

## تعیین سیکل رانندگی به روش مونت کارلو به منظور بررسی تناسب خودرو با کاربری آن

حمیده رضوی، استادیار، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

E-mail: h-razavi@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۱

### چکیده

سیکلهای رانندگی اغلب به منظور بررسی آلاینده‌های خروجی، مصرف سوخت و سایر استانداردهای عملکردی خودرو تهیه می‌شوند. در این تحقیق، هدف از ایجاد سیکل رانندگی، بررسی تناسب قدرت موتور احتراقی با کاربری خودرو است. به این منظور روش جدیدی بر مبنای شبیه‌سازی مونت کارلو و داده‌های واقعی سرعت خودرو توسعه داده شده است. در الگوریتم پیشنهادی تجمیع داده، ابتدا داده‌های واقعی از نظر تعداد ماهواره‌های مرتبط، ارزیابی شده و سپس از فیلتر هموارسازی موزون محلی عبور می‌کنند. پس از تفکیک داده‌های نامتجانس و رفع نویز، توزیع آماری داده‌ها با استفاده از نمودار احتمال و معیار حداکثر درستی‌شناسایی شده و توزیع سرعت و شتاب بر اساس رابطه جبری بین آنها مشخص می‌گردد. سپس با استفاده از روش مونت کارلو، شتاب خودرو در بازه‌های زمانی مورد نظر شبیه‌سازی شده و توزیع همزمان سرعت-شتاب به دست می‌آید. سیکل به دست آمده در مقایسه با داده‌های واقعی سرعت و شتاب، خطای ناچیزی داشته و قابل اطمینان است. با استفاده از این سیکل، متوسط و حداکثر سرعت و شتاب حرکت به دست آمده و بر مبنای آن، نیروی محرکه مورد نیاز محاسبه می‌شود. به این ترتیب، می‌توان تناسب طراحی خودرو با کاربری آن را سنجید. در این پژوهش که بر روی تاکسیهای خطی نمونه در شهر مشهد انجام گرفته است، پس از جمع‌آوری داده‌های واقعی سرعت، با استفاده از روش مونت کارلو، توزیع همزمان سرعت-شتاب به دست آمده است. بر اساس نتایج حاصل، حداکثر قدرت موتور لازم در کاربری واقعی به مراتب کمتر از پیشینه قدرت طراحی بوده و نشانگر عدم تناسب نوع خودرو با کاربری آن است.

واژه‌های کلیدی: سیکل رانندگی، روش مونت کارلو، شبیه‌سازی، نیروی محرکه خودرو

## ۱. مقدمه

در این پژوهش هدف شماره ۲ تغییر یافته و به این صورت دنبال می شود که: آیا خودروهایی که به کاربری خاصی مثلا تاکسیرانی شهری اختصاص می یابند، در عمل با سیکلهای رانندگی مربوطه متناسب هستند یا خیر؟ بنابراین، پژوهش حاضر از نظر تعیین خودروی هدف و تاکید بر طراحی نیروی محرکه آن از تحقیقات و روشهای قبلی متمایز است.

پارامترهای اصلی که مستقیما از یک سیکل رانندگی قابل استخراج بوده و برای بررسیهای فوق بکار می روند عبارتند از:

۱. میانگین سرعت خودرو در سفرهای کوتاه
۲. میانگین شتاب مثبت و منفی خودرو در سفرهای کوتاه
۳. حداکثر سرعت خودرو در سفرهای کوتاه
۴. حداکثر شتاب مثبت و حداکثر شتاب منفی خودرو در سفرهای کوتاه
۵. نسبت زمانی مودهای مختلف توقف، شتاب مثبت، شتاب منفی و حرکت
۶. متوسط طول مسیر در سفرهای کوتاه

[Li, et. al. 2007, Jamshidi and Ashtari, 2003]

به این منظور پس از ایجاد سیکل رانندگی مناسب، پارامترهای ۱ تا ۴ محاسبه شده و نتیجه گیری انجام می شود. باید توجه شود که استخراج پارامترها از سیکل توسعه داده شده با توجه به پردازش آماری آن کاملا مستدل بوده و پارامترهای دیگر نیز بسته به نیاز مسئله قابل استخراج است. در این مقاله، پس از توضیح کلیات نحوه جمع آوری داده ها، الگوریتم جدیدی برای تجمیع داده ها توسعه داده شده است. بر این اساس، داده های واقعی پس از رفع نویز برای تعیین توزیع سرعت و شتاب مورد استفاده قرار می گیرند. سپس با استفاده از این توزیع و بکار بردن روش مونت کارلو، مقادیر شتاب شبیه سازی شده و توزیع همزمان سرعت - شتاب به دست می آید. بنابراین بررسی تطابق نیروی محرکه خودرو با نیازهای سیکل رانندگی مربوطه انجام پذیر است. تمام مراحل این تحقیق بر روی داده های واقعی حاصل از مطالعه موردی در پیوست مقاله پیاده سازی شده و نتایج متناظر به طور خلاصه ارائه شده است.

سیکل رانندگی<sup>۱</sup> یک الگوی استاندارد شده حرکت برای وسیله نقلیه است که با جداول سرعت-زمان توصیف می شود. [ISO Technical Committee, 1999] از آنجا که در هر بازه زمانی کوتاه، سرعت خطی است، بنابراین توان مکانیکی بر حسب زمان قابل محاسبه خواهد شد. سیکلهای رانندگی استاندارد به دو دسته کلی گذرا<sup>۲</sup> و مودال<sup>۳</sup> تقسیم می شوند. سیکلهای گذرا یا لحظه ای در بردارنده تغییرات مکرر سرعت بوده و به رانندگی واقعی در خیابانها نزدیک ترند، حال آنکه سیکلهای مودال، مسیرهای طولانی تری را با سرعت ثابت در بر می گیرند. مودهای مختلف در یک سیکل مودال شامل توقف، شتاب مثبت، حرکت و شتاب منفی یا ترمز است که در بازه های زمانی متوالی تکرار می شود. از جمله سیکلهای گذرا، به سیکل امریکایی FTP75 و اروپایی HAYZEM و از سیکلهای مودال به سیکلهای اروپایی NEDC و ژاپنی Mode 10-15 می توان اشاره کرد که در تحقیقات متعددی بکار گرفته شده است. [Andre, 1996, Tong et. al., 1999, Haan et. al., 2001 and Tzirakis et al. 2006]. سیکل رانندگی که برای شهر تهران توسعه یافته مشابه سیکل گذرای FTP است که به دلیل عمومی بودن و توجه نکردن به نوع خودرو و کاربری آن، مانند سایر سیکلهای عمومی از دقت کافی برخوردار نیست [Montazeri and Naghi-zadeh, 2007].

عوامل متعددی در سیکلهای رانندگی اثرگذارند که از آن جمله می توان به نوع و وضعیت خودرو، ترافیک مسیر و شرایط آب و هوایی در روزها و ساعات مختلف و همچنین الگوی رفتاری راننده اشاره کرد [Kulkarni, 2009, Houh Lee et. al., 2010]. سیکلهای رانندگی استاندارد معمولا به دو منظور اصلی زیر ایجاد می شوند:

۱. برای تعیین شاخصهای آلایندهی هوا و مصرف سوخت وسائط نقلیه در سطح محلی و ملی
۲. به صورت ابزار کنترل و صحنه گذاری در طراحی و تولید خودروهای جدید

## ۲. متدولوژی

سیکلهای رانندگی موجود که اغلب برای شهرهای بزرگ دنیا توسعه یافته اند، برای توسعه منحنی های حرکت - زمان، فقط از داده های واقعی استفاده می کنند. این روش نه تنها نیاز به داده های واقعی در حجم بسیار زیاد و پردازش سنگین دارد، بلکه اعتماد به نتایج را به دلیل شرایط خاص نمونه گیری و عوامل خارجی و اکتسابی در جمع آوری داده ها کم می کند. [Rodriguez, 2003] و [Tong, et. al., 1999, Kulkarni, 2009 and Lee, et. al. 2010] از سوی دیگر، برخی روشهای متداول در توسعه یک سیکل رانندگی الگو مبتنی بر هموارسازی و ترکیب ساده سیکلهای مصنوعی سرعت و شتاب و یا ترکیب وزنی مودهای عملیاتی خودرو مانند ترمزگیری و شیب مثبت است [Rodriguez, 2003]. حال آنکه در این تحقیق، داده های واقعی مبنای قرار گرفته و از ایجاد سیکلهای کاملاً مصنوعی و انتزاعی خودداری شده است.

بر اساس توضیحات فوق، در این تحقیق از متدولوژی جدیدی برای ایجاد سیکل رانندگی استفاده می شود. به این منظور، شبیه سازی با استفاده از روش مونت کارلو به عنوان مبنای روش جمع آوری داده های واقعی به منظور صحنه گذاری آن برگزیده شده است. روش کار به این صورت است که با پیروی از الگوریتم تجمیع داده پیشنهادی و با بکارگیری داده های واقعی پروفایل سرعت، شتاب و توزیع مستقل آن شناسایی شده و سپس با روش شبیه سازی، توزیع همزمان سرعت و شتاب به دست می آید. این روش، به دلیل پرهیز از محاسبات پیچیده رایج در سایر روشها به سادگی قابل پیاده سازی است. الگوریتم مورد نظر به تفصیل در بخشهای بعدی این مقاله ارائه شده و اجرای آن به صورت مطالعه موردی در پیوست ۱ مقاله آورده شده است.

### ۲-۱ جمع آوری داده های واقعی

از آنجا که برای صحنه گذاری، نیاز به جمع آوری داده های واقعی از حرکت خودرو است، بنابراین باید با انتخاب خودرو، راننده، مسیر و دوره زمانی و همچنین با انتخاب و نصب سخت افزار مناسب، داده های مربوط به حرکت را ثبت و پردازش کرد [Ar-

ian Nik, Montazeri and Zarvandi, 2007] [Mon-tazeri, Fallahzadegan and Fotouhi, 2008]. عوامل فوق برای مطالعه موردی این پژوهش، در پیوست ۱ به تفصیل شرح داده شده است.

روشهای اصلی برای جمع آوری داده های اولیه، به شرح زیر است: [Rodriguez, 2003]

۱. تعقیب خودرو<sup>۴</sup>

۲. روش مستقیم<sup>۵</sup> با نصب موقعیت یاب<sup>۶</sup>

۳. شبیه سازی<sup>۷</sup>

روش ۱ نیازمند استفاده از دو خودرو به صورت همزمان و در تعقیب یکدیگر است که عملاً در مقایسه با روش ۲ که با یک خودرو به تنهایی قابل اجراست، مردود است. روش شبیه سازی نیز ممکن است در آزمایشگاه با استفاده از دینامومتر و نرم افزارهای تجاری انجام شود که نیازمند صرف هزینه های کلان است. در نتیجه، در این تحقیق، روش ۲ برای جمع آوری داده های واقعی به صورت محدود و برای صحنه گذاری مدل مورد استفاده قرار گرفته است. داده های حاصل از روش ۲ برای مطالعه موردی این تحقیق در سه مسیر به شرح جدول ۱ و با نصب دستگاه موقعیت یاب جمع آوری شده است. در این جدول هر سیکل نماینده یک مسیر متفاوت است.

جدول ۱. مشخصات کلی داده های جمع آوری شده

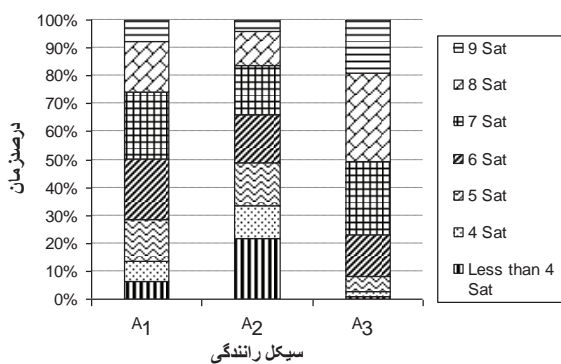
نام سیکل	سری داده ها	طول مسیر (کیلومتر)	زمان متوسط (دقیقه)
A1	خطی	۱۴	۳۰
A2	خطی	۱۴	۳۰
A3	عمومی	متغیر	متغیر

### ۳. الگوریتم تجمیع داده ها

الگوریتمهای متعددی برای تجمیع داده ها در سیکلهای رانندگی پیشنهاد شده اند [Van de Weijer, 1997 and Rodri-guez, 2003]. بویژه تجمیع داده های سرعت و شتاب در تحقیقات بسیاری مورد بررسی قرار گرفته است. برخی الگوریتمها

## ۳-۱ ارزیابی دقت داده‌ها

دقت موقعیت اندازه‌گیری شده با دستگاه‌های موقعیت یاب، مستقیماً به تعداد ماهواره‌هایی که در هر لحظه برای آن قابل مشاهده و ارتباط است، بستگی دارد. به طور عادی حداقل ۴ ماهواره برای تعیین مکان جغرافیایی به وسیله موقعیت یاب لازم است [Rodriguez, 2003]. بنابراین در این مطالعه، برای هر یک از سیکل‌های A1 تا A3، بررسی فوق انجام شده و به صورت نمودار شکل ۳ خلاصه می‌شود. این شکل نشان می‌دهد که برای سیکل‌های A1 و A3 در بیش از ۹۰٪ اوقات، تعداد ماهواره‌های مرتبط بیش از ۴ بوده است. برای سیکل A2، در ۷۸٪ کل زمان تعداد ماهواره‌ها بیش از ۴ بوده است. بنابراین در سیکل A2، داده‌هایی که بدون رعایت شرط حداقل تعداد ماهواره حاصل شده (با رویت کمتر از ۴ ماهواره) از بررسی‌های بعدی حذف می‌شوند.



شکل ۳. تعداد ماهواره مرتبط با گیرنده GPS در هنگام ثبت هر داده

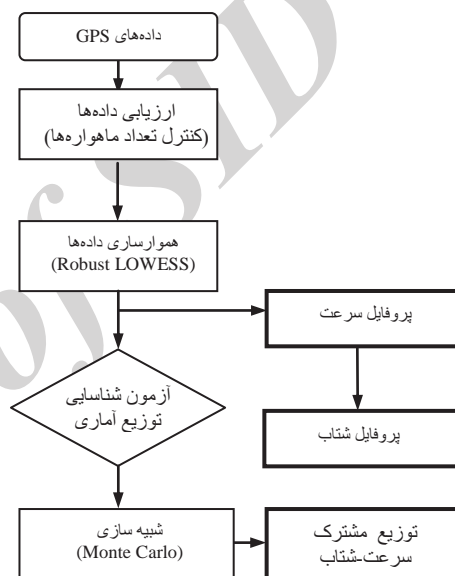
## ۳-۲ هموارسازی داده‌ها

مقادیر سرعت جمع‌آوری شده با دستگاه موقعیت‌یاب، به صورت گسسته و با جهش‌های ناگهانی حاصل از خطاست. افزون بر این، در مطالعات سیکل رانندگی فقط تعداد محدودی مشاهده همراه با خطاهای احتمالی در دسترس است، بنابراین برای حذف نویز در بازه زمانی، ناگزیر باید از فیلتر آماری استفاده شود. در این پژوهش دو روش مختلف مورد بررسی قرار گرفتند. روش اول که در مطالعات مشابه نیز مورد استفاده قرار گرفته است، روش کرنل وزنی<sup>۱۱</sup> است که ۴ نقطه قبل و بعد از زمان  $t$  را برای هموارسازی

از فیلتر کلمن<sup>۸</sup> و مکانیزم رکابی<sup>۹</sup> برای تصحیح خطا در مدل‌ها استفاده کرده‌اند. سپس با استفاده از روش رونگ-کوتا<sup>۱۱</sup> معادلات دیفرانسیل چندگانه حل کرده‌اند.

[Esteves-booth, et. al. 2001, Trajkovic, et. al., 2010, Montazeri, Arefian and Fotouhi, 2008]

در این تحقیق، یک الگوریتم ساده سازی شده جدید (مطابق شکل ۲) برای شبیه سازی ارائه شده است که پیچیدگی محاسباتی روش‌های فوق را ندارد.



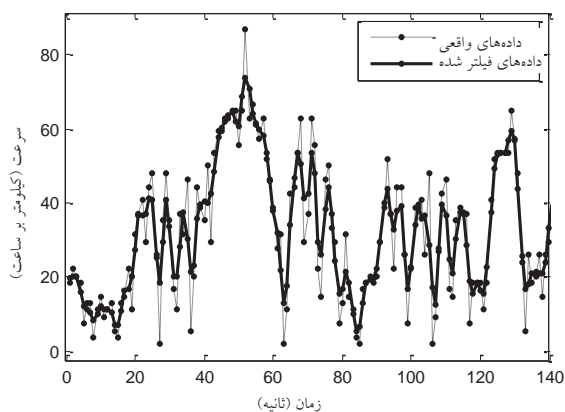
شکل ۲. الگوریتم تعیین پروفایل سرعت-شتاب

در ابتدا باید توزیع داده‌های مربوط شناسایی شود تا بتوان بر اساس آن داده‌های تصادفی مورد نیاز شبیه سازی را تولید کرد. به این منظور، در ابتدا حذف داده‌های نامتجانس (نویز) از مجموعه داده‌ها با استفاده از فیلترهای آماری انجام می‌شود. پس از آن توزیع آماری بر روی داده‌های فیلتر شده برآزش داده شده و شناسایی می‌شود. لازم به توضیح است که در این تحقیق، مقادیر شتاب در بازه‌های زمانی ثابت برابر یک ثانیه و به صورت خطی از رابطه ۱ به دست می‌آید که در آن  $a(t)$  شتاب در زمان  $t$  و  $v(t)$  سرعت در زمان  $t$  است.

$$a(t) = v(t) - v(t-1) \quad (1)$$

بنابراین در مرحله اول، عملیات فیلتر و شناسایی توزیع آماری برای  $v(t)$  انجام می‌شود.

## تعیین سیکل رانندگی به روش مونت کارلو به منظور بررسی تناسب خودرو با کاربری آن



شکل ۵. نتایج هموارسازی با استفاده از تکنیک هموارسازی موزون محلی

اگر چه الگوی کلی داده‌های فیلتر شده در شکل‌های ۴ و ۵ مشابه به نظر می‌رسد، آنالیز مربعات خطا نشان می‌دهد که روش دوم نتایج دقیق‌تری تولید می‌کند. برای داده‌های نمونه مورد استفاده در شکل‌های ۴ و ۵ میانگین مربعات خطا محاسبه شده و رابطه ۶ را نتیجه می‌دهد.

$$MSE_1 = 12371 > MSE_2 = 8488.8 \quad (6)$$

به طوری که  $MSE_1$  میانگین مربعات خطا برای تکنیک کرنل وزنی (روش اول) و  $MSE_2$  برای روش هموارسازی موزون محلی (روش دوم) است. بنابراین روش دوم، ترجیح داده شده و در این تحقیق از آن استفاده می‌شود.

### ۳-۳ پروفایل سرعت و شتاب

داده‌های فیلتر شده می‌توانند برای ایجاد سیکل اولیه، مطابق الگوریتم شکل ۲، مورد استفاده قرار گیرند. برای سیکل A2، نمودار مربوطه برای بخشی از داده‌های هموارسازی شده در شکل ۶ آمده است. منظور از Validated data در این شکل، داده‌هایی است که شرط مندرج در بخش ۳-۱ برای تعداد ماهواره مرتبط را ارضا می‌کند. همچنین Smoothed data داده‌هایی را مشخص می‌کند که پس از اجرای روش هموارسازی موزون محلی و رفع نویز به دست آمده است.

از آنجا که دوره زمانی داده‌ها طولانی است، بخش محدودی از آن برای نمایش در شکل ۶ انتخاب شده است. منحنی

مورد استفاده قرار می‌دهد و به صورت رابطه ۲ و ۳ تعریف می‌شود

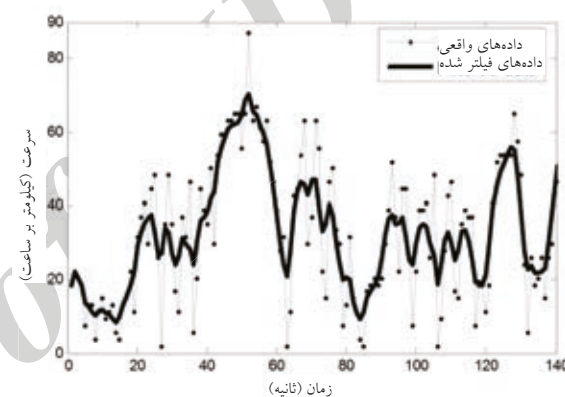
[Haan, et al., 2001].

$$v(t) = \frac{1}{4} \sum_{i=-4}^4 w\left(\frac{i}{4}\right) \cdot v(t+i) \quad (2)$$

$$w(x) = \begin{cases} \frac{15}{16} (1-x^2)^2 & \text{for } x^2 < 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

شکل ۴ نتایج هموارسازی کرنل وزنی را برای ۱۴۰ داده متوالی در

سیکل A2 نشان می‌دهد.



شکل ۴. نتایج هموارسازی با استفاده از تکنیک کرنل وزنی

تکنیک دوم استفاده از فیلتر هموارسازی موزون محلی<sup>۱۲</sup> است که از رگرسیون با وزنهای محلی استفاده می‌کند. در روش معمولی وزن‌ها با یک تابع درجه ۳ بر اساس رابطه ۴ تعریف می‌شوند.

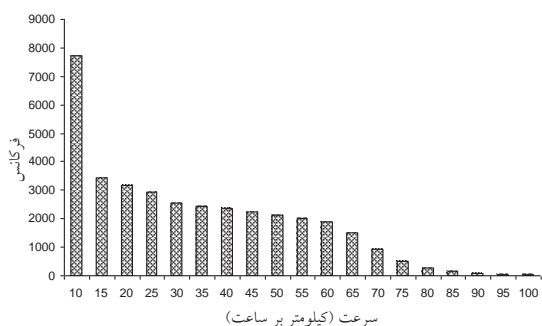
$$w_i = \left(1 - \left|\frac{x - x_i}{dx}\right|^3\right)^3 \quad (4)$$

در حالت پایدار مقادیر اضافی با استفاده از یک تابع درجه ۲ مطابق رابطه ۵ حذف می‌شوند.

$$w_i = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{r_i}{6MAD}\right)^2\right)^2 & |r_i| < 6MAD \\ 0 & |r_i| \geq 6MAD \end{cases} \quad (5)$$

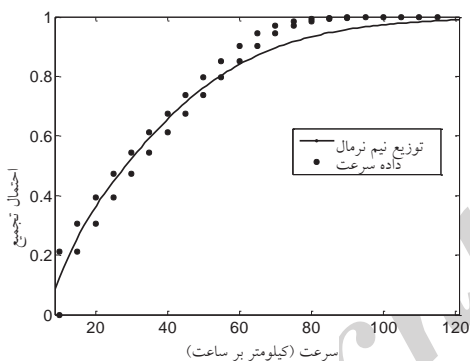
به طوری که  $MAD = \text{Median}(|r|)$ .

نتایج حاصل از هموارسازی داده‌های نمونه (نمونه مورد استفاده در شکل ۴) با استفاده از تکنیک هموارسازی موزون محلی با کمک ابزار cftool در نرم افزار Matlab به دست آمده و در شکل ۵ نشان داده شده است. [Mathworks Inc., 2004].



شکل ۷. هیستوگرام داده‌های سرعت در سیکل A2

با ملاحظه هیستوگرام می‌توان نتیجه‌گیری کرد که یک توزیع نیم نرمال بر روی نیمه مثبت محور افقی می‌تواند گزینه مناسب باشد. سپس با استفاده از ابزار dfittool در محیط Matlab و همچنین تابع توزیع تجمعی، می‌توان برازش مناسب داده‌ها را ارزیابی کرد. شکل ۸ نمودار یاد شده را برای سیکل A2 نشان می‌دهد که میزان خطای متوسط تقریب با توزیع نیم نرمال در آن بسیار ناچیز است.

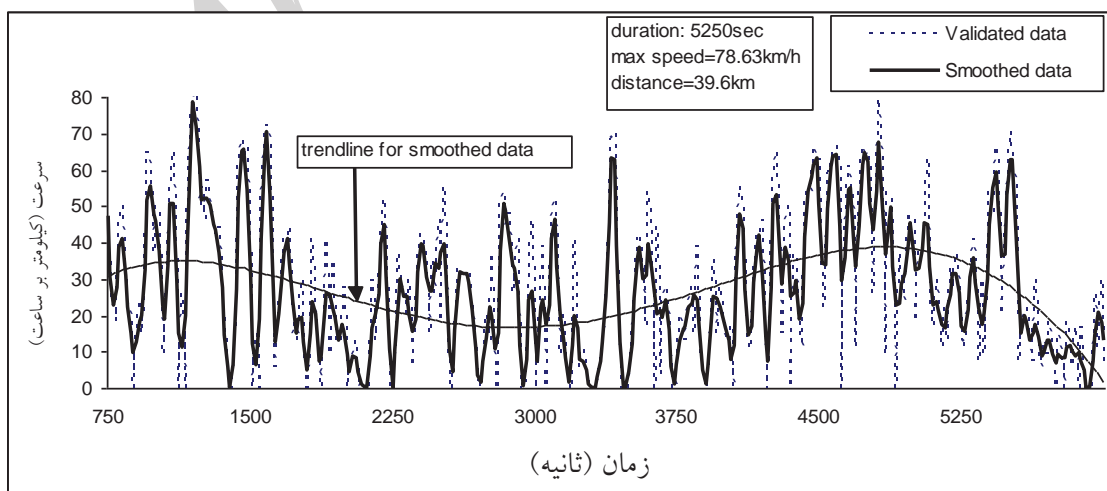


شکل ۸. مقایسه تابع توزیع تجمعی نیم نرمال و داده‌های واقعی سرعت در سیکل A2

روند در دوره‌های زمانی متوالی، الگوی مشابهی را بر روی نمودارها نشان می‌دهد که در طول زمان تکرار شده است. دوره تکرار این منحنیهای سیکلی با طول مسیر در جدول ۱ بخوبی تطابق دارد و گویای صحت اطلاعات است. سرعت متوسط برای سیکل A2 برابر ۲۷/۶ کیلومتر بر ساعت و متوسط زمان سیکل تکراری برابر ۱۸۰۰ ثانیه (۳۰ دقیقه) است. بنابراین از معادله مسافت برای سرعت ثابت برای داده‌های فوق، مسافت ۱۳/۸ کیلومتر حاصل می‌شود که کاملاً نزدیک به ۱۴ کیلومتر در جدول ۱ است. این شاهد خوبی بر این ادعاست که خودرو حرکت سیکلی در مسیر ثابت داشته است. در مقابل، برای سیکل A3 وقتی داده‌ها در برابر زمان رسم می‌شود هیچ نشانی از الگوی تکراری در آن مشاهده نمی‌گردد.

### ۳-۴ شناسایی توزیع آماری داده‌ها

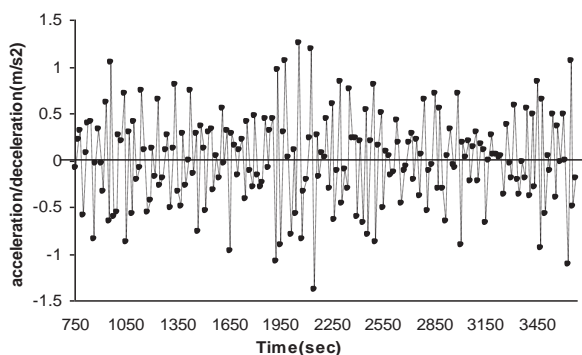
جستجوی بهترین توزیع برای داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از ابزار آماری dfittool در محیط نرم افزاری MatLab انجام می‌شود. روش اجرا بر اساس انتخاب توزیع با کمترین خطای برازش است. در ابتدا، هیستوگرام داده‌های فیلتر شده مطابق شکل ۷ تهیه می‌شود که بر اساس آن به صورت گرافیکی می‌توان در مورد نوع توزیع قضاوت کرد.



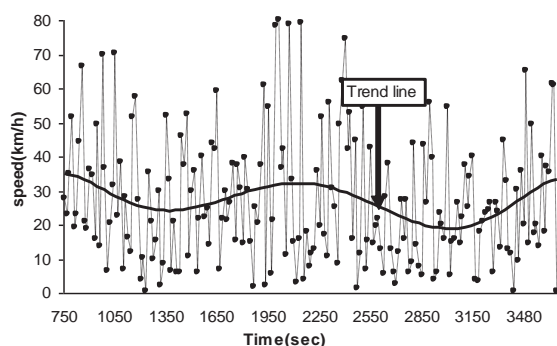
شکل ۶. داده‌های هموارسازی شده برای بخشی از سیکل A2

## تعیین سیکل رانندگی به روش مونت کارلو به منظور بررسی تناسب خودرو با کاربری آن

۱۷۶۰ ثانیه (بین ثانیه ۱۳۵۰ تا ۳۱۱۰) است که با نتایج حاصل در بخش ۳-۳ کاملاً همخوانی دارد.



شکل ۹. بخشی از نتایج شبیه سازی برای شتاب خودرو



شکل ۱۰. بخشی از نتایج شبیه سازی برای سرعت خودرو

جدول ۳، نتایج آنالیز را برای دو سیکل A2 و A3 خلاصه می کند. با ملاحظه این جدول مشخص می شود که در ۹۸٪ اوقات سرعت خودرو کمتر از ۸۰ کیلومتر در ساعت است. برای شتاب گیری، بدترین حالت (با در نظر گرفتن حداکثر تعداد مسافر برای تاکسیهای شهری و وزن کل ۱۷۰۰ کیلوگرم) با شتاب منفی معادل ۱/۴۶ متر در مجذور ثانیه است که توان ۶۲/۰۵ کیلووات (معادل ۴۵ اسب بخار) لازم دارد. این میزان بیشینه توان لازم است که فقط در کمتر از ۰.۵٪ سیکل مورد نیاز است، ضمن این که مقدار آن حدود ۶۹٪ توان متوسط خودرو است که در پیوست ۱ به آن اشاره شده است. بنابراین توان محرکه در خودروی مطالعه موردی این تحقیق؛ با نوع کاربری آن متناسب نیست.

با توجه به توضیحات بخش ۳ در مورد رابطه شتاب و سرعت و با توجه به این اصل که جمع جبری متغیرهای نرمال، خود متغیری نرمال با میانگین جبری متغیرهای اولیه است، می توان نتیجه گیری کرد که توزیع شتاب نیز نرمال با میانگین صفر است. لازم به توضیح است که توزیع مربوطه به دلیل امکان رخ دادن شتاب منفی نیم نرمال نبوده و نرمال کامل است.

### ۳-۵ الگوریتم مونت کارلو<sup>۱۳</sup>

هدف از روش مونت کارلو، پیدا کردن بیشترین شتاب محتمل برای سرعت در واحد زمان است که بر اساس توزیع جمعیتی مقادیر شتاب برای سرعتهای مختلف به دست می آید. الگوریتم مونت کارلو در سه مرحله به صورت زیر تعریف می شود:

[Raychaudhuri, 2008]

۱.  $n$  نمونه تصادفی از  $X$  به صورت  $X^1, X^2, \dots, X^n$  تولید کنید.

۲.  $h(X^1), h(X^2), \dots, h(X^n)$  را محاسبه کنید.

۳.  $\theta = E[h(X)]$ ,  $\bar{\theta} = \frac{h(X^1) + h(X^2) + \dots + h(X^n)}{n}$  به دست آورید.

نکته مهم در استفاده از روش مونت کارلو، توزیع اولیه متغیرهاست که بایستی به دقت بر اساس داده های قبلی و واقعی شناسایی شده باشد. اجرای این روش برای مدل این پژوهش در بخشهای بعدی تشریح شده است.

### ۴. شبیه سازی

پس از این که توزیع آماری داده ها شناسایی شد، باید بر اساس آن اعداد تصادفی را تولید کرد. در این تحقیق، از نرم افزار - Cry tal Ball Pro 2000 برای شبیه سازی شتاب خودرو استفاده شده است [Decisioneering Inc., 2001, Goldman,]. برای به دست آوردن مقادیر سرعت کافی است تا سرعت اولیه سیکل  $v(0)=0$  مشخص شده و سپس مقادیر سرعت در بازه های ۱ ثانیه بر اساس شتاب متناظر محاسبه شود. بخشی از نتایج حاصل در شکل ۹ و ۱۰ نشان داده شده است. بر اساس منحنی روند ترسیم شده در شکل ۱۰، طول دوره تناوب برابر

پس از اجرای مدل و کسب نتیجه نهایی در بخش ۴، نتایج حاصل از شبیه سازی سرعت و شتاب خودرو با داده‌های اولیه مورد مقایسه قرار می‌گیرد. به عنوان مثال، طول دوره روند حاصل از شبیه سازی بخش ۴ معادل ۱۷۶۰ ثانیه به دست می‌آید که در مقایسه با دوره تناوب مشاهدات واقعی در بخش ۳-۳ معادل ۱۸۰۰ ثانیه، خطای ناچیزی برابر ۲٪ نشان می‌دهد. در هر حال، این مقایسه باید بین پارامترهای منتج از سیکل رانندگی (که در بخش ۱ توضیح داده شد) انجام شود، زیرا مقایسه نقطه‌ای سرعت و شتاب در سیکل واقعی و سیکل شبیه سازی شده معنی دار نخواهد بود. به علاوه حجم بالای داده‌های واقعی و مقادیر متناظر شبیه سازی (بالغ بر ۲ میلیون داده متمایز)، خطاهای نقطه‌ای را پراکنده و غیر قابل اعتماد می‌کند.

در این پژوهش، پارامترهای میانگین و حداکثر سرعت و شتاب از لیست پارامترهای بخش ۱ انتخاب شده و انحراف مقادیر شبیه سازی شده با داده‌های واقعی به ترتیب برابر ۲٪ برای بیشینه سرعت، ۷/۵٪ برای بیشینه شتاب و ۷٪ برای میانگین سرعت به دست آمده است. در مقایسه با خطای ۱۰٪ در سرعت و ۱۹٪ در شتاب حاصل از روش مودال برای سیکل رانندگی در لندن و ۲۱٪ خطای عمومی برای سیکل رانندگی مصنوعی در هنگ‌کنگ، مقادیر خطای این پژوهش کاملاً موجه بوده و صحت و اعتبار مدل بکار رفته را تایید می‌کند. [Rodriguez, 2003 and Tong, 1999]

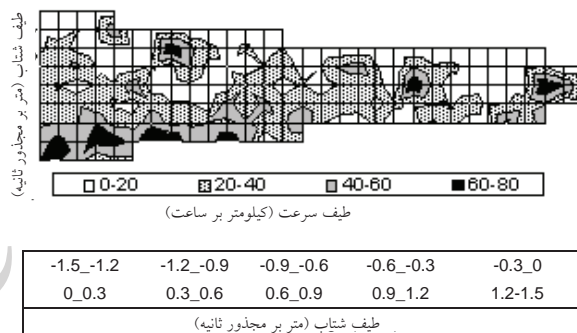
## ۶. نتیجه گیری

در این تحقیق، سیکل رانندگی خودروسواری در مسیرهای شهری به کمک روش مونت کارلو ایجاد شده است. به این منظور، ابتدا، داده‌های واقعی به کمک نصب موقعیت‌یاب بر روی خودروهای نمونه برای مسیرهای مختلف جمع آوری می‌شود. این داده‌ها باید در وضعیت ارتباط با تعداد کافی ماهواره به دست آمده باشد. بنابراین داده‌هایی که این شرط را نداشته باشند از مجموعه داده‌ها حذف می‌شوند. سپس داده‌های غیر متنجانس و نویزها با استفاده از فیلترهای

## جدول ۳. خلاصه نتایج شبیه سازی برای مسیر ثابت

پارامتر	حداقل	حداکثر	میانگین
سرعت (کیلومتر در ساعت)	۰	۷۹/۹۴	۲۴/۸۷
شتاب مثبت (متر بر مجذور ثانیه)	۰	۱/۴۵	۰/۳۷
شتاب منفی (متر بر مجذور ثانیه)	۰	۱/۴۶	۰/۳۷

توزیع همزمان سرعت و شتاب همچنین می‌تواند دامنه سرعت را بین بیشینه و کمینه شتاب مشخص کند. شکل ۱۱ نموداری را برای داده‌های شکل ۹ و ۱۰ نشان می‌دهد. نکته قابل توجه آن است که بیشترین مقدار شتاب به ناحیه سرعت‌های کم (بین صفر تا ۲۰ کیلومتر در ساعت) مربوط است و بیشینه شتاب منفی در نواحی سرعت بالا (بین ۶۰ تا ۸۰ کیلومتر در ساعت) رخ می‌دهد.



## شکل ۱۱. توزیع مشترک سرعت و شتاب

برای مسیرهای متغیر، در نبود یک الگوی ثابت و به دلیل توقعهای مکرر، سرعت و شتاب متوسط و همچنین مقادیر حدی آنها، کمتر از سرویسهای مسیر ثابت به دست می‌آید.

## ۵. اعتبارسنجی مدل

در الگوریتم توسعه داده شده در این تحقیق، مطابق شکل ۲، در دو مرحله اعتبار داده‌های اولیه مدل سنجیده می‌شود. در مرحله اول، احراز شرط کمینه اعداد ماهواره در زمان کسب داده (بخش ۳-۱) و در مرحله دوم حذف داده‌های نامتجانس یا نویز، با استفاده از تکنیک هموارسازی موزون محلی (بخش ۳-۲)، مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این، رعایت شروط اولیه توضیح داده شده در پیوست ۱ مقاله، برای اطمینان از درستی روش جمع آوری داده‌ها ضروری است.



#### ۸. پی نوشتها

- 1 Driving cycle
- 2 Transient
- 3 Modal
- 4 Chase cars
- 5 On-board data collection
- 6 GPS (Geographical Positioning System)
- 7 Simulation
- 8 Kalman filter
- 9 Strap down mechanization
- 10 Runge-kutta
- 11 Biweight Kernel
- 12 Robust Lowes
- 13 Monte Carlo (MC) Algorithm

#### ۹. مراجع

- Andre, M. (1996) "Driving cycle development, characterization of methods", SAE Technical Paper 961112.
- Decisioneering Inc. (2001) "Crystal Ball pro 2000", <http://www.wiley.com/techsupport>
- Esteves-booth, A., Mune, T., Kirbt, H. and Hunter, J. (2001) "The measurement of the vehicular driving cycle within the city of Edinburgh", Transportation Research Part D, 6, pp. 209-220
- Goldman, L. I. (2002) "Crystal Ball professional introductory tutorial", Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference, pp.1539-1545
- Haan, P. and Keller, M. (2001) "Real-world driving cycles for emission measurements: ARTEMIS and Swiss cycles", INFRAS – SAEFL.
- Houh, Lee J., Gitano, H. and Seng Eu, H. (2010) "Development of motorcycle drive cycles for Malaysia", SAE technical paper 2010-32-0041
- ISO Technical Committee (1999) "Terminology and symbols, International Electro- Technical Commission".
- Kulkarni, N. C. (2009) "Drive cycle for commercial vehicles for selection of power train to get optimum

عددی حذف شده و توزیع داده‌ها با ابزارهای تشخیص توزیع، شناسایی می‌شوند. به این ترتیب، امکان تولید اعداد تصادفی و استفاده از روش مونت کارلو برای توزیع داده‌های شتاب در هر لحظه میسر شده و بر اساس آن، سرعت خودرو در بازه‌های زمانی ثابت تعیین می‌شود. توزیع مشترک سرعت- شتاب مراحل تحلیل را کامل کرده و امکان بررسی و مقایسه آن را با مشخصات طراحی فراهم می‌کند. محاسبه خطای حاصل از شبیه سازی در این پژوهش نسبت به داده‌های واقعی و مقایسه آن با سایر روشهای بکار رفته در توسعه سیکلهای رانندگی، نشان می‌دهد که این روش خطای تخمین میانگین و بیشینه سرعت را تا ۸٪ و خطای تخمین بیشینه شتاب را تا ۱۲٪ کاهش می‌دهد.

در مطالعه موردی این پژوهش، پس از ایجاد سیکل رانندگی بر مبنای روش پیشنهادی، بیشینه سرعت خودرو در مسیرهای ثابت برابر ۷۹/۹۴ کیلومتر بر ساعت و شتاب خودرو برابر ۱/۴۶ متر بر مجذور ثانیه به دست آمده است که توان مورد نیاز را معادل ۶۹٪ توان خودرو برآورد می‌کند. در نتیجه، مشخص می‌شود که به دلیل تغییر کاربری خودرو، ویژگیهای سیستم نیرو محرکه خودرو بر نحوه کاربرد آن منطبق نبوده و حکایت از طراحی نامناسب آن دارد. در ادامه این پژوهش و در پژوهشهای بعدی می‌توان سایر انواع خودرو، سایر مشخصات فنی در طراحی خودروها، مسیرهای متغیر و آزاد و همچنین الگوریتمهای شبیه سازی و تکنیکهای عددی متفاوتی را مورد آزمون قرار داده و نتایج این پژوهش را برای مقایسه و ارزیابی بکار گرفت.

#### ۷. سپاسگزاری

این مقاله نتیجه طرح پژوهشی در دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد است و با حمایت مالی دانشگاه مشهد انجام شده است. لازم است از آقای مرتضی پوررضا دانشجوی مهندسی کامپیوتر دانشگاه فردوسی مشهد نیز، بخاطر همکاری در نصب موقعیت یابها و ذخیره و انتقال داده‌ها سپاسگزاری نمایم.

تهران با در نظر گرفتن شیب جاده، پانزدهمین کنفرانس سالانه مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران، ۷ ص.

- جمشیدی، نیما و اشتری، تیمور (۱۳۸۲) "بررسی اثر سیکل رانندگی بر میزان مصرف سوخت یک خودروی استاندارد بنزینی بوسیله نرم افزار Advisor"، اولین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در حمل و نقل، ایران، تهران.

- منتظری، مرتضی، فلاح زادگان، محمود و فتوحی، عباس (۱۳۸۷) "تهیه نرم افزار جامع تحلیل داده های اندازه گیری شده و بدست آوردن سیکل رانندگی خودروها"، دومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

- منتظری، مرتضی، عارفیان، محمود و فتوحی، عباس (۱۳۸۷) "به دست آوردن سیکل رانندگی اتوبوسهای شهر تهران با استفاده از آنالیز گذار در صفحه سرعت - شتاب و زنجیره مارکوف"، دومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

fuel efficiency", SAE Technical Paper 2009-01-2886.

- Li, H., Andrews, G., Khan A. and Savvidis, D. (2007) "Analysis of driving parameters and emissions for real world urban driving cycles using an on-board measurement method for a EURO 2 SI car", SAE Technical Paper 2007-01-2066

- Mathworks Inc. (2004) "MATLAB, The language of technical computing", <http://www.mathworks.com>

- Montazeri, M. and Naghizadeh, M. (2007) "Development of the Tehran car driving cycle", International Journal of Environment and Pollution, Vol. 30, Issue 1, pp. 106-112.

- Raychaudhuri, S. (2008) "Introduction to Monte Carlo simulation", Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, pp. 91-100.

- Rodriguez, I. M. (2003) "Investigation into the driving cycles for a delivery van around London", MSc. Thesis, Imperial College, London, UK.

- Tong, H. Y., Hung, W.T. and Cheung, C.S. (1999) "Development of a driving cycle for Hong Kong", Journal of Atmospheric Environment, No.33, pp. 2323-2335.

- Trajkovic, S., Tunestal, P. and Johansson, B. (2010) "Vehicle driving cycle simulation of a pneumatic hybrid bus based on experimental engine measurements", SAE Technical Paper, No. 2010-01-0825.

- Tzirakis, E., Pitsas, K. and Stournas, S. (2006) "Vehicle emissions and driving cycles: comparison of the Athens driving cycle with ECE-15 and European driving cycle", Global NEST Journal, Vol. 8, No. 3, pp. 282-290.

- Van de Weijer, C.J.T. (1997) "Development of representative driving cycles and prediction of emissions in real-life", PhD-thesis, Technical University of Graz, Austria.

- آراین نیک، مهدی، منتظری، مرتضی و زروندی، محمد (۱۳۸۶) "کاربرد GPS در بدست آوردن سیکل رانندگی تاکسی های شهر"