندگی است. ایجاد یک مدل یکپارچه به دلیل اینکه فاکتورهای رفتار تعقیب خودرو مختلف، پیچیده و تصادفی هستند دشوار می‌باشد.

<sup>1</sup> Dopamine

<sup>2</sup> Mitsubishi

<sup>3</sup> Ecstasy



شکل ۱- فرآیند تعقیب خودرو

آثار سوء مصرف مواد محرک در رانندگی دقیقاً مشخص نیست و در مقالات مختلف نتایج متفاوتی بدست آمده است. در برخی تحقیقات مصرف مواد محرک باعث کاهش تصادفات و در برخی دیگر آن را بی‌اثر دانسته‌اند. Brookhuis و همکاران در سال (۲۰۰۴) آثار سوء مصرف MDMA را بر رفتار رانندگی در یک شبیه‌ساز رانندگی پیشرفته بررسی کردند. با بررسی رفتار رانندگان معتاد مشاهده شد که میانگین سرعت، انحراف از معیار موقعیت عرضی، انحراف از معیار زمان واکنش، سرعت طولی و تعداد تصادفات افزایش یافته بود و فاصله خودرو با خودروی جلویی کاهش یافته بود [۶]. Dastrup و همکاران در سال (۲۰۱۰) عملکرد و ریسک‌پذیری افرادی را که قبلاً به صورت تفریحی MDMA مصرف می‌کردند، در یک رفتار تعقیب خودروی شبیه‌سازی شده ارزیابی کردند. مقدار معیارهای بهره و میزان تطابق در سرعت‌ها در افرادی که قبلاً MDMA مصرف می‌کردند، نسبت به سایر افراد یکسان و معیار تاخیر در این افراد کمتر بود [۷].

Stough و همکاران در سال (۲۰۱۲) با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی، افرادی را که قبلاً به صورت تفریحی مواد محرک مصرف می‌کردند، مورد آزمایش قرار دادند. در شبیه‌ساز رانندگی ۳ ساعت پس از مصرف، شرکت‌کنندگان در وضعیت مصرف MDMA در هنگام روز بیشتر از زمانی که دارونما<sup>۱</sup> مصرف کرده‌اند، دچار بکسوات<sup>۲</sup> می‌شدند. تعداد راهنما زدن‌ها جهت تغییر مسیر در وضعیت مصرف MDMA کمتر از وضعیت مصرف دارونما است، در شب و ۳ ساعت پس از مصرف، شرکت‌کنندگان در اثر مصرف MDMA شتاب بیشتری در مقایسه با حالت مصرف مت‌آمفتامین و دارونما داشتند، در روز و ۲۴ ساعت پس از مصرف تعداد راهنما زدن در بزرگراه، در حالت مصرف مت‌آمفتامین بیشتر از دو وضعیت دیگر است. ترمزگیری نامناسب و سرعت غیرمجاز در حالت مصرف دارونما بیشتر از دو حالت دیگر است. در شب و ۲۴ ساعت پس از مصرف تعداد راهنما زدن در تقاطع، در حالت مصرف مت‌آمفتامین بیشتر از وضعیت مصرف MDMA است. رانندگی با سرعت غیرمجاز در اثر مصرف مت‌آمفتامین کمتر از دو وضعیت دیگر است، و زمان پاسخ در شرایط بحرانی، در اثر مصرف دارونما کندتر از دو وضعیت دیگر است [۸].

<sup>۱</sup> دارویی که مصرف آن هیچ اثری بر فرد نمی‌گذارد.

<sup>۲</sup> Slip

دهقانزاده در سال (۱۳۹۱) برای اولین بار مدلی برای شناسایی و جداسازی رانندگان معتاد و سالم ارائه کرد، که برای بهبود دقت شناسایی و جداسازی رفتار افراد معتاد به مت‌آفتامین و سالم از یک شبکه عصبی استفاده شده است [۱]. افراد مورد آزمایش شامل ۲۴ نفر از رانندگان سالم و ۷ نفر از رانندگان معتاد به آفتامین شرکت واحد اتوبوسرانی تهران و حومه، بودند. افراد مورد مطالعه در سناریو تعقیب خودرو رانندگی می‌کردند و با توجه به سناریوی تعقیب خودرو ویژگی‌های تطابق دو سیگنال سرعت خودروی پیرو و پیشرو، بهره، جابه‌جایی فرکانس، تاخیر عکس‌العمل راننده و فاصله نسبی بین دو خودرو استخراج شدند. هنگامی که خودروی پیشرو سرعت خود را با شتابی مشخص افزایش دهد، کاربر نیز سعی در افزایش سرعت خواهد داشت، هر چه قدر کاربر میزان افزایش سرعت خودروی پیشرو را درست تشخیص دهد، مقدار بهره به یک نزدیک‌تر می‌شود. در نهایت نشان داده شد که سیستم عصبی ارائه شده در این تحقیق با دقت ۸۵ درصد جهت جداسازی اطلاعات رانندگان سالم و معتاد به آفتامین آموزش دیده است.

این نکته قابل توجه است که اکثر تحقیق‌های قبلی آماری بوده‌اند که این امر باعث ایجاد شرایط آزمایشگاهی می‌شود، و این برخلاف رفتارهای واقعی رانندگان در جامعه است. اولین بار دهقانزاده مدلی برای شناسایی و جداسازی رانندگان معتاد و سالم ارائه کرد. مدل پیشنهادی دهقانزاده نیز عملکرد مطلوبی با توجه به درصد دقت عملکرد آن ندارد [۱].

از اینرو، در این مقاله برای بهبود دقت شناسایی و جداسازی رفتار افراد سالم و معتاد به آفتامین از یک شبکه فازی-عصبی تطبیقی استفاده شده است. در این مقاله به بررسی رفتار رانندگی تحت تاثیر مصرف مواد محرک مت‌آفتامین پرداخته می‌شود و از رانندگان سالم و معتاد به مت‌آفتامین برای انجام سناریو تعقیب خودرو استفاده می‌شود. رانندگان سناریو تعقیب خودرو را با رانندگی بر روی شبیه‌ساز رانندگی اسکانیا دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی انجام می‌دهند.

در بخش بعدی این مقاله به طراحی سامانه تشخیص سوء مصرف مواد محرک آفتامین پرداخته می‌شود. در این بخش همچنین به معرفی سامانه شبیه‌ساز رانندگی و طراحی سناریو تعقیب خودرو پرداخته می‌شود. در پایان این بخش مدل GHR معرفی می‌شود. در بخش سوم، ابتدا داده‌های گرفته شده از شبیه‌ساز اتوبوس برای افراد سالم و معتاد به آفتامین، توسط پارامترهای مدل تعقیب خودرو و برخی شاخص‌های ایمنی تحلیل می‌شود. سپس با استفاده از سیستم فازی-عصبی تطبیقی طراحی شده به جداسازی رانندگی افراد سالم و معتاد به آفتامین پرداخته می‌شود. در نهایت برای مقایسه، عملکرد مدل GHR نشان داده می‌شود.

## ۲- طراحی سامانه تشخیص سوء مصرف مواد محرک آفتامین

در این بخش به طراحی سیستم فازی-عصبی تطبیقی برای جداسازی رانندگی افراد سالم و معتاد به آفتامین پرداخته می‌شود. در ابتدا نحوه طراحی و مشخصات سیستم پیشنهادی توضیح داده می‌شود و همچنین به معرفی یک سری ویژگی‌ها استفاده شده در طراحی سیستم برای هر راننده بر اساس شاخص‌های ایمنی پرداخته می‌شود. در ادامه در مورد شبیه‌ساز رانندگی و به طور اختصاصی شبیه‌ساز رانندگی اسکانیا نصیر بحث می‌گردد. برای اعتبار سنجی سیستم طراحی شده به ثبت و بررسی رفتار رانندگان با استفاده از این شبیه‌ساز پرداخته می‌شود. سپس سناریو تعقیب خودرو طراحی می‌شود و نحوه انجام آزمایش‌ها توسط

رانندگان بیان می‌شود. در نهایت یک مدل رفتار ترافیکی؛ مدل GHR معرفی می‌شود. برای مقایسه و بررسی عملکرد سیستم پیشنهادی طراحی شده از این مدل استفاده می‌شود.

## ۲-۱- طراحی سیستم فازی-عصبی تطبیقی

سیستم فازی دانش انسان را به صورت یک سری قوانین و قواعد در قالب اگر و آن‌گاه، که بیان‌کننده رفتار انسان است، پیاده‌سازی می‌کند. گاهی اوقات نمی‌توان قواعد را به درستی نوشت؛ ولی ورودی و خروجی مطلوب در قالب داده‌ها در دسترس می‌باشد. یکی از راه‌کارها برای پیاده‌سازی چنین سیستمی، استفاده از سیستم فازی-عصبی تطبیقی است. سیستم فازی-عصبی تطبیقی در واقع ترکیب سیستم فازی که قدرت بیان کیفی و عدم قطعیت را دارد، و شبکه عصبی که ساختار متغیر دارد و با توجه به داده‌ها ساختار خود را تطبیق می‌دهد، می‌باشد و امکان استفاده از کارایی هر دو سیستم را فراهم می‌کند. با توجه به اینکه تعیین روابط بین ورودی‌ها و خروجی‌های هر راننده به سادگی قابل درک نیست، در این مقاله از یک سیستم فازی-عصبی تطبیقی جهت بهبود عملکرد و دقت تحلیل داده‌ها و جداسازی بین رانندگان سالم و معتاد به آمفتامین استفاده شده است.

در این مقاله یک سیستم فازی-عصبی تطبیقی با ساختار اولیه FCM<sup>۱</sup> که توسط الگوریتم Hybrid آموزش داده می‌شود، ارائه شده است. با توجه به اینکه هدف اصلی در این مقاله فراهم کردن ایمنی سیستم حمل‌ونقل است، یکسری از ویژگی‌های استخراج شده از سناریوی تعریف شده در سامانه شبیه‌ساز که براساس شاخص‌های ایمنی در رانندگی بوده است، به عنوان ورودی سیستم در نظر گرفته شده‌اند. شاخص‌های انتخاب شده شامل زمان تا برخورد بین دو خودرو، فاصله زمانی بین دو خودرو، چگالی غیر ایمن و هم-چنین تفاضل فاصله بین دو خودرو از طول دو خودرو و تاخیر عکس‌العمل در رانندگی در هر لحظه می‌باشد که در ادامه به تشریح هر یک پرداخته می‌شود.

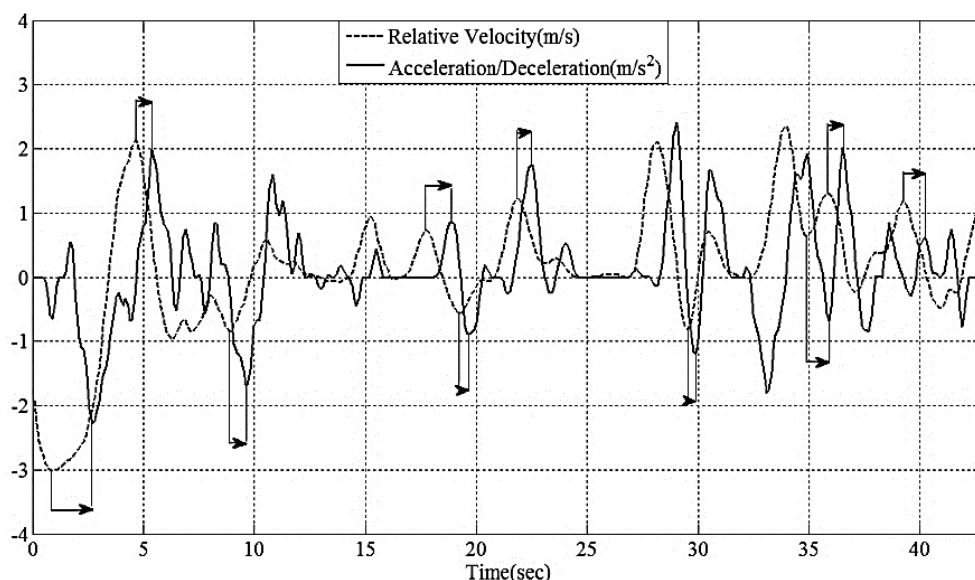
فاصله زمانی به عنوان زمان سپری شده بین عبور جلوی خودروی جلویی از مقطعی از جاده تا عبور جلوی خودروی عقبی از همان نقطه از جاده تعریف می‌شود. فاصله زمانی بین خودروها از خصوصیات مهم رفتار رانندگی به شمار می‌رود که به طور مستقیم بر ایمنی سیستم حمل و نقل جاده‌ای اثر می‌گذارد [۹]. شاخص زمان تا برخورد، زمان باقیمانده تا برخورد بین دو خودرو است، در صورتی که مسیر و اختلاف سرعت آن‌ها ثابت فرض شود [۱۰]. چگالی غیرایمن یک شاخص ایمنی عملکرد برای تعیین شدت برخوردهای جلو به عقب است، اگر فرض شود در یک بازه‌ی تعقیب خودرو یک تصادف فرضی رخ دهد، شدت تصادف متناسب با سرعت خودروی پیرو و سرعت نسبی خودروها در لحظه برخورد است. چنانچه این دو پارامتر در هم ضرب شوند، شدت برخورد در یک تصادف جلو به عقب محاسبه می‌شود [۱۱].

محاسبه تاخیر عکس‌العمل در رانندگی، برای هر راننده جهت شناسایی مدل تعقیب خودرو ضروری است [۱۲]. در این مقاله برخلاف سایر مقالات برای در نظر گرفتن تغییرات رفتاری بین رانندگان، به جای استفاده از یک مقدار تاخیر ثابت، از تاخیر لحظه‌ای رانندگان استفاده شده است. برای این منظور برای تخمین تاخیر لحظه‌ای از روش گرافیکی پیشنهاد شده در مراجع [۱۳ و ۱۴] استفاده شده است.

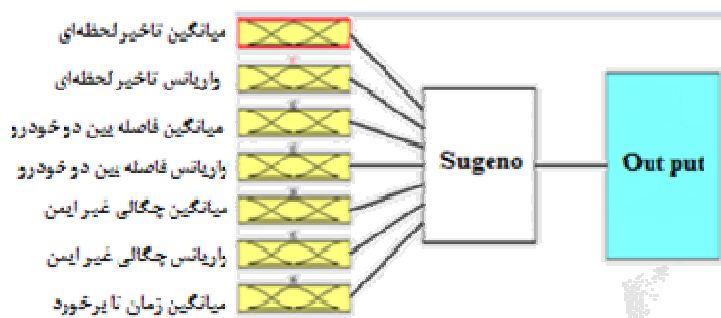
<sup>۱</sup> fuzzy c-means

این روش بر این مبنا استوار است که تاخیر لحظه‌ای با رسم منحنی‌های سرعت نسبی و شتاب خودروی پیرو و محاسبه فاصله زمانی میان دو تغییر متوالی، دو مینیمم یا دو ماکزیمم متوالی، در نمودارها محاسبه می‌شود. گاهی در تحلیل داده‌های گرفته شده از شبیه‌ساز رانندگی برای بررسی رفتار تعقیب خودرو، مقدار تاخیر لحظه‌ای سیستم راننده و خودرو مقدار منفی بدست می‌آید. این حالت مربوط به زمانی است که فاصله نسبی میان دو خودرو بسیار کم است و سرعت نسبی میان دو خودرو به قدر کافی بزرگ است [۱۵]، لذا خودروی پیرو نتیجه می‌گیرد که خودروی پیشرو شتاب خود را به‌زودی کاهش خواهد داد، از این رو؛ راننده-ی خودروی پیرو با پیش‌بینی رفتارهای آتی خودروی پیشرو عکس‌العمل نشان می‌دهد. شکل (۲) روش گرافیکی جهت تخمین زمان عکس‌العمل راننده است، که نمودار آبی رنگ شتاب خودروی پیشرو و نمودار سبز رنگ اختلاف سرعت بین دو خودرو را نشان می‌دهد.

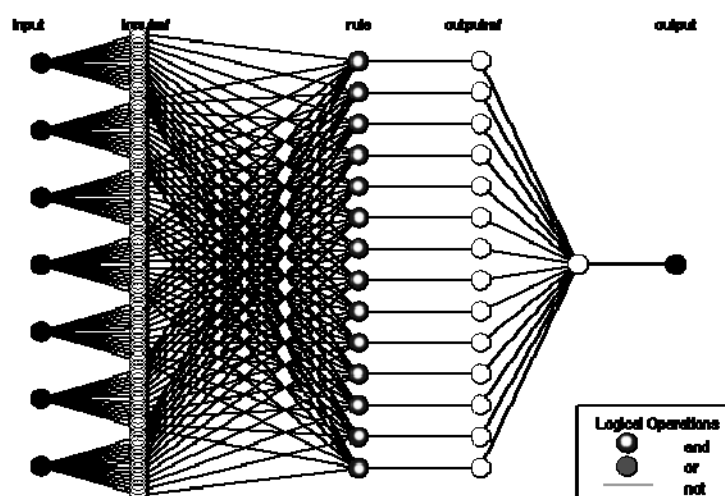
این ویژگی‌ها از شبیه‌ساز استخراج و به عنوان ورودی سیستم در نظر گرفته می‌شوند. مقادیر میانگین و واریانس تاخیر لحظه‌ای، میانگین و واریانس اختلاف فاصله خودروی پیشرو و پیرو از طول دو خودرو، میانگین و واریانس چگالی غیرایمن و میانگین زمان تا برخورد به عنوان ورودی به شبکه فازی-عصبی تطبیقی اعمال شده‌اند. برای تشخیص رانندگی، رانندگان سالم و معتاد به مت‌آفتمین، خروجی سیستم برای رانندگان سالم عددی تصادفی در بازه صفر و ۱ انتخاب شد و برای رانندگان معتاد به مت‌آفتمین عددی تصادفی در بازه ۳ و ۴ در نظر گرفته شد. داده‌های ورودی با توجه به اینکه، اگر مقدار خروجی تخمین زده شده توسط سیستم بزرگتر یا مساوی ۲ باشد در گروه افراد معتاد به مت‌آفتمین و در غیر این صورت در گروه افراد سالم طبقه‌بندی شدند. شکل (۳) نمای کلی از سیستم فازی-عصبی تطبیقی طراحی شده و شکل (۴) تعداد لایه‌های این شبکه را نشان می‌دهد.



شکل ۲- روش گرافیکی جهت تخمین زمان عکس‌العمل راننده



شکل ۳- نمای کلی از سیستم فازی-عصبی تطبیقی طراحی شده



شکل ۴- نمایش تعداد لایه‌های شبکه فازی-عصبی تطبیقی طراحی شده

سیستم پیشنهادی با بررسی ورودی‌های دریافتی تغییرات موجود در رفتار رانندگان را تشخیص داده و می‌تواند رانندگان سالم و معتاد به مت‌آمفتامین را از هم جدا کند. در گام بعدی عملکرد سیستم طراحی شده بصورت راننده در حلقه و با استفاده از یک سامانه شبیه‌ساز رانندگی اعتبارسنجی می‌شود. با استفاده از سامانه شبیه‌ساز رانندگی ویژگی‌های مورد نظر هر یک از رانندگان ثبت و رفتار رانندگی آنها قابل بررسی و تحلیل می‌باشد. در بخش بعدی به معرفی سامانه شبیه‌ساز رانندگی مورد استفاده در این مقاله پرداخته می‌شود.

## ۲-۲- سامانه شبیه‌ساز رانندگی

شبیه‌سازها بخشی از علم واقعیت مجازی هستند که کاربر را در محیط مجازی قرار می‌دهند و احساس حضور در محیط واقعی را برای او ایجاد می‌کنند. با استفاده از شبیه‌سازهای رانندگی، کاربر در معرض یک محیط شبیه‌سازی شده قرار می‌گیرد و در عین حال امکان گرفتن ورودی از کاربر و دادن بازخورد را نیز برای او فراهم می‌سازد، به طوری که احساس حضور در محیط واقعی به او دست خواهد داد. احساس حضور در محیط واقعی به وسیله تعامل کاربر با محیط و غوطه‌ور شدن در آن ایجاد می‌گردد [۱۶]. در این مقاله برای شبیه‌سازی رفتار تعقیب خودرو از شبیه‌ساز رانندگی نصیر استفاده شده است که در ادامه به معرفی آن پرداخته می‌شود. شکل (۵) نمای کلی شبیه‌ساز رانندگی نصیر را نشان می‌دهد.



شکل ۵- نمای کلی شبیه‌ساز رانندگی نصیر [۱]

شبیه‌ساز رانندگی اسکانیا BI 301 Full امکان رانندگی مجازی را فراهم می‌کند و دارای مشخصات زیر می‌باشد.

- اتاق و بدنه کامل تا پشت سر راننده شامل داشبورد، آمپرهای، صندلی راننده، کمر بند ایمنی، فرمان، دکمه‌های دنده خودکار، کلیدهای باز و بست درها، ترمز دستی، شیشه‌ها، درب بادی ورودی مسافر و راننده و غیره
- صندلی بادی نیرویی جهت بازخورد<sup>۱</sup> نیروی عمودی وارده به راننده
- فرمان نیرویی جهت بازخورد گشتاور فرمان روی دست کاربر (شامل یک عدد موتور AC، درایور موتور و سیستم اندازه‌گیری گشتاور)
- پدال‌های گاز و ترمز به همراه سنسورهای موقعیت پدال
- عقربه‌های سرعت‌سنج، دورسنج موتور، درجات آب، سوخت و سایر چراغ‌ها و نمایش‌گرهای پنل
- کامپیوتر کنترلر، کارت‌های I/O، مدارهای واسط الکتریکی و الکترونیکی
- مکانیزم سکوی متحرک با ۴ درجه آزادی حرکت طولی، حرکت عمودی صندلی راننده، حرکت زاویه-ای شیب<sup>۲</sup> و حرکت زاویه‌ای غلت<sup>۳</sup>
- کلیدهای خودکار<sup>۴</sup> قطع اضطراری جریان برق موتورهای مکانیزم حرکت
- مدل دینامیکی خودروی واقعی (۵ و ۱۴ درجه آزادی)، شامل رفتارهای خودرو و محاسبه به هنگام معادلات دیفرانسیل
- مدل گرافیکی خیابان‌های ایران به همراه عابرین پیاده و سایر خودروها
- دسترسی به اعداد خروجی محاسبات و قابلیت تعریف توابع ریاضی و پیاده‌سازی اطلاعات مانور

<sup>1</sup> Feedback

<sup>2</sup> Pitch

<sup>3</sup> Roll

<sup>4</sup> Micro Switch



- سیستم نمایش شامل یک عدد پرده تخت چسبیده به شیشه جلو راننده به همراه یک عدد ویدیو پروژکتور با تابش از جلو در داخل اتاق، یک عدد پرده نمایش تخت در سمت چپ راننده با قابلیت تنظیم زاویه به همراه یک عدد ویدیو پروژکتور با تابش از جلو در بیرون اتاق، یک عدد پرده نمایش تخت در سمت راست راننده و چسبیده به در با قابلیت باز و بست به همراه یک عدد ویدیو پروژکتور با تابش از جلو در داخل

متغیرهای اندازه‌گیری شده در شبیه‌ساز شامل سیگنال‌های الکتریکی پدال‌های گاز و ترمز، سیگنال مربوط به انکودر موقعیت فرمان، موقعیت، سرعت و شتاب طولی و عرضی اتوبوس و خودروی پیشرو، تغییرات Yaw اتوبوس و زمان می‌باشد.

## ۲-۳- طراحی سناریو تعقیب خودرو

برای استخراج اطلاعات رانندگی، نیاز به طراحی یک سناریوی تعقیب خودرو است تا رانندگان با قرار گرفتن در آن سناریو به تعقیب خودروی پیشرو بپردازند. سناریوی طراحی شده به گونه‌ای می‌باشد که راننده باید در یک خیابان دومسیره با وجود ساختمان‌های اطراف و در شرایطی که هیچ‌گونه ترافیکی وجود ندارد، خودروی مجازی پیشرو را تعقیب کند شکل (۶) ساختمان‌های اطراف برای ایجاد درک درستی از سرعت تعبیه شده‌اند. سرعت خودروی مجازی پیشرو بر اساس سه موج سینوسی تغییر می‌نماید و فرکانس‌های تغییرات سرعت بر اساس استاندارد به صورت  $0.033$ ،  $0.083$  و  $0.117$  هرتز می‌باشند. ضمناً دامنه‌های متحد با این موج‌های سینوسی به صورت  $6$ ،  $4$  و  $3$  کیلومتر بر ساعت می‌باشند. سه موج سینوسی برای شبیه‌سازی رفتار غیرقابل پیش‌بینی خودروی مجازی پیشرو در نظر گرفته شده است.

در شروع هر آزمایش رانندگان بایستی تقریباً  $5$  ثانیه و به اندازه‌ی طول دو خودروی سواری عقب‌تر از ماشین مجازی پیشرو حرکت نمایند. همچنین این سه موج سینوسی در سه فاز مختلف از یکدیگر می‌باشد.

$$V_{LV} = 12 + 6\sin(2\pi * 0.033t) + 4\sin(2\pi * 0.083t - \pi/5) + 3\sin(2\pi * 0.117t - \pi/10) \quad (1)$$



شکل ۶- سناریوی تعقیب خودرو از نمای داخل اتوبوس [۱]

با استفاده از پرسشنامه ارزیابی شدت اعتیاد (ASI<sup>۱</sup>)، اعتیاد رانندگان به مواد محرک بررسی شد. با بررسی خوداظهاری رانندگان و شواهد جسمانی آنها توسط متخصص، رانندگان از نظر اعتیاد به دو گروه معتاد به مواد محرک و سالم دسته‌بندی شدند. رانندگان مورد نظر این تحقیق، از این که نحوه‌ی رانندگی‌شان به عنوان پایگاه داده در این مقاله استفاده می‌شود مطلع نبودند؛ بدین ترتیب آزمایش‌های تحقیق به صورت یک سو کور<sup>۲</sup> انجام شدند. پس از حضور در آزمایشگاه در روز مقرر، راننده داوطلب به سؤالات مندرج در فرم پرسشنامه شامل سؤالاتی در خصوص مشخصات دموگرافی، سوابق پزشکی، پرسشنامه اختلالات خواب، پرسشنامه پرخاشگری راننده و سوابق رانندگی که توسط مسئول آزمایش از او پرسیده می‌شود، پاسخ داد. لازم به ذکر است که نتایج آزمایش رانندگی افراد سالم به عنوان اطلاعات مرجع، بیانگر الگوی رانندگی عادی هر راننده می‌باشد. به دلیل تاثیری که منع مصرف نیکوتین و کافئین ممکن است روی سیستم عصبی افراد داشته باشد، رانندگان از نوشیدن چای و کشیدن سیگار در مدت زمان آزمایش منع نمی‌شوند.

دستورالعمل و نکات لازم جهت استفاده از شبیه‌ساز توسط اپراتور دستگاه برای راننده توضیح داده می‌شود، پس از این توضیحات فرد مورد نظر به مدت ۲۰ دقیقه با دستگاه شبیه‌ساز رانندگی می‌کند. در این مدت فرد مهارت لازم جهت کنترل وسیله نقلیه در محیط مجازی را به دست آورده، و هیجانات ناشی از نخستین تجربه رانندگی وی با شبیه‌ساز رانندگی کاسته می‌شود. جاده‌ی مجازی که رانندگان در مرحله‌ی قلق‌گیری رانندگی خواهند کرد با جاده‌ی آزمایش اصلی متفاوت خواهد بود. همچنین در طول این مدت وضعیت سلامت وی از حیث عوارض احتمالی ناشی از کار با شبیه‌ساز مانند حالت تهوع، سر درد و غیره توسط کارشناس مربوطه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

در تمام مدت آزمایش بر روی شبیه‌ساز عملکرد راننده توسط دو دوربین که یکی در جلوی راننده و دیگری در جلو و سمت راست او قرار دارد (که اولی به صورت نمای بسته و دومی به صورت نمای باز از راننده فیلم‌برداری می‌کند) ضبط می‌شود. برخلاف تحقیق‌های انجام شده قبلی که از افراد سالم یک بار در حالت مصرف آمفتامین و یک بار در حالت عادی آزمایش رانندگی گرفته می‌شد، افراد مورد آزمایش این تحقیق به دو دسته سالم و معتاد به ماده آمفتامین تقسیم شدند. از دسته سالم به تعداد ۱۶ نفر (میانگین سال ۳۸.۱۷ و گستره ۳۲ تا ۴۴ سال) و از دسته معتاد به تعداد ۶ نفر (میانگین ۴۰ سال و گستره ۳۳ تا ۴۵ سال) مورد آزمایش قرار گرفته‌اند.

## ۲-۳- مدل GHR

برای اینکه بتوان عملکرد سیستم فازی-عصبی تطبیقی طراحی شده را بررسی کرد، عملکرد آن در جداسازی اطلاعات رانندگان سالم و معتاد به مت‌آمفتامین با یک مدل رفتار ترافیکی مقایسه می‌شود. در این بخش به معرفی مدل رفتار ترافیکی GHR پرداخته می‌شود.

مدل GHR یکی از معروف‌ترین مدل‌های محرک-پاسخ می‌باشد و همچنین یکی از پرکاربردترین مدل‌ها است که تحلیل‌های مختلفی بر روی آن انجام می‌شود [۱۷]، بر این اساس در این مقاله از مدل GHR جهت

<sup>۱</sup> Addiction Severity Index

<sup>۲</sup> Single Blind

بررسی داده‌های انتخاب شده استفاده و با آن به جداسازی رانندگان سالم و معتاد به مت‌آمفتامین پرداخته می‌شود. در این مدل فرض می‌شود که شتاب خودروی پیرو متناسب با محرک یعنی نرخ نزدیک شدن آن به خودروی جلویی (یا همان اختلاف سرعت) است. اساس هر مدل GHR به صورت رابطه (۲) است [۹].

$$\text{response}(t + \tau_n) = \text{sensitivity}(t) \times \text{stimulus}(t) \quad (2)$$

که در آن  $\tau_n$  زمان واکنش راننده شامل زمان درک محرک<sup>۱</sup> و زمان عکس‌العمل نسبت به محرک است. در این مدل فرض می‌شود که شتاب خودروی تعقیب‌کننده، متناسب با محرک یعنی اختلاف سرعت دو خودرو است. مدل تعقیب خودرو توسعه داده شده در [۱۸] که به عنوان مدل غیرخطی GHR شناخته می‌شود، به صورت رابطه (۳) می‌باشد.

$$a_n(t) = \alpha \times ((v_n(t))^\beta / (\Delta x_n(t - \tau_n)))^\gamma \times \Delta V_n^{\text{front}}(t - \tau_n) \quad (3)$$

$v_n$  سرعت خودروی پیرو،  $\Delta x$  و  $\Delta v$  اختلاف فاصله و سرعت بین دو خودروی پیرو و پیشرو و  $\alpha$ ،  $\beta$  و  $\gamma$  پارامترهای مدل هستند. حساسیت متناسب با سرعت به توان  $\beta$  و معکوس فاصله بین دو خودرو به توان  $\gamma$  است. پارامتر  $\alpha$  ثابت می‌باشد و سرعت نسبی بین دو خودرو به عنوان محرک در نظر گرفته می‌شود. باید توجه نمود که یک خودرو ممکن است در مد تعقیب خودرو یا مد جریان آزاد<sup>۲</sup> قرار بگیرد، مد تعقیب خودرو هنگامی است که فاصله زمانی بین دو خودرو<sup>۳</sup> از یک آستانه<sup>۴</sup>، مثلاً ۱۰ ثانیه کمتر باشد، و مد افزایش سرعت جریان آزاد زمانی به کار برده می‌شود که راننده سعی در رسیدن به سرعت مطلوب دارد و خودروی پیشرو را تعقیب نمی‌کند [۱۰]. با توجه به این مطلب، تنها بخشی از داده‌های گرفته شده از شبیه‌ساز رانندگی اتوبوس که دقیقاً رفتار تعقیب خودرو را دنبال می‌کنند، جهت تحلیل برگزیده شده‌اند.

### ۳- بررسی نتایج

برای بررسی رفتار رانندگان سالم و معتاد، ویژگی‌های مختلف خطا در رانندگی آنها محاسبه می‌شود. برای این منظور، رانندگان در شبیه‌ساز قرار گرفته و به رانندگی در سناریو تعقیب خودرو تعریف شده می‌پردازند و داده‌های رانندگی آنها ذخیره می‌شود. داده‌های مورد استفاده در این مقاله مربوط به ۲۲ راننده اتوبوس می‌باشد که از این ۲۲ راننده، ۱۶ راننده سالم و ۶ راننده معتاد به مواد محرک مت‌آمفتامین هستند. جدول (۱) و (۲) ویژگی‌های استخراج شده از سناریوی تعقیب خودرو برای رانندگان سالم و معتاد به مواد محرک مت-آمفتامین را نشان می‌دهد. با توجه به جداول زیر، رانندگان معتاد به مواد محرک فاصله زمانی و طولی کم تری نسبت به رانندگان سالم داشتند. تاخیر عکس‌العمل لحظه‌ای در رانندگان معتاد به مت‌آمفتامین نسبت به رانندگان سالم بیشتر است، در صورتی که در کارهای مشابه با در نظر گرفتن تاخیر عکس‌العمل ثابت برای هر راننده مقادیر آن کمتر و یا برابر با مقدار تاخیر عکس‌العمل ثابت در افراد سالم بود. هرچه مقدار تاخیر عکس‌العمل بیشتر باشد، راننده نسبت به محیط با تاخیر واکنش نشان می‌دهد و احتمال تصادف بیشتر است.

<sup>1</sup> Stimulus

<sup>2</sup> Free Flow

<sup>3</sup> Headway Time

<sup>4</sup> Threshold

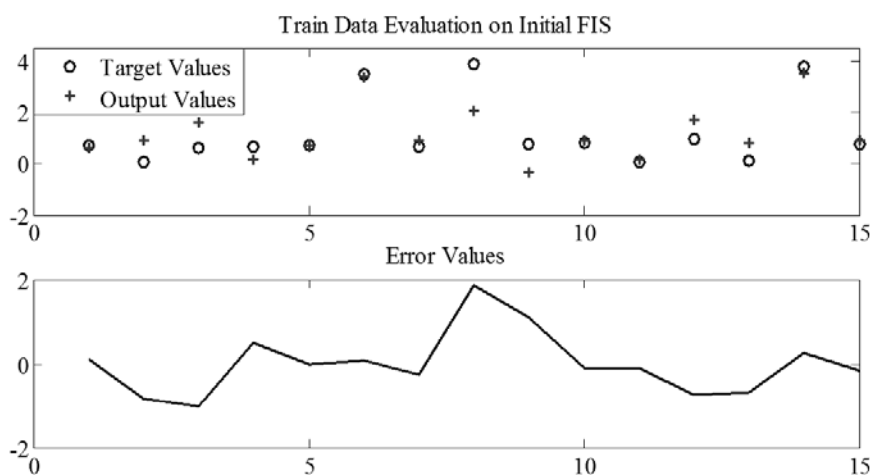
**جدول ۱- مقادیر ویژگی‌ها در سناریو تعقیب خودرو برای رانندگان سالم**

ویژگی	میانگین	انحراف معیار
میانگین فاصله زمانی (S)	۲۸/۰۲	۳/۶۵
میانگین فاصله (m)	۵۲/۷	۷/۶
میانگین چگالی غیرایمن ( $m^2/s^2$ )	۰/۸۱	۰/۲۸
میانگین تاخیر لحظه‌ای (S)	۱/۱۷	۰/۲۸
میانگین زمان تا برخورد (S)	۱۷۸/۰۷	۰/۵۷

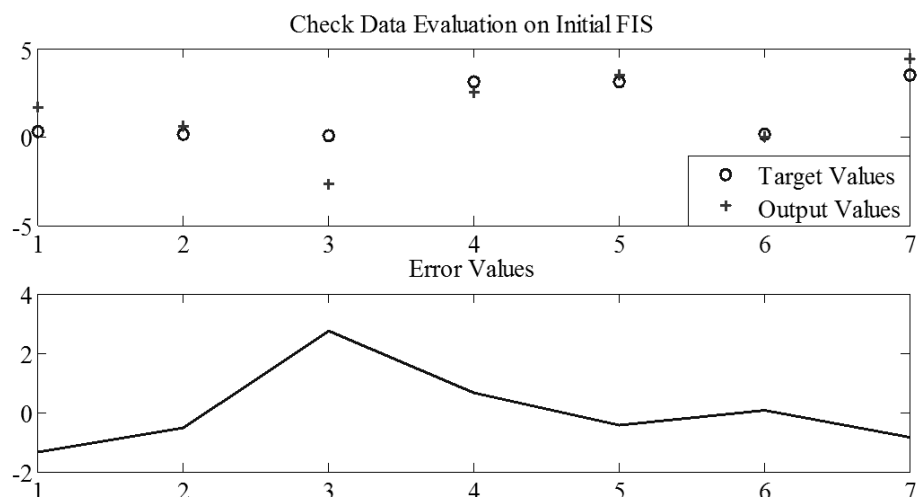
**جدول ۲- مقادیر ویژگی‌ها در سناریو تعقیب خودرو برای رانندگان معتاد به مت‌آمفتامین**

ویژگی	میانگین	انحراف معیار
میانگین فاصله زمانی (S)	۲۱/۸۵	۸/۲۲
میانگین فاصله (m)	۲۹/۷۴	۱۴/۵
میانگین چگالی غیر ایمن ( $m^2/s^2$ )	۰/۶۸	۰/۱۴
میانگین تاخیر لحظه‌ای (S)	۱/۲۹	۰/۲۲
میانگین زمان تا برخورد (S)	۲۰۳/۵	۱/۳۳

برای بررسی عملکرد سیستم فازی- عصبی تطبیقی طراحی شده، از ۲۲ داده ورودی، ۱۵ داده جهت آموزش و ۷ داده جهت اعتبار سنجی استفاده شد. خروجی سیستم طراحی شده به ازای داده‌های آموزش و تست در شکل‌های (۷) و (۸) نشان داده شده است.



**شکل ۷- خروجی سیستم فازی- عصبی تطبیقی به‌ازای داده‌های آموزش**



شکل ۸- خروجی سیستم فازی-عصبی تطبیقی به‌ازای داده‌های تست

همانطور که در شکل‌های بالا مشاهده می‌شود، در هر دو فرآیند آموزش و اعتبارسنجی، سیستم طراحی شده تمامی داده‌های رانندگانی را که مقادیر عددی آنها از ۲ کوچک‌تر بوده است، جزء افراد سالم شناسایی کرده است و مقادیر عددی بزرگتر از ۲ را به عنوان افراد معتاد، بخوبی شناسایی کرده است. در نهایت، سیستم پیشنهادی رانندگان سالم و معتاد به مت‌آمفتامین را جداسازی کرده و در خروجی نشان می‌دهد. با توجه به شکل‌ها درمی‌یابیم که داده‌های آموزش و اعتبارسنجی به خوبی تشخیص داده شده‌اند. دقت سیستم پیشنهادی ۹۷ درصد می‌باشد، به این معنا که شبکه فازی-عصبی تطبیقی طراحی شده توانایی بسیار بالایی در جداسازی اطلاعات افراد معتاد به آمفتامین از افراد سالم را دارد.

به طور کلی در سیستم‌های دسته‌بندی، برای بررسی میزان موفقیت و کارایی سیستم از ماتریس کانفیوژن استفاده می‌شود. ماتریس کانفیوژن دارای سه معیار حساسیت<sup>۱</sup>، ویژگی<sup>۲</sup> و دقت<sup>۳</sup> است که با استفاده از روابط (۴)، (۵) و (۶) محاسبه می‌شود.

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4)$$

$$Specificity = \frac{TN}{FP + TN} \quad (5)$$

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (6)$$

در روابط بالا؛

TP: برابر است با تعداد افراد معتاد به آمفتامین که سیستم فازی-عصبی تطبیقی طراحی شده آنها را به صورت صحیح معتاد تشخیص داده است.

FP: برابر است با تعداد افراد معتاد به آمفتامین که سیستم فازی-عصبی تطبیقی طراحی شده آنها را به صورت اشتباه سالم تشخیص داده است.

<sup>1</sup> Sensitivity

<sup>2</sup> Specificity

<sup>3</sup> Accuracy

TN : برابر است با تعداد افراد سالم که سیستم فازی-عصبی تطبیقی طراحی شده آنها را به صورت صحیح سالم تشخیص داده است.

FN : برابر است با تعداد افراد سالم که سیستم فازی-عصبی تطبیقی طراحی شده آنها را به صورت اشتباه معتاد به آمفتامین تشخیص داده است.

با محاسبه ماتریس کانفیوژن در نرم افزار MATLAB دقت سیستم ۹۷ درصد بدست می آید.

$$\begin{bmatrix} TP & FN \\ FP & TN \end{bmatrix} \Rightarrow \%97 \quad (7)$$

جهت مقایسه عملکرد سیستم فازی-عصبی تطبیقی پیشنهادی با مدل GHR، ابتدا به ایجاد داده‌های شبیه‌سازی شده می‌پردازیم. بدین صورت که شتاب، سرعت و مکان خودروی پیشرو را توسط روش اویلر اصلاح شده [۱۹]، و رفتار خودروی پیرو را توسط مدل GHR ایجاد می‌کنیم. با فرض اینکه خودروی پیرو در مبدا مختصات قرار دارد و مقدار اولیه‌ی سرعت آن ۸۰ کیلومتر بر ساعت است. مقادیر اولیه مکان و سرعت خودروی پیشرو را به ترتیب ۸۲ کیلومتر بر ساعت و ۱۰ متر در نظر می‌گیریم.

پارامترهای مدل GHR را با توجه به مقادیر بیان شده در مقالات به ترتیب ۰/۷۷۸، ۰/۶۱ و ۰/۷۲۶ و مقدار تاخیر عکس‌العمل را ابتدا ثابت و سپس متغیر در نظر می‌گیریم. همچنین با افزودن نویز به شتاب خودروی پیرو در هر مرحله، به داده‌ها نویز اضافه می‌کنیم. جهت تخمین پارامترهای مدل GHR، از روش حداقل مربعات استفاده شده است. به علت غیر خطی بودن رابطه تعقیب خودروی GHR، ابتدا از طرفین مدل لگاریتم گرفته شد. فرم خطی شده مدل GHR به صورت رابطه (۸) است.

$$\log\left(\frac{a_n(t)}{\Delta V_n^{front}(t-\tau_n)}\right) = \log(\alpha) + \beta \log(v_n(t)) - \gamma \log(\Delta x_n(t-\tau_n)) \quad (8)$$

که  $\log(\alpha)$ ،  $\beta$  و  $(-\gamma)$  به عنوان پارامترهای مدل در نظر گرفته می‌شوند. با استفاده از داده‌های گرفته شده از شبیه‌ساز، نتایج حاصل از روش بهینه‌سازی خطی حداقل مربعات بازگشتی برای مقادیر میانگین ویژگی‌های  $\log(\alpha)$ ،  $\beta$  و  $(-\gamma)$  در گروه رانندگان سالم به ترتیب ۱/۲۱، ۱/۰۲- و ۰/۰۷ و برای گروه رانندگان معتاد به آمفتامین ۱/۳۴، ۱/۱۲- و ۰/۱۸ است. جهت بررسی صحت عملکرد مدل GHR در طول کل زمان رانندگی با شبیه‌ساز، از طول کل زمان رانندگی چند بازه را به صورت تصادفی انتخاب و پارامترهای مدل GHR را در این زیر بازه‌ها تخمین می‌زنیم. نتایج برای برخی از افراد سالم در جدول (۳) و برای برخی از افراد معتاد به مواد آمفتامین در جدول (۴) نمایش داده شده است.

همانطور که مشاهده می‌شود با اعمال بازه‌های زمانی مختلف تخمین‌های متفاوتی از پارامترهای مدل به دست می‌آید. در واقع هر شخصی متناسب با شرایط روحی و موقعیتی که در آن لحظه برایش پیش می‌آید، رفتارهای متفاوتی از خود نشان می‌دهد و از یک مدل ثابت جهت تعقیب خودرو پیروی نمی‌کند. از اینرو مشاهده می‌شود که عملکرد مدل GHR در جداسازی رانندگان سالم و معتاد به مت‌آمفتامین بسیار پایین است.

**جدول ۳- تخمین پارامترها در بازه‌های متفاوت برای برخی از رانندگان سالم**

راننده (نفر)	رکورد	Log ( $\alpha$ )	( $-\gamma$ )	$\beta$
۲	۷۴۶:۱۴۴۲	۱/۱۵	-۰/۳۴	-۰/۹۴
۲	۲۸۴۷:۳۴۷۱	۲/۳۳	۰/۲۵	-۱/۶۷
۲	۴۹۱۴:۵۵۲۱	۵/۲۲	۰/۱۷	-۳/۳۶
۳	۸۳۷:۱۴۱۶	۵/۳۴	۰/۲۸	-۳/۳۹
۳	۳۷۸۱:۴۲۱۴	۳/۵۴	۰/۰۴	-۲/۵۰
۶	۵۷۷:۱۳۸۴	۱/۸۰	۰/۲۷	-۱/۲۸
۶	۲۰۶۲:۲۶۳۱	۱/۶۲	۰/۷۱	-۱/۳۸
۶	۴۷۴۷:۵۴۴۷	۵/۱۵	۱/۲۹	-۳/۴۸

**جدول ۴- تخمین پارامترها در بازه‌های متفاوت برای برخی از رانندگان معتاد به آمفتامین**

راننده (نفر)	رکورد	Log ( $\alpha$ )	( $-\gamma$ )	$\beta$
۲	۳۲۲۳:۴۶۲۴	۲/۸۰	۱/۰۲	-۲/۱۳
۲	۶۰۳۴:۶۶۷۷	-۱/۳۶	-۰/۳۴	۰/۲۸
۲	۷۱۸۴:۷۴۵۷	-۲۱/۳۱	-۱۰/۴۴	۱۳/۰۴
۳	۵۳۳:۱۶۸۷	۴/۱۷	۰/۵۶	-۲/۶۶
۳	۲۸۸۸:۴۵۲۱	۲/۰۹	۰/۱۱	-۱/۴۴
۳	۴۸۷۸:۵۴۷۱	۱/۳۲	۰/۰۳	-۰/۹۶
۳	۶۸۳۱:۷۴۹۷	۶/۵۰	۰/۳۷	-۳/۸۰
۴	۱۰۱۴:۲۲۵۶	۰/۷۴	۰/۰۶	-۰/۵۹
۴	۳۰۸۱:۴۸۳۴	۲/۸۶	۰/۳۵	-۱/۹۷
۴	۶۵۲۷:۷۲۳۱	۳/۴۰	۰/۲۵	-۲/۳۴

#### ۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله یک سیستم فازی-عصبی تطبیقی جهت جداسازی اطلاعات رانندگان معتاد به مواد آمفتامین از رانندگان سالم ارائه شد. مقادیر ویژگی‌های میانگین و واریانس تاخیر لحظه‌ای، میانگین و واریانس اختلاف فاصله خودروی پیشرو و پیرو از طول دو خودرو، میانگین و واریانس چگالی غیرایمن و میانگین زمان تا برخورد به عنوان ورودی شبکه در نظر گرفته شد. افراد مورد آزمایش در این مقاله رانندگان حرفه‌ای اتوبوس بوده‌اند. برای کنترل و ایجاد شرایط یکسان در رانندگی از شبیه‌ساز رانندگی اتوبوس اسکانیا نصیر جهت آزمایش افراد استفاده شد.

متغیرهای اندازگیری شده در شبیه‌ساز شامل سیگنال‌های الکتریکی پدال‌های گاز و ترمز، سیگنال مربوط به انکودر موقعیت فرمان، موقعیت، سرعت و شتاب طولی و عرضی اتوبوس و خودروی پیشرو، تغییرات Yaw اتوبوس و زمان می‌باشد. سناریوی مورد نظر جهت رانندگی بر روی شبیه‌ساز سناریوی تعقیب خودرو بود، علت انتخاب این سناریو فراگیر بودن رفتار تعقیب خودرو در رانندگی واقعی می‌باشد. ویژگیهای استخراج شده از متغیرها براساس شاخص‌های ایمنی در رانندگی بوده است. با توجه به اینکه مدل GHR در بسیاری از تحلیل‌های رفتار رانندگی مورد استفاده قرار می‌گیرد، در این مقاله برای مقایسه عملکرد سیستم طراحی شده با کارهای قبلی از این مدل استفاده شده است. مقدارهای متفاوتی که در بازه‌های مختلف برای پارامترهای ثابت مدل GHR بدست آمد، گویای عدم برقراری مدل در طول کل مسیر رانندگی است. در واقع هر راننده با توجه به شرایطی که در آن لحظه برایش پیش می‌آید و همچنین ویژگیهای شخصیتی‌اش رفتارهای متفاوتی را در طول رانندگی انجام می‌دهد. با توجه به اینکه تفاوت واضحی در بین مقادیر ویژگی‌های افراد سالم و معتاد به آمفتامین مشاهده نشد، اما نتایج نشان می‌دهند که مدل فازی-عصبی تطبیقی پیشنهادی بخوبی اطلاعات افراد معتاد به آمفتامین را از افراد سالم جدا می‌کند. از سیستم ارائه شده می‌توان در توسعه سیستم‌های همیار در رانندگی، توسعه سیستم‌های ایمنی و هوشمند سازی خودروها استفاده کرد.

### تقدیر و تشکر

از اعضای آزمایشگاه واقعیت مجازی دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی به‌ویژه افشین جمشیدی، حسین ناصری، رضا هژبرالساداتی، محمدرضا آشوری و دریا صادقی طهران تشکر می‌شود. از اعضای جمعیت احیای انسانی (کنگره ۶۰) و بخصوص جناب آقای مهندس حسین دژاکام قدردانی می‌گردد.

### مراجع

- [1] پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تیموری، سمیرا، "تحلیل و آزمایش اثرات مصرف مواد محرک آمفتامین بر عملکرد راننده در شبیه‌ساز رانندگی با استفاده از منطق فازی"، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مهندسی برق، (۱۳۹۱).
- [2] پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دهقانزاده سورکی، احمد، "تحلیل تاثیر مواد محرک آمفتامین بر رفتار رانندگی با استفاده از ترکیب اطلاعات حسگرهای پایش راننده و خودرو به کمک شبیه‌ساز رانندگی اتوبوس"، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مهندسی برق، (۱۳۹۱).
- [3] Wang, J., Liu, R.H., and Montgomery, F., "Car-following Model for Motorway Traffic", Transportation Research Record, Vol. 1934, pp. 33-42, (2005).
- [4] رساله دکتری، خدایاری، علیرضا، "طراحی سیستم کنترل هوشمند تعقیب خودرو مبتنی بر تأخیر لحظه‌ای رفتار راننده و خودرو"، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مهندسی مکانیک، تابستان (۱۳۹۱).
- [5] Ranney, T.A., "Psychological Factors that Influence Car-following and Car-following Model Development", Transp. Res., Part F: Traffic Psychol. Behav., Vol. 2, No. 4, pp. 213-219, (1999).



- [6] Brookhuis, K.A., Waard, D., and Samyn, N., "Effects of MDMA (ecstasy) and Multiple Drugs use on (Simulated) Driving Performance and Traffic Safety", *Journal of Psychopharmacology*, Vol. 173, No. 3, pp. 440-445, (2004).
- [7] Dastrup, E., Lees, M.N., Bechara, A., Dawson, J.D., and Rizzo, M., "Risky Car Following in Abstinent Users of MDMA", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 42, pp. 867-873, (2010).
- [8] Stough, C., Downey, L.A., King, R., Papafotiou, K., Swann, P., and Ogden, E., "The Acute Effects of 3, 4 Methylen Edioxy Methamphetamine and Methamphetamine on Driving: A Simulator Study", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 45, pp. 493-497, (2012).
- [9] May, A., "*Traffic Flow Fundamentals*", Prentice-Hall, Inc, New Jersey, (1990).
- [10] Hayward, J.C., "Near-Miss Determination through use of a Scale of Danger", 51st Annual Meeting of the Highway Research Board, Washington District of Columbia, United States, No. 384, (1972).
- [11] Barcelo, J., Manter, L., Peranav, J., and Torday, A., "Safety Indictors for Micro Simulation Based Assessments", In 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., USA, (2003).
- [12] Ma, X., and Andreasson, I., "Driver Reaction Time Estimation for Real Car-following Data and Application in GM-Type Model Evaluation", The 85th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington D.C., USA, (2006).
- [13] Ranjitkar, P., Nakatsuji, T., and Kawamura, K., "Experimental Analysis of Car-following Dynamics and Traffic Stability", *Transportation Research Record*, Vol. 1934, pp. 22-32, (2005).
- [14] Sarutipand, P., Sano, K., Nakatsuji, T., and Minh, C.C., "Nonlinear Car-following Models Incorporation Second Leading Car and Excess Critical Speed", *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 5, pp. 1101-1108, October, (2003).
- [15] Khodayari, A., Ghaffari, A., Kazemi, R., and Braunstingl, R., "A Modified Car-following Model Based on a Neural Network Model of the Human Driver Effects", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A Systems and Humans*, Vol. 42, No. 6, pp. 1440-1449, (2012).
- [16] <http://www.drivingSimulator.ir>
- [17] Ossen, S., and Hoogendoorn, S.P., "Car-following Behavior Analysis from Microscopic Trajectory Data", *Transportation Research Record*, No. 1934, pp. 13-21, (2005).
- [18] Gazis, D.C., Herman, R., and Rothery, R.W., "Nonlinear Follow-the-leader Models of Traffic Flow", *Operations Research*, Vol. 9, No. 4, pp. 545-567, (1961).
- [19] Pytel, A., and Kiusalaas, J., "*Engineering Mechanics: Dynamics*", Second Edition, Brooks/ Cole Publishing Company, (1999).

## فهرست نمادهای انگلیسی

شتاب خودروی پیرو در فرآیند تعقیب خودرو	: $a_n(t)$
سرعت خودرو پیشرو در فرآیند تعقیب خودرو	: $V_{LV}$
سرعت خودروی پیرو در فرآیند تعقیب خودرو	: $v_n$
اختلاف فاصله بین دو خودروی پیرو و پیشرو	: $\Delta x$
سرعت بین دو خودروی پیرو و پیشرو	: $\Delta v$
پارامترهای مدل GHR	: $\alpha, \beta, \gamma$

## Abstract

In recent years, consumption of stimulant substances compared to alcohol and drugs has been very popular, but still vast investigation on the impact of the stimulant substance abuse on the driving behavior has not been conducted. This article provides a method to identify the behavior of drivers that have used amphetamines. In this method, 16 healthy professional Scania bus drivers and as many as 6 drivers addicted to amphetamines in the Nasir Scania bus driving simulator have been examined and performed practical tests. The scenario chosen for the driving in the simulator was of the "car following" type. In order to analyze the behavior of healthy drivers and the ones addicted to amphetamines, the delay time for each driver and some other safety factors such as the time to collision, THDW, unsafe density, and also the longitudinal distances between the leading and the following car were collected using variables taken from the driving simulator. Then an adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS) has been designed to separate information for healthy people and addicted to amphetamines. Finally, the driving behavior evaluated using GHR model and the then compared to the performance of the designed ANFIS system. The result shows that the designed ANFIS system has a performance much better than GHR model and can distinguish between the amphetamines addicted drivers and healthy one and identify them with the accuracy of 97%.