The Journal of Engine Research
Summer 2023, Vol. 70, No. 2, pp. 37-65
Journal Homepage: www.engineresearch.ir

Original Research

Investigating the effects of geographics climate on the characteristics of statistical data and driving cycle

Alireza Asadi[1], Mohammad Azadi[1*], Mohammad Hossein Khalesi[1], Seyed Ashkan Moosavian[2]

[1] Faculty of Mechanical Engineering, Semnan University, Semnan, Iran
[2] Irankhodro Powertrain Company (IPCo), Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Keywords:
Geographical Climate
Weather Conditions
Statistical Characteristics
Driving Cycle
K-means
Clustering

ABSTRACT

The importance of the effect of geographic climate on the performance parameters of cars requires comprehensive studies and research in this field, especially in Iran, where the diversity of climatic conditions is clearly evident. The factor scores of each of the influential components in determining the climate divide Iran into four climatic categories, which are: (1) dry, (2) humid with heavy rainfall, (3) semi-humid, semi-dry and (4) humid with little rainfall. Therefore, in this research, the effect of geographic climate on the characteristics of statistical data and driving cycle has been investigated. For this purpose, four cities of Arak (semi-arid to semi-humid), Tehran (dry), Ahvaz (humid with low rainfall) and Rasht (humid with high rainfall) were selected as representatives of their climate. Then, by reducing the dimensions of the data from 12 to 2 statistical data characteristics, using PCA analysis, and then by clustering the data using the chemical mean method, and extracting the driving cycles of each city under different climatic conditions, the effect of the geographic climate on the characteristics of the statistical data and the driving cycles of the case was investigated, and also the data of the city of Rasht on rainy and non-rainy days were separated and analyzed, and in the results of the investigations, it was observed that climatic conditions can have significant effects on the average driving speed (about 21 percent), travel time (about 18 percent) as well as average travel speed (about 22 percent) and car stopping percentage (about 84.4 percent). As a result, it can be said that geographical climate is one of the most influential factors on driving cycles.

© 2023 Iranian Society of Engine, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license). (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

* Corresponding author
E-mail address: m_azadi@semnan.ac.ir (M. Azadi)

Received 26 August 2023; Accepted 6 December 2023
E-ISSN: 2345-4121/ISSN: 1735-5214

Cite this article: Asadi A, Azadi M, Khalesi MH, Moosavian SA. Investigating the effects of geographics climate on the characteristics of statistical data and driving cycle. The Journal of Engine Research. 2023 June 22;70(2):37-65. doi: 10.22034/ER.2023.2009114.1013

نشریه علمی تحقیقات موتور
تابستان ۱٤۰۲، جلد ۷۰، شماره ۲، صفحه ۳۷-٦٥
تارنمای نشریه: www.engineresearch.ir
مقاله پژوهشی

بررسی اثرات اقلیم جغرافیایی بر مشخصه‌های داده‌های آماری و چرخهٔ رانندگی

علیرضا اسدی[۱]، محمد آزادی[۱*]، محمد حسین خالصی[۱]، سید اشکان موسویان[۲]

[۱] دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
[۲] شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران‌خودرو (ایپکو)، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

کلیدواژه‌ها:
اقلیم جغرافیایی
شرایط آب و هوایی
مشخصه‌های آماری
چرخهٔ رانندگی
روش میانگین کی
خوشه‌بندی

چکیده

اهمیت تأثیر اقلیم جغرافیایی بر متغیرهای عملکردی خودروها، انجام مطالعات و پژوهش‌های جامعی را در این زمینه ایجاب می‌کند، به ویژه در کشور ایران که تنوع شرایط اقلیمی در آن کاملاً مشهود است. امتیازات عاملی هر یک از مؤلفه‌های تأثیرگذار در تعیین اقلیم، کشور ایران را به چهار دسته اقلیمی تقسیم‌بندی می‌کند، که عبارتند از: (۱) خشک، (۲) مرطوب پربارش، (۳) نیمه مرطوب نیمه خشک و (۴) مرطوب کم بارش. لذا در این تحقیق، تأثیر اقلیم جغرافیایی بر مشخصه‌های داده‌های آماری و چرخهٔ رانندگی، مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور، چهار شهر اراک (نیمه خشک تا نیمه مرطوب)، تهران (خشک)، اهواز (مرطوب کم بارش) و رشت (مرطوب پربارش)، به عنوان نماینده اقلیم خود انتخاب شدند. سپس با کاهش ابعاد داده‌ها از ۱۲ به ۲ مشخصه داده آماری، با استفاده از تحلیل حساسیت و در ادامه با خوشه‌بندی داده‌ها به روش میانگین کی، و استخراج چرخه‌های رانندگی هر شهر تحت شرایط اقلیمی متفاوت، تأثیر اقلیم جغرافیایی بر مشخصه‌های داده‌های آماری و چرخه‌های رانندگی بررسی شد، و همچنین داده‌های شهر رشت در روزهای بارانی و غیر بارانی از یکدیگر تفکیک و بررسی شد که در نتایج بررسی‌ها مشاهده شد شرایط اقلیمی می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر روی میانگین سرعت رانندگی (حدود ۲۱٪)، مدت زمان سفر (حدود ۱۸٪) و همچنین میانگین سرعت سفر (حدود ۲۲٪) و توقف خودرو (حدود ۸۴٪) داشته باشد. در نتیجه می‌توان بیان کرد که اقلیم جغرافیایی یکی از تأثیرگذارترین عوامل بر چرخه‌های رانندگی است.

© 2023 Iranian Society of Engine, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license). (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

* نویسنده مسئول
پست الکترونیکی: m_azadi@semnan.ac.ir (محمد آزادی)

دریافت ۴ شهریور ۱۴۰۲؛ پذیرش ۱۵ آذر ۱۴۰۲
شاپای الکترونیکی: ۴۱۲۱-۲۳۴۵ / شاپای چاپی: ۵۲۱۴-۱۷۳۵

Cite this article: Asadi A, Azadi M, Khalesi MH, Moosavian SA. Investigating the effects of geographics climate on the characteristics of statistical data and driving cycle. The Journal of Engine Research. 2023 June 22;70(2):37-65. doi: 10.22034/ER.2023.2009114.1013

۱- مقدمه

یک چرخه رانندگی عبارت است از دنباله‌ای از نقاط کاری خودرو، که هر نقطه کاری بیانگر سرعت خودرو در زمان‌های بعد از روشن شدن خودرو است که ممکن است خودرو در این نقاط شتاب‌گیری کرده و یا کاهش سرعت داشته باشد. به‌طور کلی بازه زمانی چرخه‌های رانندگی از چند دقیقه تا حدود ۳۰ دقیقه است، هر چند در برخی منابع چرخه‌های رانندگی با زمان طولانی‌تر نیز در نظر گرفته شده است [۱، ۲]. درک جامع از ویژگی‌های آب و هوا در مناطق مختلف برای برنامه‌ریزی زیست محیطی برای دستیابی به توسعه پایدار ضروری است. طبقه‌بندی آب و هوا یکی از راه‌های معقول برای دستیابی به این هدف است. و همچنین طبقه‌بندی اقلیمی تلاشی برای شناسایی و تشخیص تفاوت‌ها و شباهت‌های اقلیمی در مناطق مختلف جغرافیایی و کشف روابط بین اجزای مختلف سامانهٔ اقلیمی است [۳]. اقلیم، وضعیتی کلی از شرایط هوای غالب یک مکان مشخص بر اساس آمار بلند مدت است. تنوع عناصر اقلیمی در تعیین اقلیم یک ناحیه مؤثر بوده و باعث شکل‌گیری اقلیم‌های متنوع و متفاوت می‌شود [۴].

بی[1] و همکاران به تجزیه و تحلیل داده محور اثرات آب و هوا بر شرایط آمدوشُد شهری در سطح شهر پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات شاخص زمان سفر[2] در پاسخ به تغییرات آب و هوا ممکن است در دوره‌های زمانی مختلف کاملاً متفاوت باشد. جریان آمدوشُد به تغییرات آب و هوا در آخر هفته نسبت به روزهای هفته حساس‌تر است و در هر دو مقیاس زمانی روزانه و نیم ساعته، آب و هوا تأثیرات متفاوتی بر شاخص زمان سفر دارد [۵]. دانکرز[3] و همکاران به تأثیر سبک رانندگی، زیرساخت، آب و هوا و آمدوشُد بر عملکرد خودروی برقی پرداختند. نتایج نشان داد که مصرف انرژی عمدتاً بر سبک‌های رانندگی تهاجمی‌تر تأثیر می‌گذارد. زمان انتظار ۳۰ ثانیه در چراغ‌های راهنمایی ۷۰٪ به مصرف انرژی در دمای محیط ۱۲ درجه سانتیگراد (صرف نظر از سبک رانندگی) و ۱۰۵٪ با دمای محیط صفر درجهٔ سانتیگراد اضافه می‌کند [۶]. ژو[4] و همکاران با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی و روش خوشه‌بندی میانگین کی به توسعه چرخهٔ رانندگی شهر شینیانگ چین پرداختند. نتایج نشان داد که چرخه پیشنهادی با شرایط کلی جاده به خوبی مطابقت دارد و تحت شرایط رانندگی خاص، چرخه‌های رانندگی می‌توانند از خطاها با شرایط واقعی جاده بکاهند [۷]. هی[5] و همکاران یک الگوی پیش‌بینی زمان واقعی با محدوده متغییر برای حل مسئله ارائه داده‌اند. نتایج نشان داد که دقت الگوی پیش‌بینی زمان متغیر ۸٫۲۰۳ کیلومتر بر ساعت است که در مقایسه با الگوی پیش‌بینی زمان ثابت ۲۰٪ بهبود یافته است [۸]. لیا[6] و همکاران، الگوی پیش‌بینی چرخهٔ رانندگی آینده چند مقیاسی تک مرحله‌ای را ارائه دادند. با مقایسهٔ دقت پیش‌بینی روش چند مقیاسی تک مرحله‌ای و روش سنتی تک مقیاسه چند مرحله‌ای، نشان داد که نتایج پیش‌بینی روش پیشنهادی به طور متوسط با بهبود ۷٪ به دقت مورد انتظار رسیده است [۹]. ژانگ[7] و همکاران به بررسی چرخهٔ رانندگی خودرو برقی با هدف ویژه در پکن پرداختند، نتایج نشان داد که چرخهٔ رانندگی ایجاد شده می‌تواند نماینده شرایط کلی آمدوشُد خودروی برقی با هدف ویژه پکن باشد [۱۰]. ژو و همکاران به توسعه یک چرخهٔ رانندگی نماینده برای خودروهای لجستیکی سلول سوختی شهر گونگ‌دونگ و برای تحقیقات بعدی مدیریت انرژی و سامانهٔ بهینه‌سازی پرداختند. در نتیجه، تجزیه و تحلیل‌های مؤثر نشان داد که چرخه رانندگی ایجاد شده درجه بالایی از همپوشانی با داده‌های اصلی را دارد و می‌توان از این روش برای توسعه سایر چرخه‌های رانندگی شهری خودروی لجستیکی سلول سوختی استفاده کرد [۱۱]. توپیک[8] و همکاران به اعتبارسنجی چرخه‌های رانندگی چند بعدی که توسط سرعت و شتاب

---

[1] Bi
[2] Travel Time Index
[3] Donkers
[4] Zhou
[5] He
[6] Li
[7] Zhang
[8] Topic

خودرو نشان داده شده است، پرداختند. نتایج نشان داد که با استفاده از روش مصنوعی و اعتبارسنجی پیشنهادی، استخراج اکثر چرخه‌های رانندگی مصنوعی نماینده به روشی ساده و کارآمد از نظر محاسباتی امکان‌پذیر است [۱۲]. یانگ[1] و همکاران اشاره کردند که آلایندگی مرتبط با حمل و نقل منبع اصلی آلاینده‌های هوای امروزه است. به منظور ترکیب تلاش‌های تحقیقاتی، مروری جامع از روش‌ها و شیوه‌های موجود برای توسعه چرخه‌های رانندگی ارائه کردند [۱۳]. لیو[2] و همکاران چرخهٔ رانندگی مصنوعی هفی[3] را ساختند، که یک پایه محکم برای ارزیابی عملکرد دقیق وسایل نقلیه سواری در هفی ایجاد می‌کند [۱۴]. کیو[4] و همکاران یک روش مبتنی بر شبکه عصبی بازگشتی[5] مبتنی بر داده ارائه کردند. نتایج نهایی نشان داد، هر دو چرخه به دست آمده از دو مدل ایجاد شده در مقایسه با مجموعه داده‌های اصلی تقاضای توان نسبتاً بالایی دارند، در حالی که یکی از مدل‌ها قادر است چرخه‌های رانندگی را ارائه دهد که از نظر سطوح سرعت فراگیرتر با نامزدهای کمتر هستند، که تا حدی آن را برای آزمایش‌های انتشار در مقایسه با دیگری مناسب‌تر می‌کند [۱۵]. رامادورایی[6] و همکاران چرخه‌های رانندگی برای اتوبوس‌های درون شهری با استفاده از داده‌های سامانهٔ موقعیت جهانی[7] دنیای واقعی جمع‌آوری شده در دوره‌های اوج و خارج از اوج آمدوشُد در شهر چنای، هند توسعه دادند. چرخهٔ رانندگی توسعه یافته به طور قابل توجهی متفاوت از چرخه‌های موجود برای اتوبوس‌ها بود [۱۶]. گوا[8] و همکاران روشی را برای ساخت چرخهٔ رانندگی شهری جهانی بر اساس اطلاعات آمدوشُدی بلادرنگ و اعمال شده در راهبرد مدیریت انرژی پیشنهاد کردند. که در مقایسه با کاربرد آن در مدیریت انرژی جهانی خودروهای هیبریدی پلاگین، مصرف سوخت چرخهٔ رانندگی ساخت و ساز[9] و چرخهٔ رانندگی واقعی[10] تقریباً ۷٪ مشابه است و مصرف سوخت در زمان اوج مصرف در مقایسه با راهبرد مدیریت مبتنی بر قانون تا ۱۷٪ بهبود یافته است [۱۷].

رضایی با استفاده از میانگین بارش و دمای ماهانهٔ ۱۵۵ ایستگاه کشور در دورهٔ ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ برای تهیهٔ نقشهٔ اقلیمی ایران به روش کوپن- گایگر پرداخت. بارش و دمای ماه‌های مختلف سال با استفاد از روش کریجینگ معمولی برای شبکه‌ای از نقاط با فاصلهٔ ۰/۱ درجه جغرافیایی، برآورد و گروه اقلیمی هر نقطه به روش کوپن- گایگر تعیین شد. نتیجه نشان داد که از ۳۱ گروه اقلیمی کوپن- گایگر، ۹ مورد آن در ایران وجود دارد. همچنین مشخص گردید که گروه‌های اقلیمی موجود در ایران در گذشته ۱۱ مورد بوده است که دو مورد از آنها بر اثر تغییرات اقلیمی ناپدید شده‌اند و جای خود را به گروه اقلیمی دیگری داده‌اند. نتایج همچنین نشان داد که جابه‌جایی‌های اقلیمی بیشتر در مناطق مرزی گروه‌های اقلیمی روی داده است و زیرگروه‌های اقلیم برفی بیشترین پس روی را در سال‌های گذشته داشته‌اند [۱۸]. تیموری و عظیم‌زاده با استفاده از شاخص مقدار بارش مؤثر به ناحیه‌بندی ایران و بررسی نوسانات آن به صورت فصلی و سالانه پرداختند. نتایج این تحقیق بیانگر این مطلب است که از نظر شاخص مذکور، ایران به پنج ناحیهٔ اقلیمی تقسیم‌بندی می‌شود و اکثر مساحت ایران را آب و هوای خشک و نیمه خشک در برگرفته است. همچنین با توجه به تطابق اقلیمی این شاخص با اقلیم‌های هواشناسی کشور، استفاده از این روش در مطالعات بعدی توصیه کردند [۱۹].

تحقیقات و بررسی‌های مختلفی در زمینه چرخهٔ رانندگی و وابستگی آن به عوامل مختلف و روش‌های گوناگونی برای رسیدن به یک چرخهٔ رانندگی واحد و دقیق همچنین تأثیرپذیری چرخهٔ رانندگی از عوامل مختلف مانند شرایط جاده‌ای، نوع گروه رانندگان، نوع سوخت وسیله نقلیه و ... بررسی شده است، ولی مسئلهٔ شرایط آب و هوایی و اقلیم‌های

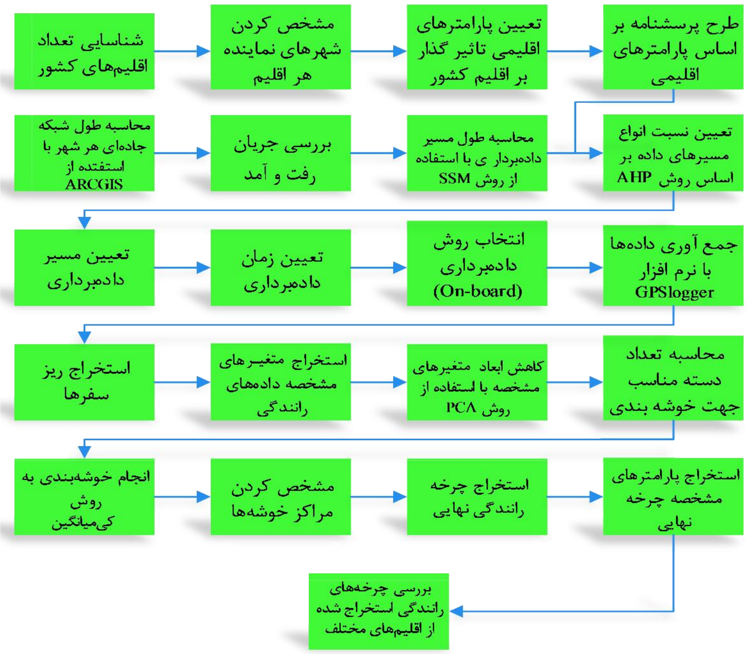
---

1 Xang
2 Liu
3 Hefei
4 Qiu
5 Recurrent Neural Network
6 Ramaduray
7 Global Positioning System (GPS)
8 Guo
9 Construction Driving Cycle
10 Real Driving Cycle

مختلف حاکم بر مناطق گوناگون کرهٔ زمین که بی‌تأثیر بر چرخه‌های رانندگی همچنین بعضی از متغیرهای مدنظر در استخراج چرخهٔ رانندگی، نیست، تا کنون بررسی نشده است. لذا در تحقیق پیش رو سعی شده است تأثیرگذاری اقلیم‌های جغرافیایی مختلف حاکم و موجود در پهنه کشور ایران، بر چرخهٔ رانندگی، مورد تحقیق و بررسی قرار داده شود.

۲- روش تحقیق

با توجه به اینکه در این مقاله، به تاثیر متغیرهای اقلیم رانندگی بر توسعه چرخهٔ رانندگی پرداخته شده است، یک روندنمای کلی از روش تحقیق، در شکل ۱ درج شده است.



شکل ۱ روندنمای توسعه چرخهٔ رانندگی با توجه به متغیرهای اقلیم جغرافیایی

تاکنون تحقیقات بسیاری در زمینه طبقه‌بندی و شناسایی اقلیم‌های حاکم بر ایران انجام شده است، که برای این امر روش‌ها و متغیرهای آب و هوایی گوناگون زیادی در تحقیقات لحاظ و در نظر گرفته شده است، در نتیجه بررسی‌ها، مشخص شد که در بین تمام متغیرهای آب و هوایی استفاده شده، مهم‌ترین و تأثیرگذارترین آن‌ها در کشور ایران سه عامل دما ، بارش و رطوبت است، که اقلیم ایران را به چهار دسته کلی معتدل با تابستان‌های خشک و بسیار گرم، نیمه خشک سرد، خشک و بسیار گرم، خشک و سرد مرزبندی می‌کند [۳، ۴] و سایر متغیرهای آب و هوایی تأثیر بسیار کمتری در این مرزبندی‌ها به نسبت داشته و تنها در دسته‌بندی زیر گروه‌های هرکدام از دسته اقلیم‌های اصلی کاربرد و تأثیرگذار هستند.

دیگر گروه‌های اقلیمی که به واسطه تأثیر شدید ارتفاع بر روی دما و بارش محل پدید آمده‌اند، بخش بسیار کوچکی از مساحت کشور را در بر می‌گیرند [۲۰]. بر اساس بررسی‌های به عمل آمده و با توجه به شکل‌های پیوست و همچنین با استفاده از روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی برای امتیازات عاملی هر یک از متغیرهای تأثیرگذار در تعیین اقلیم‌های غالب بر کشور که نمودار درختی استخراج شده از این روش در شکل‌های پیوست نشان داده شده است [۳]؛ نتیجه حاصل شد که چهار ناحیهٔ اقلیمی اصلی و غالب بر کشور ایران اقلیم‌های خشک، مرطوب پربارش، نیمه خشک تا نیمه‌مرطوب و اقلیم مرطوب کم‌بارش است، که برای هر یک از چهار گستره اقلیمی، یک شهر به عنوان نماینده آن اقلیم که علاوه بر اینکه شرایط کلی آن اقلیم را

در بر داشته باشد، با سایر شهرهای نماینده دارای شرایط آمدوشُدی (که با بررسی اطلاعات گوگل مپ مسیرهایی که شرایط آمدوشُدی نزدیک به هم در هر شهر دارد انتخاب شده است تا تأثیر آمدوشُد تا حد امکان خنثی شود که در پی آن فشردگی شهر و جمعیت، که تأثیر مستقیم بر جریان آمدوشُد می‌گذارد را نیز خنثی شده باشد.) و جاده‌ای (دارای حداقل تعداد دو بزرگراه و سهم نزدیک سایر انواع مسیرهای داده‌برداری با سایر شهرهای مورد مطالعه باشد.) نزدیکی نیز داشته باشد، برای ادامه تحقیقات انتخاب شد که شرح آن در جدول‌های ۱ و ۲، مطابق با مراجع [۲۱، ۲۲] آورده شده است.

انتخاب مسیر، یک فرآیند اصلی و حیاتی در توسعه چرخه‌های رانندگی است. در این فرآیند، عوامل مختلفی مانند سلسله مراتب جاده و ویژگی‌های جریان آمدوشُد محلی در نظر گرفته می‌شوند. به منظور تضمین کیفیت داده‌های جمع‌آوری شده، انتخاب مسیر باید به درستی طراحی شود تا طبقه‌بندی جاده و ویژگی‌های آمدوشُدی منطقه مورد مطالعه را نشان دهد. در فرآیند انتخاب مسیر آزمایشی، معمولاً لازم است عواملی مانند نوع جاده، ساختار شهری، جریان آمدوشُد، سرعت رانندگی، توزیع تراکم جمعیت و الگوی مبدا- مقصد (O-D) در نظر گرفته شود. اکثر محققان مسیرهای آزمایشی را بر اساس تجربه و دانش خود از محیط آمدوشُد محلی انتخاب کرده و از تحلیل کمی و روش‌های علمی استفاده نشده است [۲۳].

در این پژوهش یک روش تحلیل جامع کیفی و کمی برای طراحی مسیرهای آزمایشی پیشنهاد شده که روند انجام کار به شرح زیر است. در ابتدا توزیع شبکه جاده‌ای و ترکیب و نسبت انواع مختلف جاده‌ها در هر یک از شهرها استخراج و بررسی شد که بدین منظور توزیع شبکه جاده‌ای را از سایت OSM[۱] استخراج و به کمک نرم‌افزار ARCGIS انواع مختلف جاده‌ها مطابق شکل‌های ۲ تا ۵ نماپردازی شده است، سپس طول و نسبت هرکدام از انواع جاده‌ها به کمک نرم‌افزار ARCGIS بدست آمده است. مسیرهای انتخاب شده چهار نوع جاده در مناطق شهری شامل بزرگراه، جاده اصلی، جاده فرعی و کوچه را پوشش داده است. در گام بعد بر اساس تجربه شخصی و استفاده از گوگل مپ[۲] و همچنین با توجه به توزیع شبکه راه‌های شهری، تراکم جمعیت جنوب به شمال و شرق به غرب، موقعیت منطقه تجاری مرکزی، در مجموع ۱۴ نقطه نظارت بر جریان آمدوشُد در چهار جهت ایجاد شد: شرق، جنوب، غرب و شمال؛ با توجه به زمان سفر، زمان نظارت از ساعت ۷:۰۰ تا ۲۲:۰۰ تعیین شد. در مجموع ۱۴ نقطه نظارت بر جریان آمدوشُد ایجاد شد که شامل دو مسیر بزرگراهی، چهار مسیر اصلی، چهار مسیر فرعی و چهار مسیر کوچه است. توزیع هر نقطه نظارت در شکل‌های ۲ تا ۵ نشان داده شده است.

در گام بعدی با استفاده از روش SSM[۳] طول مسیر نهایی را به عنوان یک فرایند نمونه‌گیری بزرگ در نظر گرفته شد و با منعکس کردن ویژگی مسیرهای نمونه در ساختار کلی شبکه جاده‌ای شهری در هر یک از شهرهای مورد مطالعه محاسبه گردید و سپس درصد سهم هر یک از انواع جاده‌ها از طول کل مسیر نهایی را با طرح پرسشنامه‌ای در مورد اولویت بومی‌های هر شهر برای انتخاب نوع مسیر در سفرها، تحت عوامل مختلف اقلیمی و سپس با میانگین گرفتن از پاسخ‌های جمع‌آوری شده و درنهایت به کمک روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی بدست آمد. در مطالعه چرخهٔ رانندگی شیان [۲۳]، نیز برای محاسبهٔ دقیق طول و نسبت شبکه جاده شهری، پردازش با استفاده از نرم افزار ArcGIS در نقشهٔ راه شهری شیان برای سال ۲۰۱۶ انجام شده است؛ که نتایج آن در جدول ۳ ارائه گردیده است. در روش SSM فرض شده که طول شبکه جاده‌ای در هریک از شهرهای مورد بررسی از تابع عادی[۴] $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ تبعیت می‌کند که در آن μ انتظار ریاضی طول نمونه (X) و σ انحراف استاندارد X است. سپس $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_i, \dots, x_n)$ نمونه آزمایشی تصادفی ساده از شبکه جاده‌ای کلی است که در آن x_i طول مسیر نمونه است. از اصل آماری نمونه انتخاب شده یک توزیع نرمال $X \sim N(\mu, \sigma^2/n)$ است [۲۳].

---

1 Open Street Map
2 Google Map
3 Sampling Survay Method
4 Normal

جدول ۱ اقلیم‌های منتخب اصلی و شهر نماینده هر اقلیم [۳، ۲۰]

نوع اقلیم	شهر نماینده
خشک	تهران
مرطوب پربارش	رشت
نیمه خشک تا نیمه مرطوب	اراک
مرطوب کم بارش	اهواز

جدول ۲ مشخصات اقلیمی شهرهای منتخب [۲۱، ۲۲]

شهر	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	ارتفاع (m)	میانگین دمای سالیانه (°C)	رطوبت نسبی (٪)
اهواز	۴۸,۴۰	۳۱,۲۰	۲۲,۵	۲۵,۳	۴۳
اراک	۴۹,۴۶	۳۴,۰۶	۱۷۰۸,۰	۱۵,۶	۴۶
رشت	۴۹,۳۶	۳۷,۱۵	۳۶,۷	۱۷,۱	۸۱
تهران	۵۱,۱۹	۳۵,۴۱	۱۱۹۰,۸	۱۷,۳	۴۱

جدول ۳ مقایسهٔ طول و سهم انواع جاده شهرهای مورد بررسی

شهر	بزرگراه		جادهٔ اصلی		جادهٔ فرعی		کوچه		مجموع
	طول (کیلومتر)	سهم (٪)	طول (کیلومتر)	سهم (٪)	طول (کیلومتر)	سهم (٪)	طول (کیلومتر)	سهم (٪)	طول (کیلومتر)
شیان [۴۷]	۱۴۱,۰	۵,۵	۵۹۷,۰	۲۳,۳	۱۰۰۱,۰	۳۹,۱	۸۲۳,۰	۳۲,۱	۲۵۶۲
اراک	۸۴,۸	۱۶,۲	۶۳,۴	۱۲,۰	۱۴۲,۲	۲۷,۱	۲۳۳,۳	۴۴,۵	۵۲۳۸
رشت	۷۹,۳	۲۰,۶	۴۲,۴	۱۱,۰	۱۰۵,۷	۲۷,۵	۱۵۶,۸	۴۰,۸	۳۸۴۰
تهران	۱۲۷۹,۳	۲۵,۱	۶۸۶,۱	۱۳,۴	۱۳۸۱,۴	۲۷,۱	۱۷۵۷,۳	۳۴,۴	۱۰۷۳۰
اهواز	۱۳۸,۴	۱۵,۱	۱۲۲,۶	۱۳,۳	۳۴۳,۲	۳۷,۴	۳۱۴,۳	۳۴,۲	۲۵۱۴

فاصله اطمینان طول مسیرهای نمونه (d) که یک میانگین کلی از متغیرهای تأثیرگذار در انتخاب مسیر است با استفاده از معادلهٔ ۱ حاصل می‌شود [۲۳].

$$d=\bar{x}\pm\Delta, \Delta=\frac{S}{\sqrt{n}}t_{\alpha/2}(n-1) \qquad (۱)$$

که در آن $\bar{x}$ میانگین نمونه، S انحراف استاندارد نمونه، n اندازهٔ نمونه، α احتمال اطمینان و $t_{\alpha/2}(n-1)$ توزیع t با n-1 درجه آزادی است.

هنگامی که میانگین $\bar{x}$ نمونه‌ها میانگین کلی μ را تخمین می‌زند، حداکثر خطای مطلق Δ است. با این فرض که حداکثر خطای مطلق Δ شناخته شده و سطح اطمینان $1-\alpha$ است، به کمک معادله ۲ می‌توان طول مسیرهای نمونه اولیه را بدست آورد [۲۳].

$$n_0=\frac{S^2}{\Delta^2}t^2_{\alpha/2}(n-1) \qquad (۲)$$

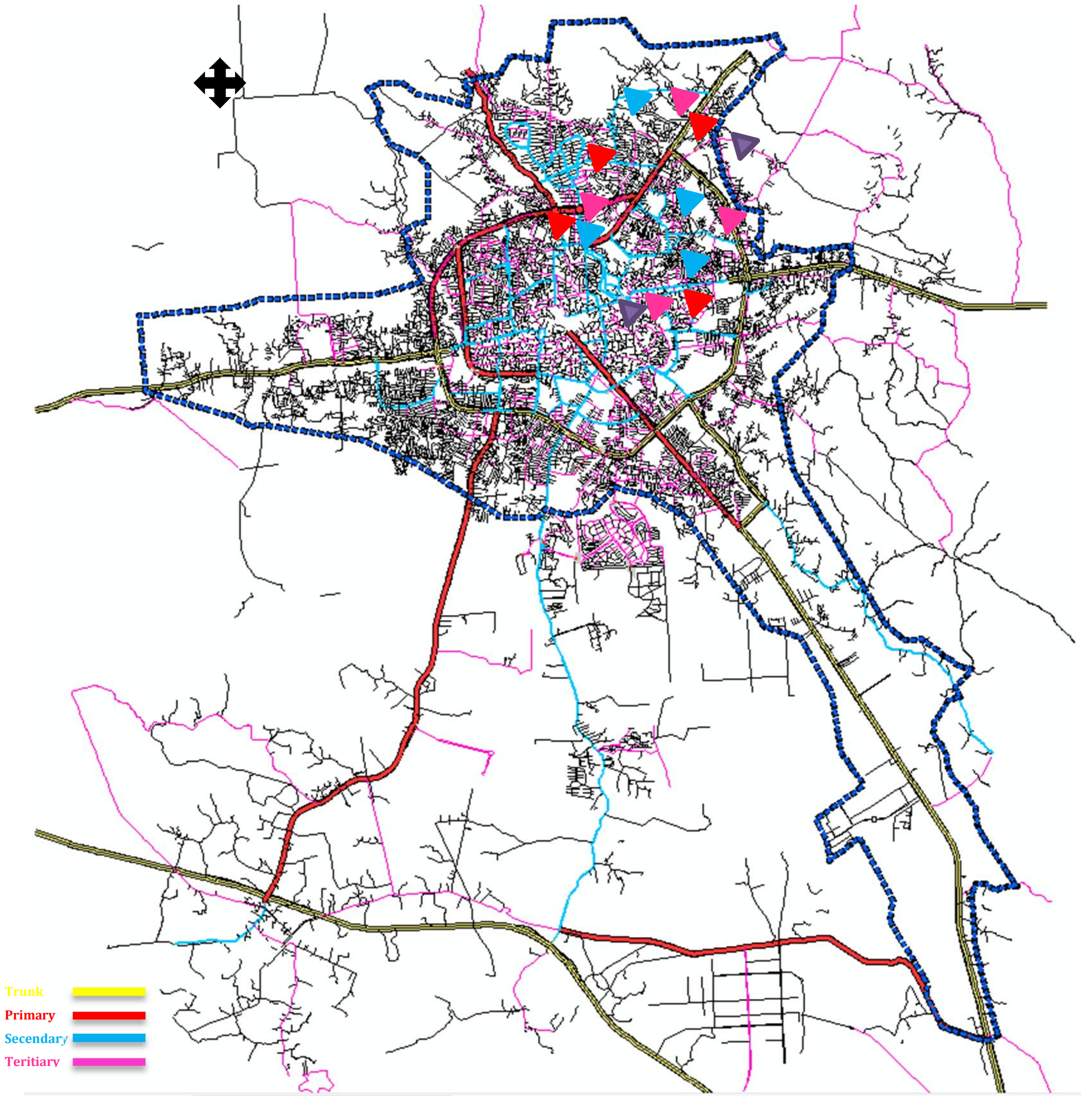
که در آن n طول نهایی مسیر منتخب است و با استفاده از معادله ۳ محاسبه می‌شود که در آن N طول کل شبکه جاده شهری در شهر مورد نظر است [۲۳].

$$n=\frac{n_0N}{N+n_0} \qquad (۳)$$

اگر مقدار پراکندگی کل σ^2 در طول مراحل محاسبه مشخص نباشد این مقدار به کمک s^2 جبران می‌شود. در بررسی مسیرهای نمونه فاصله اطمینان ۹۵٪ در نظر گرفته شده است [۲۳].

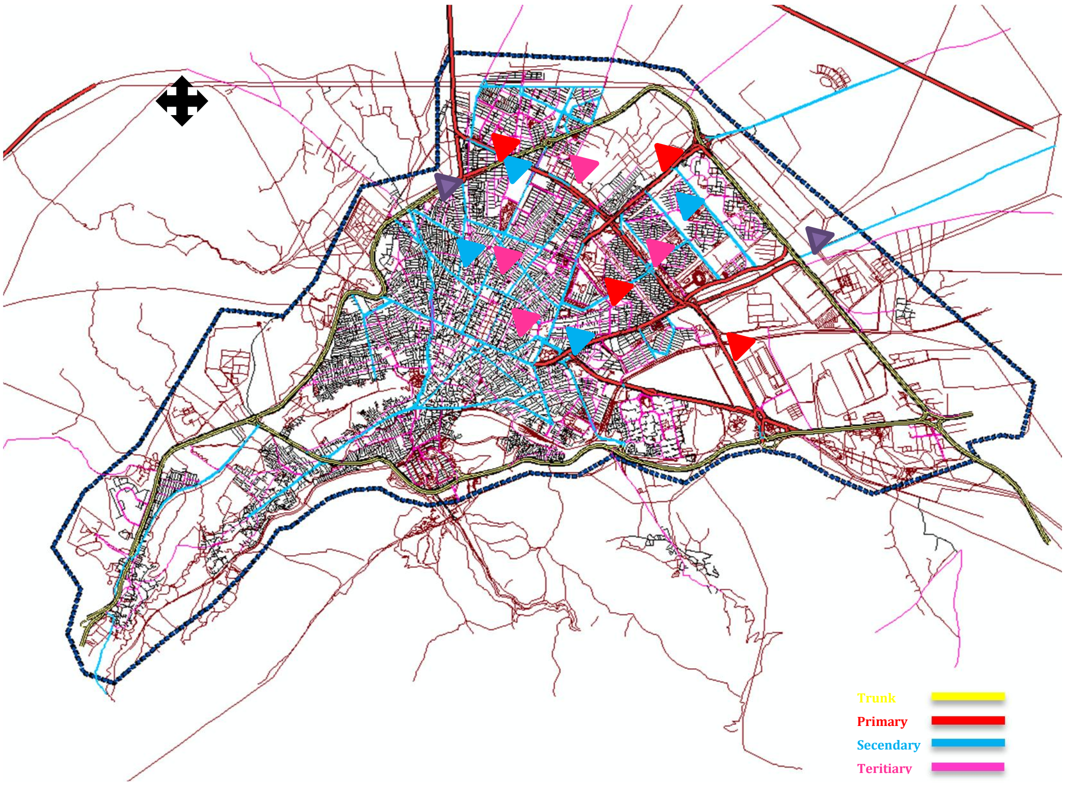
براساس نتایج محاسباتی طول کل شبکه جاده‌ای در هرکدام از شهرهای مورد مطالعه و همچنین طول مسیر نمونه نهایی حاصل از روش SSM در جدول ۴ آورده شده و با نتایج بدست آمده از پژوهش‌های مشابه برای صحه‌سنجی مقایسه به عمل آمده است.

روش خوشه‌بندی سلسه مراتبی یک روش تجزیه و تحلیل تصمیم چند هدفه و ترکیبی از تحلیل کیفی و کمی است که توسط توماس ال ساعتی، دانشمند تحقیقات عملیاتی ایالات متحده پیشنهاد شده است. روش خوشه‌بندی سلسه مراتبی، مسئله پیچیده را به چندین سلسله مراتب و چندین عامل تجزیه، و سپس اهمیت هر دو عامل را در یک سلسله مراتب مقایسه و ارزیابی می‌کند، جدول تصمیم‌گیری[1] را تشکیل می‌دهد و وزن طرح‌های مختلف را با محاسبهٔ حداکثر مقدار ویژه و بردار ویژه جدول تصمیم‌گیری تعیین می‌کند [۲۳].

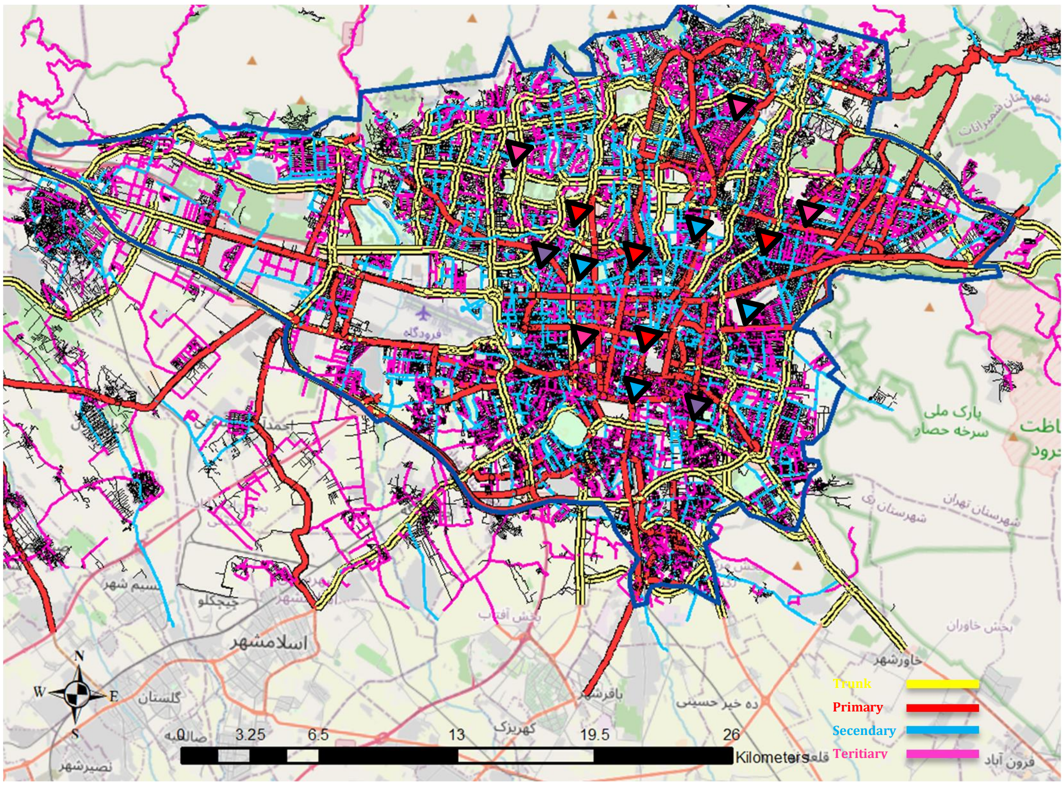


شکل ۲ محدودهٔ مورد بررسی شهر رشت به همراه نقاط نظارتی

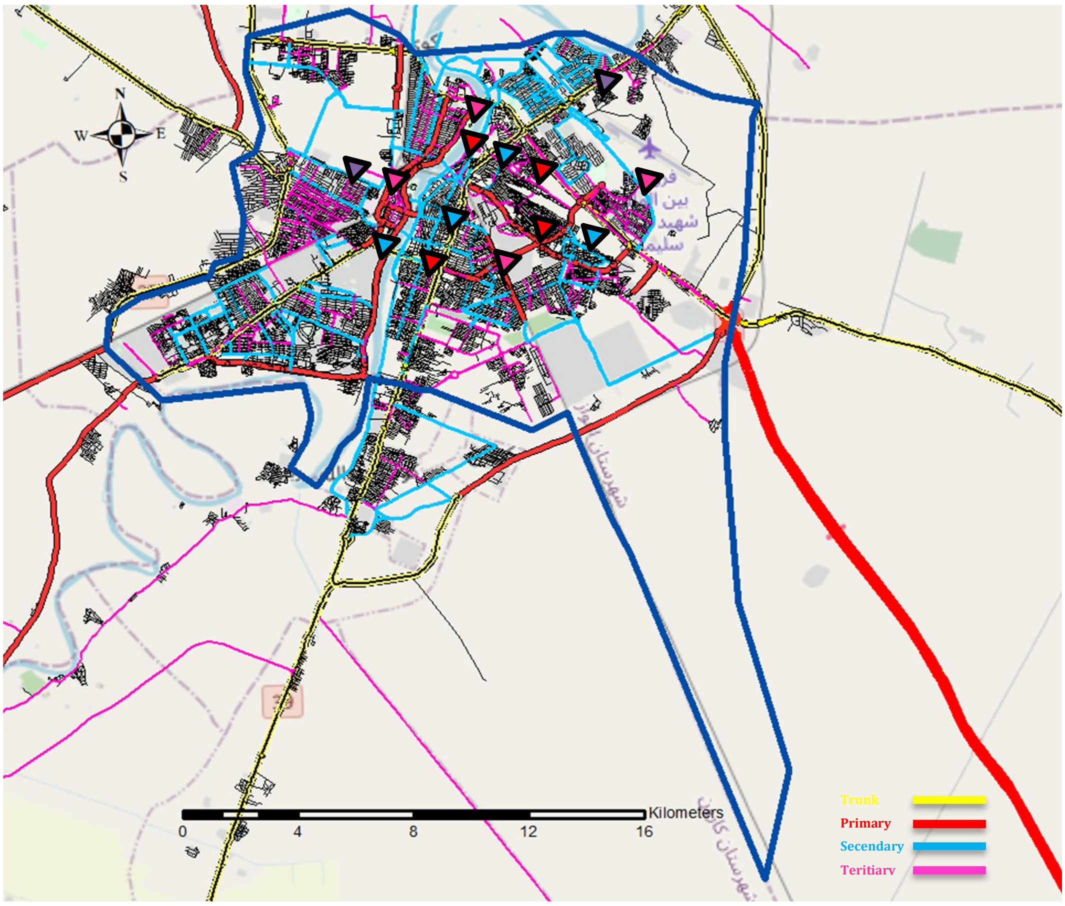
[1] Judgement Matrix



شکل ۳ محدودهٔ مورد بررسی شهر اراک به همراه نقاط نظارتی



شکل ٤ محدودهٔ مورد بررسی شهر تهران به همراه نقاط نظارتی



شکل ۵ محدودهٔ مورد بررسی شهر اهواز به همراه نقاط نظارتی

جدول ٤ طول مسیر نمونه نهایی و مقایسه با طول مسیر سایر چرخه‌ها

شهر	طول کل شبکه جاده‌ای (km)	طول مسیر نمونه داده‌برداری (km)	نسبت
سمنان	۶۰۶,۸	۱۱,۴	۵۳,۴
اراک	۱۱۵۱,۴	۱۲,۹	۸۹,۳
تهران	۱۰۷۳۰,۶	۱۵,۴	۶۹۶,۸
رشت	۱۲۴۰,۸	۱۲,۵	۹۹,۳
اهواز	۲۵۱۴,۴	۱۳,۳	۱۸۹,۱
شیان (چین) [۲۳]	۲۵۶۲,۰	۳۸,۵	۶۶,۵
مشهد (ایران) [۱۸]	۴۷۰۶,۰	۱۵,۰	۳۱۳,۷

در ادامه، به بررسی و تعیین نسبت انواع جاده (بزرگراه، خیابان اصلی، خیابان فرعی،کوچه) در هریک از شهرهای مورد بررسی به کمک روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی پرداخته شده است، هدف از این فرایند آن است که وزن هر نوع از انواع جاده را بدست آورده تا بتوان سهم هر نوع از جاده از طول کل مسیر نمونه نهایی را مشخص کرد. مراحل تعیین نسبت انواع مختلف جاده‌های آزمایشی بر اساس روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی در ادامه آورده شده است.

اولین قدم ساختن یک الگوی ساختار سلسله مراتبی است که مسئله را به سه سلسله مرتب تقسیم می‌کند که شامل سلسله مراتب هدف، سلسله مراتب معیار و سلسله مراتب طرح می‌باشد. با توجه به پیشینه تحقیق متغیرهای

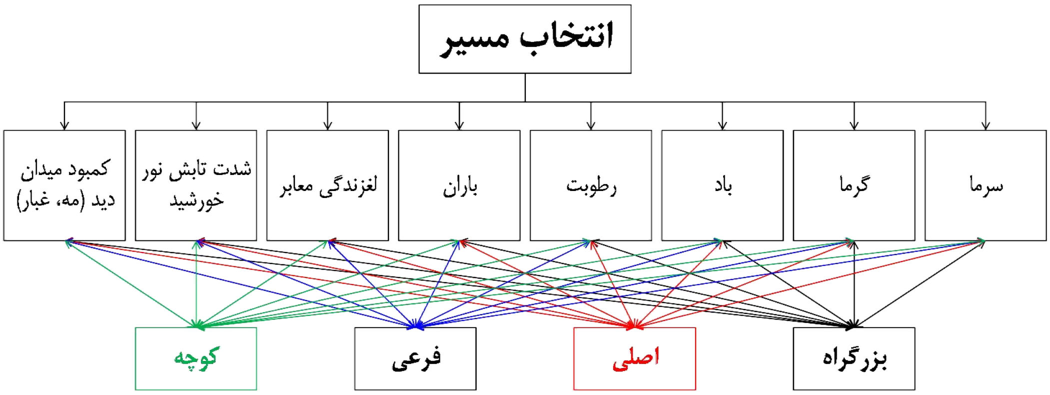
مختلف زیادی بر استخراج چرخهٔ رانندگی تأثیرگذار هستند که آن‌ها را به سه دسته کلی متغیرهای محیطی (مانند: شیب، دما، رطوبت، باران، باد)، متغیرهای خودرو (مانند: قدرت موتور، نوع سوخت مصرفی، نوع گیربکس، نوع خودرو، سیستم تعلیق) و متغیرهای مرتبط با راننده (مانند: سن راننده، مقدار تجربه رانندگی، شناخت مسیر، زمان رانندگی، مدت زمان رانندگی) تقسیم‌بندی می‌شود لذا برای انجام تحقیقات فقط متغیرهای مرتبط و تأثیرگذار در موضوع مورد بررسی در نظر گرفته می‌شود، با نظر به اینکه موضوع پژوهش بررسی اثرات اقلیم جغرافیایی بر مشخصه‌های داده‌های آماری و چرخهٔ رانندگی است فقط متغیرهای محیطی که خود در برگیرنده مؤلفه‌های اقلیمی و آب و هوایی بوده که مهم‌ترین و تأثیرگذارترین آن‌ها (۱) لغزندگی معابر (در اثر یخبندان، برف، باران و ...)، (۲) باد، (۳) رطوبت، (۴) کمبود میدان دید (در اثر مه، گرد و غبار و ...)، (۵) سرما، (۶) گرما، (۷) باران، (۸) شدت تابش نور خورشید، مد نظر قرار گرفته است [۲۳].

لازم به ذکر است که علاوه برمتغیرهای اقلیمی یاد شده، متغیرهای دیگری مانند فشار سطحی، تبخیر و تعرق، چگالی هوا، مؤلفه باد شمالی و شرقی و متغیرهای پیش‌بینی کننده اقیانوسی شامل: ارتفاع از سطح دریا، سرعت باد مداری و نصف النهاری، شوری نیز در اقلیم ایران تأثیر گذار هستند که در اینجا در نظر گرفته نشده‌اند، زیرا تحلیل عاملی عناصر اقلیمی سالانه ایران نشان می‌دهد که اقلیم ایران عمدتاً حاصل عملکرد عوامل اقلیمی، (۱) لغزندگی معابر (در اثر یخبندان، برف، باران و ...)، (۲) باد، (۳) رطوبت، (۴) کمبود میدان دید (در اثر مه، گرد و غبار و ...)، (۵) سرما، (۶) گرما، (۷) باران، (۸) شدت تابش نور خورشید، است [۲۴].

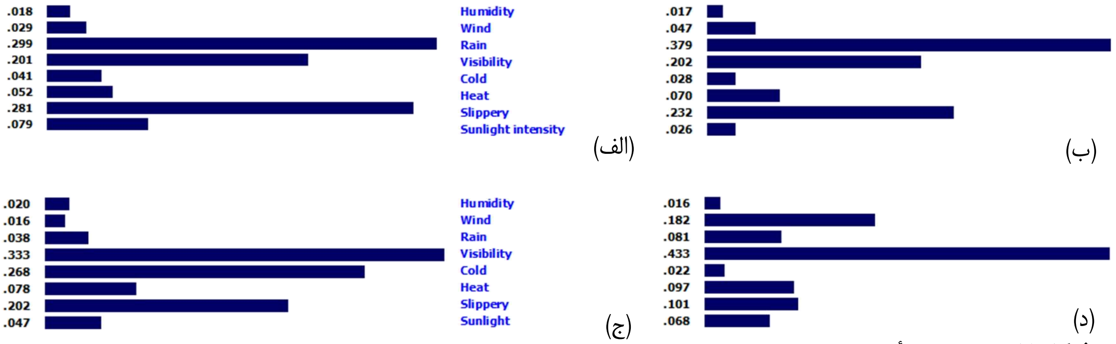
پس از مشخص شدن اقلیم‌های حاکم و غالب بر پهنه سرزمین ایران و همچنین با بررسی امتیازات عاملی (مقدار تأثیر هر مؤلفه اقلیمی در تعیین اقلیم جغرافیایی) هرکدام از متغیرهای تأثیرگذار در تعیین و تغییر اقلیم و مشخص کردن متغیرهایی از این دسته که بر شرایط جاده و رانندگی تأثیر گذار هستند ، پرسشنامه‌هایی بر این اساس تنظیم و توسط ۳۵ راننده بومی هر شهر تکمیل گردید، و با میانگین‌گیری از داده‌های حاصل از پرسشنامه‌ها، ترجیحات انتخاب مسیر رانندگان در شرایط جوی موجود و حاکم بر هر شهر مشخص و با استفاده از روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی به آن‌ها وزن داده شد. برای این امر ابتدا جدول تصمیم‌گیری، که جدول تصمیم‌گیری سلسله مراتب طرح (چهار نوع مسیر داده‌برداری بزرگراه، مسیر اصلی، مسیر فرعی و کوچه) نسبت به سلسله مراتب معیار (هشت متغیر اقلیمی که در بالا ذکر شده است.) نیز نامیده می‌شود، استخراج شد و به دنبال آن جدول‌های سلسله مراتب معیار نسبت به هدف (انتخاب مسیر) تحت عنوان جدول سلسله مراتب مشخص شد.

با توجه به الگوی ساختار سلسله مراتبی نشان داده شده در شکل ۶ که بر اساس متغیرهای مهم و تأثیرگذار اقلیمی و آب و هوایی در چرخه رانندگی (سلسله مراتب معیار) و انواع جاده‌های مورد نظر (سلسله مراتب طرح) ایجاد شده است، پرسشنامه‌ای شامل ۷۶ سوال مقایسه زوجی تنظیم شد که شامل مقایسه زوجی بین هر دو عامل سلسله مراتب معیار (۲۸ پرسش) و مقدار تأثیر سلسله مراتب طرح بر سلسله مراتب معیار (۴۸ سوال) است که اهمیت نسبی این عوامل نسبت به یکدیگر به ۹ سطح تقسیم، سپس پرسشنامه‌ها بین تعدادی از رانندگان توزیع شد [۲۳].

تأثیر متغیرهای اقلیمی (سرما، باد و ...) به صورت کیفی از طریق انجام داده‌برداری در اقلیم‌های متفاوت و همچنین با طرح پرسشنامه‌ای در بین رانندگان بومی هر اقلیم که چه مسیری در شرایط خاص اقلیمی آن شهر اتخاذ می‌کنند، اعمال شده است و به این نکته باید توجه کرد که تعیین اقلیم‌های جغرافیایی و دسته‌بندی آن‌ها با توجه به شاخص‌های اقلیمی (بارش، دما و ...) سالانه انجام می‌شود، که با انجام تحقیق در اقلیم‌های مختلف، تأثیر این متغیرها بر نتایج تا حدی ممکن شده است. همچنین مقدار تأثیر هر یک از عوامل اقلیمی یاد شده در انتخاب مسیر رانندگان از پرسشنامه‌ها استخراج گردید و با نرم‌افزار Expert Choice بررسی شد که نتایج آن در شکل ۷، برای هر شهر ارائه شده است.



شکل ٦ الگوی ساختار سلسله مراتبی متغیرهای محیطی



شکل ۷ نمودار مقدار تأثیر هر یک از متغیرهای اقلیمی در انتخاب مسیر رانندگان در شهرهای الف) رشت، ب) اراک، ج) اهواز و د) تهران

پس از بررسی و حذف پرسشنامه‌های نامعتبر (پرسشنامه‌هایی که توسط افراد بدون سابقه رانندگی و یا کمتر از یک سال سابقه رانندگی فاقد اعتبار است و همچنین افرادی که در آن شهر مسافر بوده و بومی آن شهر نباشد)، از پاسخ پرسشنامه‌ها میانگین گرفته و سپس داده‌های حاصل در نرم افزار Expert Choice مورد تحلیل و بررسی قرار داده شد که نتایج آن در شکل ۸ نشان داده شده است. در ادامه، به کمک نتایج حاصله جدول تصمیم‌گیری سلسله مراتب معیار نسبت به سلسله مراتب هدف و همچنین جدول تصمیم‌گیری سلسله مراتب معیار نسبت به سلسله مراتب طرح (B1,B2,...,B8) به کمک نرم افزار Expert Choice محاسبه و استخراج شد.

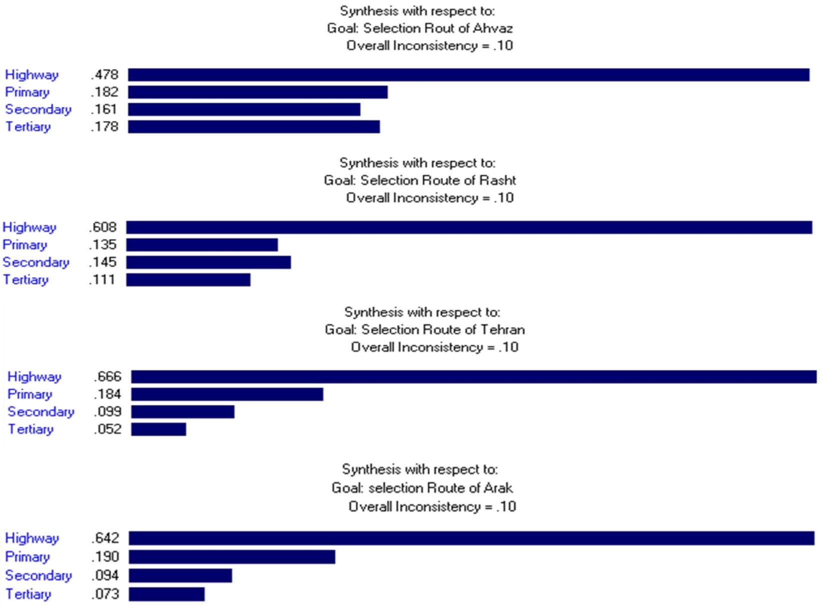
در ادامه، برای بررسی صحت روش انجام شده از شاخص سازگاری استفاده شد که رابطه آن در معادله ۴ نشان داده شده است [۲۳].

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \qquad (۴)$$

که λ_{max} بزرگترین مقدار ویژه جدول تصمیم‌گیری و n تعداد اهداف جدول تصمیم‌گیری است. با توجه به اینکه در روش خوشه‌بندی امکان انحراف وجود دارد و این انحراف ممکن است به دلایل تصادفی رخ دهد، لازم است CI با RI یا شاخص سازگاری تصادفی مقایسه شود تا از صحت روش استفاده شده و نتایج بدست آمده اطمینان حاصل شود. طبق معادله ۵ مقایسه انجام شد [۲۳].

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad (۵)$$

که مقدار RI به تعداد اهداف مورد بررسی بستگی دارد که این مقادیر در جدول ۵ نشان داده شده است.



شکل ۸ نتایج حاصل از خوشه‌بندی سلسله مراتبی داده‌های استخراج شده از پرسشنامه‌ها بترتیب در شهرهای اهواز، رشت، تهران و اراک

جدول ۵ مقادیر شاخص ناسازگاری تصادفی

تعداد اهداف	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
RI	۰	۰	۰,۵۸	۰,۹۰	۱,۱۲	۱,۲۴	۱,۳۲	۱,۴۱	۱,۴۵	۱,۵۱

برای اطمینان از صحت نتایج بدست آمده مقدار CR کمتر از یک باشد که در این صورت جدول تصمیم‌گیری به طور مناسبی محاسبه شده، در غیر این صورت سازگاری رضایت بخشی وجود ندارد. طبق نتایج بدست آمده برای CR، سازگاری مناسبی بین جدول‌های تصمیم‌گیری و جدول اهداف وجود دارد، بنابراین می‌توان گام آخر این روش که محاسبه درصد وزنی اهداف است را بدست آورد. مقدار وزنی به کمک وزن هر طرح نسبت به هدف کلی که از معادلهٔ ۶ بدست آمده است، محاسبه می‌شود.

$$w = [\mathrm{w}_1^{\mathrm{T}} \quad \cdots \quad \mathrm{w}_8^{\mathrm{T}}] \times \mathrm{w}_{\mathrm{o}} \tag{۶}$$

$$A_{Ahvaz} = \begin{bmatrix} 1 & 7 & 9 & 9 & 2 & 7.5 & 8 & 9 \\ 0.14 & 1 & 4 & 6 & 7 & 0.5 & 2.5 & 5 \\ 0.11 & 0.25 & 1 & 4.2 & 5 & 1.87 & 1.5 & 1.4 \\ 0.11 & 0.2 & 0.24 & 1 & 9 & 5.5 & 6.5 & 7.5 \\ 0.5 & 0.14 & 0.2 & 0.1 & 1 & 7.5 & 4 & 4 \\ 0.13 & 0.48 & 0.53 & 0.18 & 0.13 & 1 & 3 & 2.14 \\ 0.13 & 0.4 & 0.7 & 10.5 & 0.25 & 0.33 & 1 & 1.6 \\ 0.1 & 0.2 & 0.7 & 0.13 & 0.25 & 0.47 & 0.63 & 1 \end{bmatrix}$$

$$B_{1Ahvaz} = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 9 & 9 \\ 0.2 & 1 & 7 & 8 \\ 0.11 & 0.14 & 1 & 1.3 \\ 0.11 & 0.13 & 0.8 & 1 \end{bmatrix} \qquad B_{2Ahvaz} = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 & 3 \\ 0.33 & 1 & 2 & 3 \\ 0.33 & 0.5 & 1 & 2 \\ 0.33 & 0.33 & 0.5 & 1 \end{bmatrix}$$

$$B_{3Ahvaz} = \begin{bmatrix} 1 & 6 & 7 & 7 \\ 0.17 & 1 & 3.6 & 3 \\ 0.14 & 0.28 & 1 & 1.6 \\ 0.14 & 0.33 & 0.63 & 1 \end{bmatrix} \qquad B_{4Ahvaz} = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 & 2 \\ 0.33 & 1 & 4 & 5 \\ 0.33 & 0.25 & 1 & 1 \\ 0.5 & 0.2 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$B_{5Ahvaz} = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 5.4 & 8 \\ 0.2 & 1 & 5 & 3 \\ 0.19 & 0.2 & 1 & 2 \\ 0.13 & 0.33 & 0.5 & 1 \end{bmatrix} \qquad B_{6Ahvaz} = \begin{bmatrix} 1 & 3.6 & 7 & 9 \\ 0.28 & 1 & 7.5 & 7.5 \\ 0.14 & 0.13 & 1 & 2 \\ 0.11 & 0.13 & 0.5 & 1 \end{bmatrix}$$

$$B_{7Ahvaz} = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 7 & 8 \\ 0.2 & 1 & 5 & 6 \\ 0.14 & 0.2 & 1 & 2 \\ 0.125 & 0.17 & 0.5 & 1 \end{bmatrix} \qquad B_{8Ahvaz} = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 & 5 \\ 0.33 & 1 & 2 & 4 \\ 0.33 & 0.5 & 1 & 2 \\ 0.2 & 0.25 & 0.5 & 1 \end{bmatrix}$$

جدول وزن انواع جاده‌های مربوط به هر شهر در زیر ارائه شده است که به ترتیب از سطرهای اول تا آخر هر جدول مختص به بزرگراه، جاده اصلی، جاده فرعی و کوچه است.

$$W_{Arak}=\begin{bmatrix}0.642\\0.190\\0.094\\0.073\end{bmatrix}\quad W_{Tehran}=\begin{bmatrix}0.666\\0.184\\0.099\\0.052\end{bmatrix}\quad W_{Ahvaz}=\begin{bmatrix}0.478\\0.182\\0.161\\0.178\end{bmatrix}\quad W_{Rasht}=\begin{bmatrix}0.608\\0.135\\0.145\\0.111\end{bmatrix}$$

قابل ذکر است که w_1^T تا w_8^T وزن‌های محاسبه شده طرح و w_0 وزن محاسبه شده معیارها است که نتیجه گام آخر در جدول w ارائه شده است. حال با استفاده از نتایج بدست آمده در مرحله قبل برای هر شهر می‌توان تناسب و طول انواع مختلف جاده در هر کدام از شهرهای مورد مطالعه را بدست آورد که در جدول ۶ درج شده است.

جدول ٦ سهم طول هر یک از انواع مسیرها از طول کلی مسیر داده‌برداری

	نوع مسیر	بزرگراه	خیابان اصلی	خیابان فرعی	کوچه
تهران	نسبت (٪)-طول (کیلومتر)	۶۶,۹ - ۱۰,۳	۱۸,۲ – ۲,۸	۹,۷ – ۱,۵	۵,۲ – ۰,۸
اهواز	نسبت (٪)-طول (کیلومتر)	۴۸,۱ – ۶,۴	۱۸,۰ – ۲,۴	۱۵,۸ – ۲,۱	۱۸,۰ – ۲,۴
اراک	نسبت (٪)-طول (کیلومتر)	۶۴,۳ – ۸,۳	۱۹,۴ – ۲,۵	۹,۳ – ۱,۲	۷,۳ – ۰,۹
رشت	نسبت (٪)-طول (کیلومتر)	۶۰,۸ – ۷,۶	۱۳,۶ – ۱,۷	۱۴,۰ – ۱,۸	۱۰,۹ – ۱,۴

در نهایت با استفاده از نتایج بدست آمده به تعیین مسیر نهایی برای داده‌برداری پرداخته شد که در این راستا به ساختار شبکه راه‌های شهری، توزیع تراکم جمعیت، مناطق تجاری، جاده‌های کمربندی داخلی و خارجی، تفاوت‌های مناطق، داده‌های بررسی جریان آمدوشُد، اندازه مسیر نمونه آزمایشی، نسبت و طول مسیرها توجه شد. همچنین برای کاهش تأثیر و یکسان‌سازی آمدوشُد مناطق مختلف شهری (مناطق پر ازدحام و پرجمعیت و بافت متراکم شهر که تأثیر مستقیم بر جریان آمدوشُد دارند) با استفاده از داده‌های آمدوشُد نقشهٔ گوگل که در آن داده‌های آمدوشُدی استخراج شده، دارای ۴ طیف رنگی (سبز، نارنجی، قرمز و زرشکی) هستند، و هر کدام بیانگر وضعیت آمدوشُدی در هر معبر است.

این طیف رنگی متناسب با محدودیت‌های سرعت هر منطقه معین می‌شود که سبز نشانه حرکت آزادانه خودروها، نارنجی نشانه آمدوشُد روان، قرمز نشانه آمدوشُد سنگین و زرشکی نشانه آمدوشُد خیلی سنگین (شامل حرکت و ایست خودرو[1]) است، مسیرهایی انتخاب شدند که جریان آمدوشُد در آن‌ها تا حد امکان یکسان باشد (توجه شود که هر طیف رنگی، بازه سرعتی را شامل می‌شود که در این بازه‌های سرعتی در هر شهر متغیرهای اقلیمی تأثیرات خود را نشان می‌دهند و موجب تفاوت در چرخهٔ رانندگی نهایی آن‌ها می‌شود.). روش‌های جمع‌آوری داده‌ها به طور کلی به دو دسته طبقه‌بندی می‌شوند: روش تعقیب اتومبیل و روش اندازه‌گیری مستقیم[2]. که بعدها تعدادی از محققین استفاده از سامانهٔ موقعیت‌یابی جهانی را به عنوان روش سوم نام بردند که در مطالعات دیگر نیز به عنوان روش اندازه‌گیری مستقیم طبقه‌بندی شد، علاوه بر این، روش ترکیبی اندازه‌گیری خودروی تعقیب‌کننده و مستقیم نیز به عنوان روش سوم در چندین مطالعه ذکر شده است. در حال حاضر، هیچ استاندارد واحد و واضحی برای طبقه‌بندی روش‌های جمع‌آوری داده‌ها وجود ندارد [۲۴].

در این پژوهش، با استفاده از برنامهٔ ثبت‌کنندهٔ سامانهٔ موقعیت‌یابی جهانی برای اندازه‌گیری و داده‌برداری متغیرهای مهم استفاده شده است، که در این نرم‌افزار فاصله زمانی به‌روزرسانی اطلاعات در آن هر یک ثانیه بوده که در نتیجه سرعت لحظه‌ای را می‌تواند ثبت کند و همچنین دقت داده برداری آن در حدود ۳ کیلومتر بر ساعت است که با توجه به بسیارکوچک بودن این مقدار در مقابل میانگین سرعت رانندگی (در حدود ۴۵ کیلومتر بر ساعت)، قابل چشم‌پوشی است. مشخصات این

[1] Stop-and-Go Traffic
[2] On-board

نرم‌افزار و تفن همراه مورد استفاده بترتیب در جدول‌های ۷ و ۸ ارائه گردیده است. داده‌برداری علاوه بر تلفن همراه ذکر شده در مقاله، با تلفن همراه دیگری با قابلیت های سخت افزاری بسیار مشابه تلفن همراه اصلی به صورت همزمان انجام شد، و در پایان از داده‌های خام بدست آمده گرافی رسم و با یکدیگر مقایسه انجام شد تا در صورت از دست رفتن بخشی از داده‌ها به صورت پراشی در گراف مشخص گردد و در صورت وجود به کمک داده‌های تلفن همراه دیگر داده‌های گمشده پوشش داده شود، که در روند داده‌برداری انجام شده، چنین مشکلی ایجاد نشد و تمام داده برداری‌ها کامل و با تلفن همراه معرفی شده صورت گرفته است. داده‌برداری به مدت یک هفته در هر شهر، و در ساعت مشخصی از روز، به صورت یک مرتبه (عدم تکرار داده‌برداری در یک روز) انجام شده است. مسیرهای نهایی تعیین شده برای هر شهر در شکل ۹ نشان داده شده است.

شکل ۹ مسیر نهایی داده‌برداری شهرهای مورد مطالعه در شهرهای الف) تهران، ب) اراک، ج) رشت و د) اهواز

جدول ۷ مشخصات نرم‌افزار مورد استفاده در داده‌برداری

نام برنامه	نوع فایل خروجی	حجم برنامه	مرجع دانلود
GPS logger	NMEA, KML, GPX, CSV	۴,۱ مگابایت	Openstreetmap

جدول ۸ مشخصات تلفن همراه مورد استفاده در داده‌برداری

الگو	سامانهٔ عامل	شبکه بی‌سیم	GPS	باتری	RAM	CPU	حافظهٔ داخلی
MI NOTE 10	اندروید ۱۱	Hotspot-Wifi -Infrard- Bluetooth	دارد	لیتیوم ۵۰۰۰ میلی‌آمپر/ ساعت	۸ گیگابایت	Octa-core Max2/2GHz	۱۲۸ گیگابایت

در طی مطالعه‌ای مشخص شد که ارقام اندازه‌گیری شده در ساعت هفت صبح و چهار بعد از ظهر بسیار مشابه هستند. این همان چیزی است که انتظار می‌رود، زیرا این دو دوره اندازه‌گیری از روز، ساعات شلوغی شهر هستند، زمانی که مردم معمولاً به محل کار خود رانندگی می‌کنند یا به خانه باز می‌گردند. ارقام اندازه‌گیری شده در اواخر بعد از ظهر

(۱۸:۰۰ بعد از ظهر) نشان می‌دهد که جاده بار آمدوشُد کمتری دارد، که این در میانگین سرعت بالاتر منعکس می‌شود که در نهایت به طور طبیعی به کاهش زمان کلی برای تکمیل سفر اشاره دارد [۲۵، ۲۶].

لذا به منظور سعی در یکسان‌سازی شرایط و زمان داده‌برداری در هر شهر و عدم تأثیر تغییر آب و هوا در فصول مختلف بر روند و نتایج داده‌برداری، هر چهار شهر در حدود دو ماه (آبان و آذر) و در یک فصل (پاییز) عملیات داده‌برداری انجام شده است (تا مبادا داده‌برداری مثلاً از یک شهر در تابستان و شهری دیگری در زمستان انجام و مقایسه شود زیرا در این تحقیق تغییرات اقلیمی مورد توجه است نه تغییرات فصلی). و همچنین زمان شروع داده‌برداری در هر شهر با توجه به زمان‌های پر تردد در هر شهر که با بررسی یک هفته‌ای داده‌های آمدوشُد برخط نقشهٔ گوگل استنتاج، و در جدول ۹ گردآوری و ارائه شده، بازه زمانی مشترکی که تردد در آن در بین شهرها یکسان باشد، انتخاب شد که نتیجه این بررسی در جدول ۱۰ ارائه شده و با سایر زمان‌های داده‌برداری در سایر مقالات مقایسه گردیده است.

جدول ۹ زمان‌های اوج سفر در شهرهای مورد مطالعه

عصر	صبح	شهر
۱۷:۳۰-۲۲:۳۰	۱۰:۳۰-۱۴:۵۰	رشت
۱۶:۰۰-۲۰:۵۰	۱۰:۴۵-۱۴:۰۰	اراک
۱۶:۳۰-۲۱:۱۵	۱۱:۱۵-۱۴:۳۰	تهران
۱۷:۳۰-۲۱:۰۰	۱۱:۰۰-۱۳:۴۵	اهواز

جدول ۱۰ زمان داده‌برداری از شهرهای مورد مطالعه

هند: چنای	اسپانیا: مادرید	کانادا: سلجی	اراک*	اهواز*	رشت*	تهران*	شهر
۱۷-۱۸	۱۳:۳۰-۱۴:۰۰	۷:۰۰ تا پایان داده برداری ۱۶:۰۰ تا پایان داده برداری	شروع در بازه ۱۱:۳۰ تا۱۲:۰۰ الی پایان داده برداری				زمان

* شهرهای مورد مطالعه در پژوهش حاضر

لازم به ذکر است روزهای داده‌برداری خارج از تعطیلات رسمی (روز جمعه جزو روزهای داده‌برداری است) و مناسبت‌های تقویمی که مؤثر بر آمدوشُد جاده و ایجاد سفرهای متأثر از این موارد بوده است (روزهایی که در آن تردد، به صورت غالب روزهای سال است مد نظر قرار گرفته). و همچنین داده‌برداری به صورت کلی از انواع شرایط آب و هوایی موجود در بازه زمانی داده‌برداری در هر شهر انجام شده است و روزهایی که شرایط مختلفی با سایر روزهای داده‌برداری در یک شهر، مانند بارش برف، باران، مه، گرد و غبار و غیره داشته است، تفکیک نگردیده و به صورت برآیندی از انواع شرایط آب و هوایی موجود در هر شهر بررسی شده است. (به صورت موردی تأثیر باران بر داده‌های رانندگی شهر رشت بررسی شده است). انتخاب یک نوع راننده، اختلاف انواع مختلف رانندگان را از بین می‌برد، بنابراین لازم نیست در مقایسهٔ چرخه‌های رانندگی، تأثیر انواع مختلف سبک‌های رانندگی رانندگان در نظر گرفته شود. که مشخصات راننده شرکت کننده و خودروی مورد استفاده بترتیب در جدول‌های ۱۱ و ۱۲ آورده شده است.

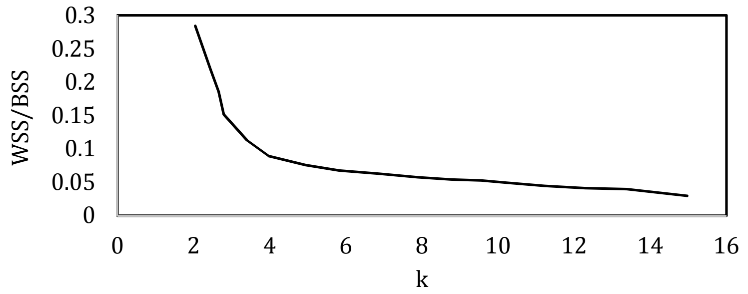
جدول ۱۱ مشخصات راننده

مشخصات	مقدار یا نوع
جنسیت	مذکر
سن	۲۷ سال
تحصیلات	کارشناسی
سابقهٔ رانندگی	۹ سال

جدول ۱۲ مشخصات خودروی مورد استفاده

نوع خودرو:	پژو پارس	نوع جعبه دنده:	دستی
سوخت مصرفی:	بنزین	نوع سامانهٔ ترمز:	دیسکی (جلو)- کاسه‌ای (عقب)
حجم موتور:	۱۷۶۱ (سی سی)	حداکثر سرعت:	۱۹۰ (کیلومتر بر ساعت)
وزن:	۱۱۶۵ (کیلوگرم)	شتاب صفر تا ۱۰۰:	۱۱ (ثانیه)

پس از داده‌برداری، ریزسفرها از کل داده‌های جمع‌آوری‌شده استخراج و چندین متغیر رانندگی برای توصیف ویژگی‌های رانندگی، ریز سفرها انتخاب شده و سپس برای طبقه‌بندی ریز سفرها روش خوشه‌بندی میانگین کی برای طبقه‌بندی ریز سفرها به کار گرفته شده است. با بررسی نمودار شکل ۱۰، مشاهده می‌شود که در تعداد چهار خوشه، نمودار کمترین پراکندگی درون خوشه‌ای به پراکندگی بین خوشه‌ای را بدست می‌دهد.



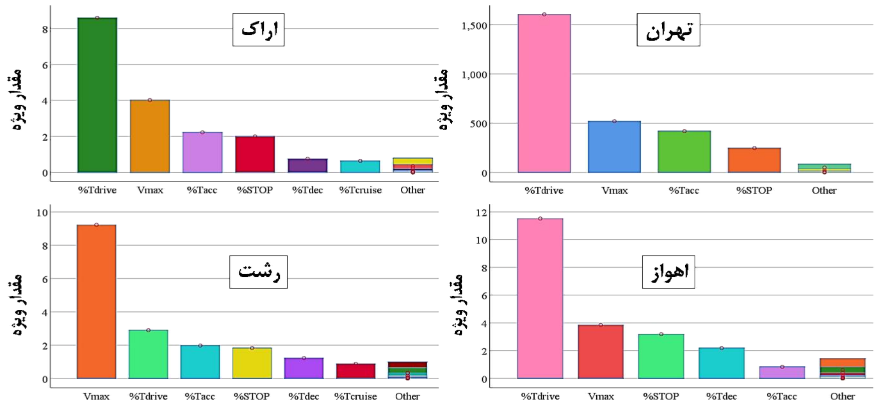
شکل ۱۰ نسبت پراکندگی درون خوشه‌ای به پراکندگی بین خوشه‌ای داده‌ها

۳- نتایج و بحث

پس از محاسبهٔ متغیرهای مشخصه چرخهٔ رانندگی که عبارت هستند از: زمان رانندگی، زمان توقف خودرو با دور درجا، زمان حرکت با سرعت ثابت، زمان شتابگیری، زمان کاهش شتاب، میانگین سرعت رانندگی، میانگین سرعت سفر، بیشینه سرعت حرکت، میانگین شتاب مثبت، میانگین شتاب منفی، انحراف از میانگین سرعت صفر، انحراف از میانگین شتاب داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی، داده‌ها به دو بعد اصلی کاهش یافته است که نتایج آن در شکل ۱۱ ارائه شده است.

مقدار مشارکت داده‌ها برای هر یک از مشخصه‌ها با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی که نتایج آن در جدول ۱۳ ارائه گردیده است. و همچنین نتایج خوشه‌بندی میانگین کی در شکل ۱۲ آورده شده است. با توجه به نتایج حاصل از شکل ۱۲ و مقایسهٔ آن‌ها با خوشه‌بندی داده‌های سمنان-تهران، (داده‌های دسته ۱ و داده‌های دسته ۲) [۲۷، ۲۸]، نشان می‌دهد که تعیین خوشه‌ها بر اساس فاصلهٔ اقلیدوسی و تشخیص مرز بین خوشه‌ها و همچنین انتخاب مرکز هر خوشه با توجه به پراکندگی درون خوشه‌ای، تقریباً مشابه نمودار خوشه‌بندی داده‌های سمنان- تهران است، که می‌توان دریافت خوشه‌بندی و انتخاب مراکز دسته‌ها به خوبی انجام شده است.

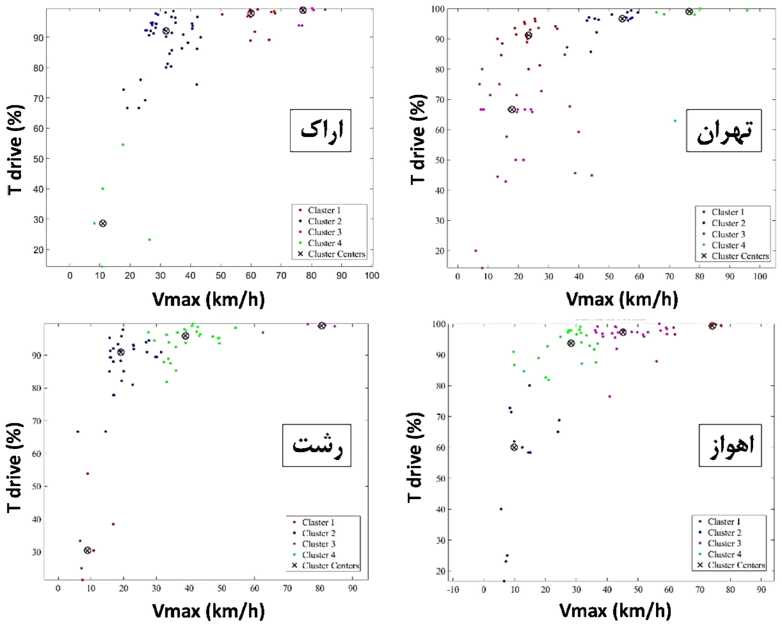
پس از طی مراحل بالا، نوبت به استخراج چرخه نهایی رانندگی برای هر شهر می‌رسد که بدین منظور مراکز دسته هر یک از خوشه‌های بدست آمده بر اساس فاصلهٔ اقلیدوسی در روش خوشه‌بندی میانگین کی مشخص و استخراج گردید، که نتایج آن در شکل ۱۲ ارائه شده است؛ سپس نزدیک‌ترین ریز سفر به مرکز هر خوشه در داده‌های هر شهر تعیین شد. که این امر برای هر چهار دسته موجود در داده‌های هر چهار شهر انجام شده و برای هر شهر چهار ریز سفر استخراج گردید، که از کنار هم قرار دادن چهار ریز سفر مربوط به هر شهر، چرخهٔ رانندگی نهایی برای هر کدام بدست آمد. نمودارهای سرعت- زمان و شتاب- زمان وابسته با هر شهر به تفکیک در شکل ۱۳ ارائه شده است.



شکل ۱۱ تحلیل مؤلفه‌های اصلی و پراکندگی مشخصه‌های رانندگی داده در شهرهای اراک، تهران، رشت و اهواز

جدول ۱۳ درصد مشارکت هر یک از متغیرهای مشخصه از داده‌های رانندگی

ویژگی	اهواز	اراک	تهران	رشت	شیان [۱۰]	سمند دورگه [۲۹]
T_{drive} (%)	۵۵,۵	۴۵,۳	۴۸,۹	۵۸,۸	–	–
V_{max} (km/h)	۲۴,۹	۳۱,۲	۲۸,۱	۲۵,۳	۲۲,۲	۵,۹
T_{acc} (%)	۱۱,۵	۹,۷	۱۰,۵	۷,۸	۸,۱	۲,۹
T_{stop} (%)	۶,۳	۳,۹	۵,۶	۵,۶	۰,۴	۴,۸
T_{dec} (%)	۴,۴	۳,۳	۳,۷	۵,۴	۰,۶	۲,۸
T_{cruise} (%)	۳,۲	۱,۸	۲,۸	۴,۶	–	۴,۸
V_{s-d} (km/h)	۲,۳	۱,۳	۱,۳	۱,۸	۱۰,۷	–
V_{t-m} (km/h)	۰,۹	۰,۵	۰,۸	۰,۸	۳۱,۲	–
a_{n-m} (m/s^2)	۰,۵	۰,۲	۰,۲	۰,۳	۰,۱	۳,۱
a_{s-d} (m/s^2)	۰,۰۶	۰,۱۳	۰,۱۴	۰,۱۵	۲,۰۰	۲,۸۱
V_{d-m} (km/h)	۰,۰۰۳	۰,۰۳۹	۰,۰۶۸	۰,۰۵۰	۲۶,۵۸۰	۳,۲۳۰
a_{p-m} (m/s^2)	۰,۰۰۱	۰,۰۰۵	۰,۰۲۴	۰,۰۱۳	۰,۱۸۰	۳,۷۱۰



شکل ۱۲ خوشه‌بندی میانگین کی داده‌های در شهرهای اراک، تهران، رشت و اهواز

برای مقایسهٔ مشخصه‌های رانندگی استخراج شده از چرخهٔ رانندگی نهایی نماینده هر شهر با مشخصه‌های رانندگی کل داده‌های جمع‌آوری شده از هر شهر داده‌هایی در قالب جدول ۱۴ تهیه و ارائه گردیده است، که با توجه به اختلاف کم متغیرهای مشخصه حاصل از چرخهٔ رانندگی نماینده هر شهر با کل داده‌های جمع‌آوری شده (اختلاف میانگین حدود ۷٪) از هر شهر، می‌توان اطمینان حاصل کرد که چرخه نماینده به خوبی انتخاب و ساخته شده است که توانسته گویای ویژگی‌های غالب رفتار و متغیرهای رانندگی آن شهر باشد. در ادامه به مقایسهٔ چرخه‌های رانندگی استخراج شده با چرخه‌های رانندگی استخراج شده در مقالات دیگر پرداخته شده است. و همچنین بدین منظور متغیرهای استخراج شده از چرخه‌های رانندگی شهرهای مورد مطالعه به همراه متغیرهای سایر چرخه‌های استاندارد و دیگر چرخه‌های رانندگی استخراج شده در سایر مقالات در قالب جدول ۱۵ تنظیم و ارائه شده است.

نمودار شتاب-زمان شهر تهران مانند نمودار شتاب- زمان چرخهٔ رانندگی شهر نانجینگ[1] در سال ۲۰۰۹ [۱۳]، نرم‌تر از سایر شهرها به نظر می‌رسد، که نشان دهنده رفتار ملایم‌تر رانندگی در این شهرها است، و همچنین تعداد شتابگیری‌ها در شهر رشت و شهر نانجینگ در سال ۲۰۱۷ بیشتر از سایر شهرها است که این موضوع در شهر رشت می‌تواند به خاطر وجود بارندگی‌های زیاد و آمدوشُد حاصل از آن باشد؛ با توجه به نمودارهای شهر رشت و نمودار چرخهٔ رانندگی شهر نانجینگ در سال ۲۰۰۹، می‌توان دریافت که کاهش شتاب سریع و مکرر در این دو شهر بیشتر از سایر شهرها است، و از طرفی نمودار سرعت- زمان شهرهای رشت و اهواز در بخش بزرگراهی از حیث نوسانات سرعت و مدت زمان ریز سفر مشابه نمودار سرعت- زمان شهر نانجینگ در سال ۲۰۱۷ [۱۳]، است.

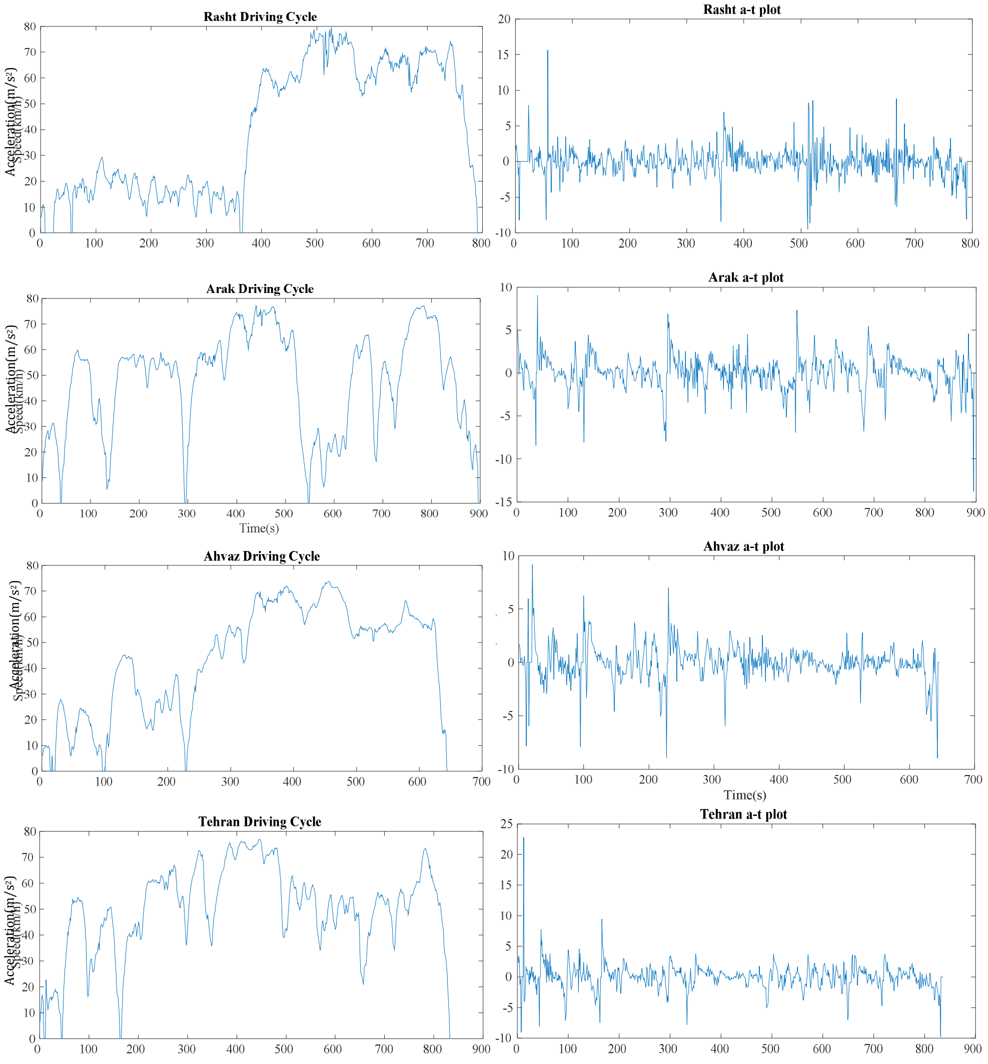
برای بررسی تأثیر باران بر داده‌های چرخهٔ رانندگی و مقایسهٔ آن‌ها با داده‌های رانندگی در شرایط بدون بارش باران، داده‌های شهر رشت را که در روزهای بارانی و غیر بارانی جمع‌آوری شده بودند تفکیک و متغیرهای مشخصه هرکدام استخراج و چرخهٔ رانندگی از داده‌های هر دو دسته تحت عنوان چرخهٔ رانندگی بارانی و غیر بارانی ساخته شد. که بدین منظور نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی و در پی آن خوشه‌بندی به روش میانگین کی برای هر یک انجام شده که نتایج آن در شکل‌های ۱۴ تا ۱۷ نشان داده شده است و همچنین نتایج متغیرهای مشخصه رانندگی در هر دو شرایط بارانی و غیربارانی در جدول ۱۵ ارائه گردیده است. در نهایت، نمودار چرخهٔ رانندگی روزهای بارانی و غیر بارانی در شکل‌های ۱۸ و ۱۹ آورده شده است. با انجام مقایسه با چرخه‌های استخراج شده در سایر مقالات که در جدول ۱۵ ارائه گردیده، مشاهده می‌شود که مقدار میانگین شتاب منفی در شهرهای مورد مطالعه بیشتر از میانگین سایر چرخه‌های استاندارد مانند چرخه JP-15-10، HWFET، ECE-15 [۲۸] و چرخهٔ رانندگی محدودهٔ غربی تهران [۲۵] است که می‌تواند به دلیل اثر وقفه‌های آمدوشُدی ناشی از ازدحام یا تقاطع‌های علامت‌دار و یا در اثر کمبود میدان دید که ناشی از بارش باران، مه و گرد و غبار است، باشد که میانگین شتاب منفی شهرهای اهواز و رشت بزرگتر از میانگین جدول قرار دارد که در این دو شهر عوامل ذکر شده مشهودتر است. همینطور میانگین شتاب مثبت در شهرهای تهران، رشت، اهواز و اراک از مقادیر موجود در چرخه‌های استاندارد مانند چرخهٔ رانندگی جدید اروپا[2]، چرخهٔ رانندگی بیرون شهر[3] [۲۸] و چرخهٔ رانندگی محدوده غربی تهران [۲۵] بیشتر است که این امر می‌تواند متأثر از سبک رانندگی باشد.

با بررسی نتایج بدست آمده مشخص شد که زمان توقف چرخهٔ رانندگی در باران ۸۴٪ بیشتر از چرخهٔ رانندگی بدون بارش باران است و همچنین میانگین سرعت رانندگی در شرایط بارش باران حدود ۲۱٪ از رانندگی در شرایط بدون بارندگی کمتر است و از طرفی درمقایسه با چرخهٔ رانندگی تهران- آمل [۲۷]، ۱۶٪ کمتر است. علاوه بر آن با توجه به داده‌های مدت زمان رانندگی ارائه شده در جدول ۱۵ می‌توان دریافت که مدت زمان سفر در شرایط بارندگی حدود ۱۸٪ بیشتر از رانندگی در شرایط بدون باران است.

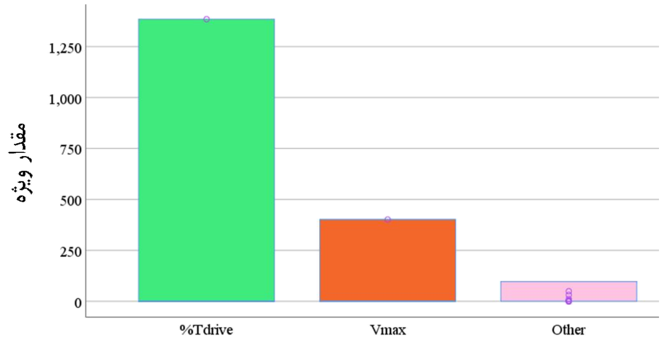
[1] Nanjing
[2] New European Driving Cycle (NEDC)
[3] Extra Urban Driving Cycle (EUDC)

از سوی دیگر میانگین سرعت سفر در شرایط بدون باران حدود ۲۲٪ بشتر از میانگین سفر در شرایط بارانی است که در مقایسه با چرخهٔ رانندگی اسکارسی [۲۸]، ۸٪ کمتر است؛ که این امر می‌تواند به دلیل وجود آمدوشُد ناشی از بارندگی و شرایط جوی نامساعد باشد. در نهایت از نتایج حاصل شده می‌توان دریافت که شرایط آب و هوایی مانند باران تأثیر چشم‌گیر و قابل توجهی بر متغیرهایی رانندگی همچون میانگین سرعت رانندگی، میانگین سرعت سفر، زمان توقف و مدت زمان سفر می‌گذارد که این امر نشان‌دهنده اهمیت تأثیر شرایط اقلیمی بر داده‌های رانندگی است.

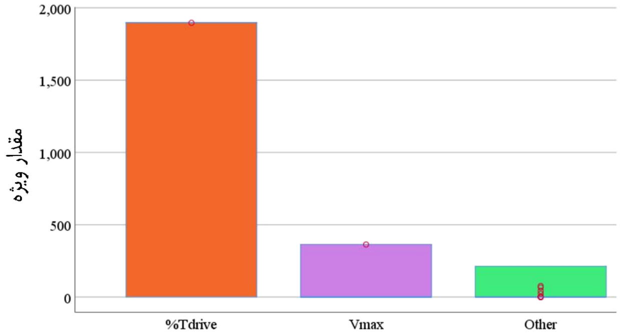
میانگین سرعت سفر در شهرهای اهواز، اراک، رشت در حدود میانگین جدول ۱۵ در مقایسه با چرخه‌های استاندارد مانند Dublin، FTP-75 و OSCAR C [۲۸]، قرار دارد و این در حالی است که میانگین سرعت سفر در شهر تهران، بیشتر از میانگین جدول قرار دارد. درصد زمان کاهش شتاب شهرهای اهواز، رشت و اراک در رده‌های بالا و مقدار این متغیر برای شهر تهران در حدود میانگین جدول قرار دارد. زمان ثابت بودن سرعت برای تمامی شهرهای مورد مطالعه در رده‌های پایینی جدول قرار دارد. درصد زمان رانندگی در شهرهای تهران، اراک و اهواز در رده‌های بالای جدول بوده، در حالی که درصد زمان رانندگی برای شهر رشت در رده‌های میانی قرار دارد.



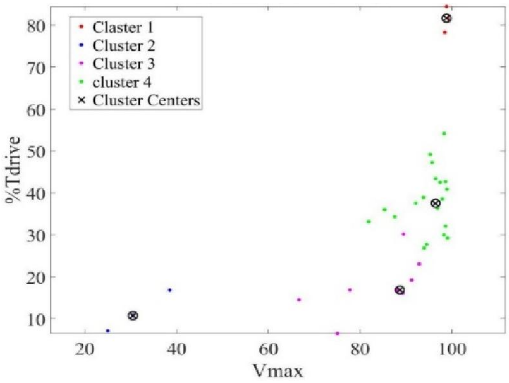
شکل ۱۳ نمودار چرخهٔ رانندگی و نمودار شتاب- زمان شهرهای مورد مطالعه اهواز و تهران



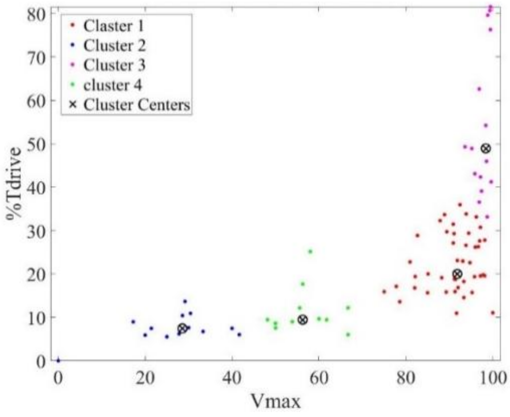
شکل ۱۴ نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی و پراکندگی مشخصه‌های رانندگی داده‌های شهر رشت در شرایط بدون باراش باران



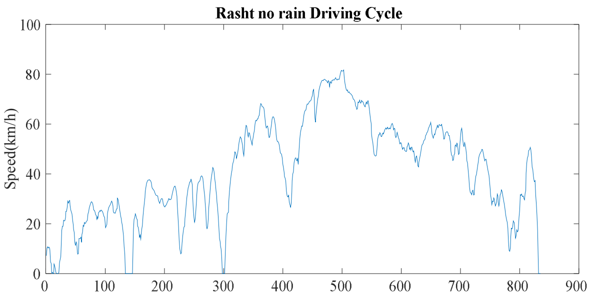
شکل ۱۵ نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی و پراکندگی مشخصه‌های رانندگی داده‌های شهر رشت در شرایط باراش باران



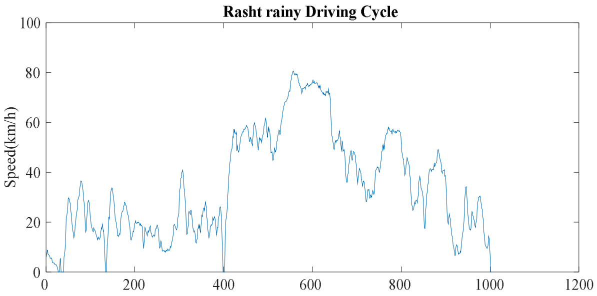
شکل ۱۶ خوشه‌بندی میانگین کی داده‌های شهر رشت در شرایط بدون بارش باران



شکل ۱۷ خوشه‌بندی میانگین کی داده‌های شهر رشت در شرایط بارش باران



شکل ۱۸ نمودار چرخهٔ رانندگی شهر رشت در شرایط بدون بارش باران



شکل ۱۹ نمودار چرخهٔ رانندگی شهر رشت در شرایط بارش باران

جدول ۱۴ مقایسهٔ متغیرهای چرخهٔ رانندگی نماینده با کل داده‌های جمع آوری شده

	T_{drive} (%)	T_{stop} (%)	V_{max} (km/h)	T_{cruise} (%)	T_{acc} (%)	T_{dec} (%)	V_{d-m} (km/h)	V_{r-m} (km/h)	a_{p-m} (m/s2)	a_{n-m} (m/s2)	V_{s-d} (km/h)	a_{s-d} (m/s2)
اراک (همهٔ داده‌ها)	۹۴,۷	۲,۳	۷۸,۶	۹,۶	۴۶,۵	۴۰,۱	۴۶,۶	۱۰,۰	۰,۶	−۰,۶	۴۷,۷	۲,۳
اراک	۹۸,۴	۱,۶	۷۷,۲	۱۰,۵	۴۸,۷	۳۹,۳	۴۸,۵	۴۱,۷	۱,۷	−۱,۷	۵۱,۷	۱,۹
اهواز (همهٔ داده‌ها)	۹۵,۴	۳,۶	۷۵,۰	۹,۲	۴۴,۲	۴۱,۹	۴۲,۶	۷,۳	۰,۴	−۰,۴	۴۷,۳	۱,۱
اهواز	۹۷,۱	۲,۹	۷۳,۸	۱۰,۸	۴۲,۴	۴۳,۸	۴۱,۰	۳۷,۷	۱,۲	−۱,۲	۴۸,۵	۱,۶
رشت (همهٔ داده‌ها)	۹۳,۷	۴,۳	۷۹,۵	۸,۲	۴۲,۹	۴۲,۷	۴۳,۱	۶,۶	۰,۳	−۰,۳	۴۶,۹	۱,۰
رشت	۸۹,۶	۳,۴	۷۶,۶	۹,۲	۴۳,۵	۴۳,۹	۴۱,۳	۳۹,۹	۱,۴	−۱,۴	۴۷,۳	۲,۰
تهران (همهٔ داده‌ها)	۹۸,۱	۲,۶	۸۳,۸	۹,۵	۴۵,۷	۳۲,۰	۵۰,۷	۵,۴	۰,۳	−۰,۳	۵۴,۰	۱,۰
تهران	۹۸,۱	۱,۹	۷۹,۹	۱۰,۴	۴۷,۴	۲۹,۳	۵۶,۰	۵۰,۰	۱,۶	−۱,۶	۵۲,۹	۲,۰

درصد زمان کاهش شتاب در شهرهای اهواز، رشت و اراک در حدود ۴۰٪ بیشتر از تهران است که این مورد می‌تواند در اثر عوامل جوی و با توجه به شکل ۱۱ تمایل بیشتر رانندگان به انتخاب مسیرهای فرعی نسبت به مسیرهای اصلی که در شرایط جوی مختص به هر شهر، موجب آمدوشُد سنگین در معابر اصلی می‌شود، باشد. با توجه به نتایج بدست آمده از جدول و نمودار شتاب– زمان شهرها، درصد زمان توقف در شهرهای اهواز و رشت در حدود ۴۰٪ بیشتر از شهرهای دیگر است. و از سوی دیگر تعداد شتابگیری‌های مثبت و منفی با شیب زیاد در شهرهای اهواز، اراک و رشت بسیار بیشتر از تهران است که این امر می‌تواند ناشی از شرایط نامساعد آمدوشُدی ایجاد شده از شرایط نامساعد جوی مانند لغزندگی معابر، بارش باران و برف و یا کمبود میدان دید باشد، که تأثیر به سزایی بر شرایط آمدوشُدی و چرخه رانندگی دارند.

با توجه به جدول ۱۵ و مقایسهٔ حداکثر سرعت رانندگی شهرها با یکدیگر و در نظر داشتن حداکثر سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت به عنوان حداکثر سرعت رانندگی مجاز در بزرگراه‌های شهری و نزدیک بودن این مقدار با چرخه‌های رانندگی دیگر مانند Mashhad ،Hong-Kong و Dublin [۲۸]، مشاهده می‌شود که بیشترین اختلاف در حداکثر سرعت رانندگی بین چهار شهر، حدود ۶ کیلومتر در ساعت (حدود ۷٪ اختلاف) است که مقدار بسیار کوچک و قابل چشم‌پوشی است. در اینجا این متغیر می‌تواند به سبک رانندگی مرتبط باشد.

جدول ۱۵ متغیرهای مشخصه در چرخه‌های رانندگی سایر مقالات [۲۸] و تحقیقات حاضر

	T_{drive} (%)	T_{stop} (%)	T_{cruise} (%)	T_{acc} (%)	T_{dec} (%)	V_{d-m} (km/h)	V_{t-m} (km/h)	V_{max} (km/h)	a_{p-m} (m/s²)	a_{n-m} (m/s²)	V_{s-d} (km/h)	a_{s-d} (m/s²)
NEDC	۸۱,۲۰	۱۸,۸۰	۳۶,۰۹	۲۴,۰۲	۳۹,۸۹	۴۰,۰۵	۳۰,۸۷	۱۲۰,۰۰	۰,۶۰	−۰,۸۳	۲۶,۳۲	۰,۴۴
JP-10-15	۷۳,۹۴	۲۶,۰۶	۱۸,۱۸	۲۹,۵۵	۲۶,۲۱	۳۰,۷۳	۲۲,۷۰	۷۰,۰۹	۰,۳۷	−۰,۳۹	۱۹,۶۸	۰,۴۷
ECE-15	۷۶,۹۲	۲۳,۰۸	۲۵,۱۳	۲۷,۱۸	۲۴,۶۲	۲۳,۸۷	۱۸,۴۰	۵۰,۰۷	۰,۳۵	−۰,۳۹	۱۵,۵۸	۰,۴۷
EUDC	۹۱,۲۵	۸,۷۵	۴۹,۲۵	۲۹,۷۵	۱۲,۲۵	۶۸,۶۰	۶۲,۶۰	۱۲۰,۰۹	۰,۲۷	−۰,۴۲	۲۵,۸۸	۰,۳۸
FTP-72	۸۶,۱۹	۱۳,۸۱	۱۸,۰۴	۳۶,۹۶	۳۱,۱۹	۳۶,۶۰	۳۱,۶۰	۹۱,۱۵	۰,۴۳	−۰,۴۶	۲۱,۴۶	۰,۶۴
FTP-75	۸۷,۱۴	۱۲,۸۶	۲۰,۰۶	۳۶,۴۵	۳۰,۶۳	۳۹,۲۱	۳۴,۲۰	۹۱,۰۹	۰,۴۲	−۰,۴۶	۲۳,۵۱	۰,۶۳
HWFET	۹۹,۸۷	۱۳,۰۰	۳۷,۹۱	۳۴,۵۱	۲۷,۴۵	۷۷,۷۶	۷۷,۷۰	۹۶,۳۲	۰,۱۶	−۰,۱۸	۱۶,۰۰	۰,۲۹
OSCAR-C	۹۶,۰۱	۳,۹۹	۱۱,۹۷	۴۵,۱۴	۳۸,۹۰	۳۷,۲۳	۳۵,۸۰	۷۰,۷۶	۰,۴۸	−۰,۵۶	۱۸,۳۴	۰,۷۲
ARTEMIS	۹۸,۵۲	۱,۴۸	۲۱,۶۳	۳۹,۷۴	۳۷,۱۵	۵۸,۳۴	۵۷,۵۰	۱۱۱,۰۹	۰,۳۶	−۰,۳۷	۲۳,۶۵	۰,۵۶
Xi' an	۸۲,۱۰	۱۷,۹۰	۱۷,۳۰	۳۲,۹۰	۳۱,۹۰	−	۲۰,۷۴	۶۳,۸۶	۰,۷۸	−۰,۷۷	−	−
Winnipeg	۷۸,۲۰	۲۱,۸۰	۱۴,۹۰	۳۱,۴۰	۳۱,۲۰	−	۳۱,۴۰	۱۰۰,۰۰	۰,۶۰	−۰,۶۰	−	−
Dublin	۷۹,۳۰	۲۰,۷۰	۲۷,۶۰	۲۶,۷۰	۲۵,۰۰	−	۳۰,۸۷	۸۴,۵۰	۰,۶۲	−۰,۶۴	−	−
Mashhad	۸۹,۷۰	۱۰,۳۰	۴,۰۱	۴۰,۲۳	۵۵,۷۶	۲۹,۸۴	۲۸,۳۶	۷۸,۰۱	۰,۶۶	−۰,۷۰	۳,۱۴	۰,۵۳
Hong-Kong	۸۲,۲۰	۱۷,۸۰	۱۲,۰۰	۳۴,۵۰	۳۴,۲۰	−	۲۵,۰۰	۷۷,۷۰	۰,۶۰	−۰,۶۰	−	−
Ningbo	۸۰,۰۰	۲۰,۰۰	۱۱,۰۰	۳۷,۰۰	۳۳,۰۰	−	۲۳,۷۰	۶۰,۲۰	۰,۵۱	−۰,۵۸	−	−
Tianjin	۸۸,۰۰	۱۲,۰۰	۲۱,۰۰	۳۶,۰۰	۳۰,۰۰	−	۲۲,۵۰	۷۰,۲۰	۰,۳۶	−۰,۴۳	−	−
Tehran-Amol	۸۱,۶۶	۱۸,۳۳	۶,۵۹	۳۸,۷۰	۳۶,۲۷	۳۹,۰۷	۳۱,۹۱	۱۵۲,۰۵	۰,۱۶	−۰,۴۳	۰,۰۱	۰,۰۰
Tehran*	۹۸,۱۰	۱,۹۰	۱۰,۴۱	۴۷,۴۰	۲۹,۳۰	۵۵,۹۶	۵۰,۰۰	۷۹,۹۰	۱,۶۰	−۱,۶۰	۵۲,۹۳	۱,۹۷
Ahvaz*	۹۷,۱۰	۲,۹۴	۱۰,۸۴	۴۲,۴۰	۴۳,۸۱	۴۱,۰۲	۳۷,۷۰	۷۳,۸۰	۱,۲۰	−۱,۲۴	۴۸,۵۰	۱,۶۵
Rasht*	۸۹,۶۰	۳,۴۰	۹,۲۱	۴۳,۵۱	۴۳,۹۰	۴۱,۳۰	۳۹,۹۰	۷۶,۶۰	۱,۴۵	−۱,۴۵	۴۷,۳۰	۱,۹۶
Arak*	۹۸,۴۰	۱,۶۰	۱۰,۵۰	۴۸,۷۰	۳۹,۳۰	۴۸,۵۰	۴۱,۷۰	۷۷,۲۰	۱,۷۰	−۱,۷۰	۵۱,۷۰	۱,۹۰
Rasht (rainy)*	۹۸,۳۰	۳,۲۰	۱۸,۶۴	۴۰,۲۰	۳۹,۴۸	۳۳,۶۶	۳۳,۰۹	۸۰,۶۸	۱,۴۰	−۱,۳۷	۴۰,۱۰	۱,۶۰
Rasht (no rain)*	۹۶,۸۰	۱,۷۰	۸,۱۰	۴۴,۰۰	۴۴,۶۰	۴۲,۳۰	۴۰,۹۷	۸۱,۷۰	۱,۵۰	−۱,۵۳	۴۵,۸۰	۱,۹۴

* شهرهای مورد بررسی در این پژوهش

به طور کلی با بررسی‌های انجام شده نتیجه حاصل می‌شود که شرایط اقلیمی و آب و هوایی، تأثیر به سزایی بر داده‌های آماری و شرایط آمدوشُدی و در نهایت بر چرخه‌های رانندگی نهایی می‌گذارد، که نمونه‌هایی از این تأثیرات را در افزایش تعداد توقف‌ها و به دنبال آن افزایش تعداد دوره‌های کاهش شتاب سریع و ناگهانی در چرخه‌های اهواز و رشت نسبت به تهران و اراک مشاهده کرد. به عبارت دیگر می‌توان گفت که شرایط جوی نامساعد مانند برف، باران، مه و گرد و غبار و ... و همچنین نامساعد جاده‌ای مانند لغزندگی و یخبندان معابر، تأثیر به سزایی بر جریان آمدوشُد شهری و به دنبال آن بر چرخه رانندگی شهر نماینده آن اقلیم آب و هوایی می‌گذارد، به این صورت که عوامل یاد شده می‌تواند موجب کاهش میانگین سرعت سفر و افزایش تعداد توقف‌ها و به طبع، افزایش زمان کاهش شتاب در رانندگی می‌شود.

میانگین سرعت رانندگی شهرهای اهواز و رشت در حدود ۱۶ تا ۳۰٪ کمتر از شهرهای دیگر است و همچنین میانگین سرعت سفر شهر اهواز در حدود ۳۰٪ کمتر از تهران و حدود ۱۲٪ کمتر از اراک است و همچنین شرایط جوی مانند باران شدید که در اقلیم مرطوب پربارش مشاهده می‌شود و کمبود میدان دید که در اقلیم پربارش و مرطوب کم بارش که به ترتیب در اثر مه و گرد و غبار ایجاد می‌شود، علت آمدوشُدهای سنگین در مسیرهای اصلی است. در نتیجه آن مسیرهای فرعی جایگزین مسیرهای اصلی می‌گردد؛ ولی در هر دو صورت و در نهایت موجب کاهش میانگین سرعت سفر و میانگین سرعت رانندگی می‌گردد.

در مناطق اقلیمی با جو آب و هوایی مساعدتر مانند اقلیم‌های خشک و نیمه خشک تا نیمه مرطوب که عوامل اقلیمی شاخص آن‌ها تأثیرات کمتری بر شرایط رانندگی می‌گذارند، دوره‌های شتاب‌گیری مثبت و منفی و سرعت ثابت طولانی‌تر و تعداد توقف کمتری در چرخه‌های رانندگی آن‌ها مشاهده می‌شود. و همچنین اختلاف بین سرعت بزرگراهی و سایر مسیرها در شهرهای مختلف می‌تواند در اثر شلوغی بزرگراه‌ها که موجب تغیرات سرعت در سرعت‌های بالا شود، باشد و همچنین وجود عوامل کاهش میدان دید مانند بارندگی که موجب این چنین نوسانات سرعت در رانندگی می‌شود، باشد. و باید افزود که این گونه تغیرات سرعت بزرگراهی در چرخه‌های رانندگی استخراج شده در مطالعات دیگر از جمله نمودار چرخهٔ رانندگی شهر نانجینگ در سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۷ [۱۳]، نیز وجود دارد.

به این موضوع باید توجه داشت که کم بودن شتاب‌های مثبت و منفی در تهران نمی‌تواند تنها به دلیل وجود بزرگراه و آزادراه‌های بیشتر در این شهر باشد، زیرا باید در نظر داشت، شهر تهران همانطور که تعداد بزرگراه و آزادراهای بیشتری دارد، جمعیت و تعداد وسایل نقلیه و حجم آمدوشُد بسیار بیشتری نسبت به سایر شهرها نیز دارد. در ادامه، مشخصات هر یک از مسیرهای داده‌برداری در غالب جدول ۱۶ تا ۱۹ ارائه گردیده است.

جدول ۱۶ مشخه‌های داده‌های آماری هر یک از مسیرهای داده‌برداری در شهر اهواز فاصلهٔ ۱۳,۳ کیلومتر

	T_{total} (s)	$\%T_{drive}$	%stop	V_{max} (km/h)	$\%T_{cruise}$	$\%T_{acc}$	$\%T_{dec}$
اهواز ۱	۱۰۸۸	۹۷,۰	۲,۹	۷۴,۰	۹,۸	۴۶,۶	۴۰,۶
اهواز ۲	۹۱۲	۹۶,۰	۳,۷	۶۲,۰	۷,۰	۴۶,۸	۴۲,۷
اهواز ۳	۱۰۹۷	۹۹,۰	۲,۹	۷۶,۰	۹,۷	۴۷,۶	۴۰,۶
اهواز ۴	۱۱۶۶	۹۴,۵	۵,۶	۷۵,۳	۶,۷	۴۵,۹	۴۱,۹
اهواز ۵	۱۳۷۶	۹۷,۸	۲,۲	۷۷,۰	۹,۵	۴۶,۲	۴۲,۰
اهواز ۶	۱۳۵۷	۹۶,۵	۳,۵	۷۳,۸	۱۱,۹	۴۲,۶	۴۲,۴
اهواز ۷	۱۸۱۳	۸۹,۸	۱۰,۲	۷۴,۴	۸,۰	۳۸,۸	۴۳,۰

جدول ۱۷ مشخه‌های داده‌های آماری هر یک از مسیرهای داده‌برداری در شهر اراک فاصلهٔ ۱۲,۹ کیلومتر

	T_{total} (s)	$\%T_{drive}$	%stop	V_{max} (km/h)	$\%T_{cruise}$	$\%T_{acc}$	$\%T_{dec}$
اراک ۱	۱۱۸۵	۹۵,۴	۴,۶	۷۷,۰	۸,۵	۴۶,۰	۴۰,۹
اراک ۲	۱۰۰۳	۹۵,۰	۵,۰	۷۷,۸	۸,۳	۴۴,۹	۴۱,۹
اراک ۳	۱۰۳۵	۹۵,۲	۴,۸	۸۴,۶	۱۱,۲	۴۴,۳	۳۹,۶
اراک ۴	۱۱۸۴	۹۵,۷	۴,۳	۷۷,۳	۹,۰	۴۶,۵	۴۰,۳
اراک ۵	۱۱۷۳	۹۱,۸	۸,۲	۷۷,۱	۹,۲	۴۳,۷	۳۸,۹
اراک ۶	۱۰۹۲	۹۴,۹	۵,۱	۸۰,۷	۸,۹	۴۶,۱	۴۰,۰
اراک ۷	۱۰۹۲	۹۵,۰	۴,۹	۷۶,۵	۱۲,۵	۴۳,۶	۳۹,۰

جدول ۱۸ مشخه‌های داده‌های آماری هر یک از مسیرهای داده‌برداری در شهر رشت فاصلهٔ ۱۲٫۵ کیلومتر

	T_{total} (s)	%T_{drive}	%stop	V_{max} (km/h)	%T_{cruise}	%T_{acc}	%T_{dec}
رشت ۱	۱۴۲۶	۹۴٫۹	۵٫۱	۷۹٫۶	۶٫۰	۴۴٫۷	۴۴٫۲
رشت ۲	۱۴۰۴	۹۴٫۲	۵٫۸	۸۱٫۷	۸٫۱	۴۳٫۵	۴۲٫۶
رشت ۳	۱۱۹۳	۹۶٫۱	۳٫۹	۸۴٫۵	۸٫۶	۴۴٫۰	۴۳٫۴
رشت ۴	۱۴۰۵	۹۴٫۴	۵٫۶	۸۱٫۶	۸٫۲	۴۲٫۳	۴۳٫۲
رشت ۵	۱۸۸۱	۸۵٫۴	۱۴٫۶	۷۶٫۳	۶٫۷	۳۸٫۱	۴۰٫۶
رشت ۶	۱۳۴۹	۹۸٫۰	۲٫۰	۷۸٫۳	۹٫۴	۴۶٫۴	۴۲٫۲
رشت ۷	۱۵۴۹	۹۵٫۴	۴٫۶	۸۰٫۷	۱۰٫۵	۴۲٫۰	۴۳٫۰
رشت (با باران)	۱۰۰۳	۹۸٫۳	۳٫۲	۱۸٫۶	۱۸٫۶	۴۰٫۲	۳۹٫۴۸
رشت (بی باران)	۸۳۵	۹۶٫۸	۱٫۷	۸٫۱	۸٫۱	۴۴٫۰	۴۴٫۶

جدول ۱۹ مشخه‌های داده‌های آماری هر یک از مسیرهای داده‌برداری در شهر تهران فاصلهٔ ۱۵٫۴ کیلومتر

	T_{total} (s)	%T_{drive}	%stop	V_{max} (km/h)	%T_{cruise}	%T_{acc}	%T_{dec}
تهران ۱	۱۸۱۷	۹۴٫۱	۵٫۹	۷۸٫۴	۸٫۱	۴۵٫۵	۴۰٫۴
تهران ۲	۱۴۳۳	۹۴٫۸	۵٫۲	۷۸٫۳	۶٫۶	۴۶٫۳	۴۱٫۹
تهران ۳	۱۳۵۲	۹۱٫۴	۸٫۶	۸۰٫۲	۴٫۴	۴۶٫۲	۴۰٫۸
تهران ۴	۱۴۴۰	۹۴٫۰	۶٫۰	۹۵٫۸	۶٫۵	۴۶٫۸	۴۰٫۷
تهران ۵	۱۴۲۳	۹۵٫۳	۴٫۷	۷۶٫۹	۷٫۸	۴۶٫۸	۴۰٫۷
تهران ۶	۱۳۷۵	۹۳٫۷	۶٫۳	۸۲٫۵	۹٫۱	۴۳٫۶	۴۱٫۰
تهران ۷	۱۳۷۸	۹۵٫۷	۴٫۳	۷۷٫۴	۹٫۷	۴۴٫۴	۴۱٫۶

۴- نتیجه‌گیری

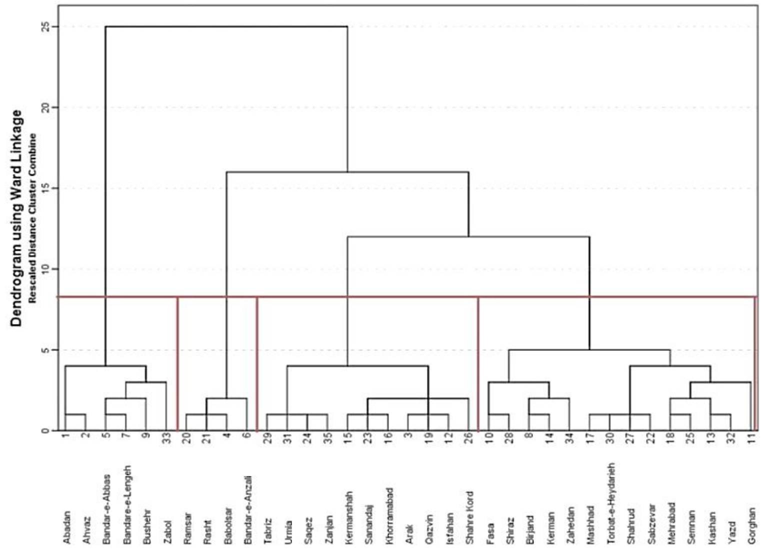
با انجام بررسی‌ها پیرامون اثرات اقلیم جغرافیایی بر مشخصه‌های داده‌های آماری و چرخهٔ رانندگی، نتایجی حاصل شد که خلاصه‌ای از آن به شرح زیر آورده شده است:

- تعداد دوره‌های شتابگیری مثبت و منفی با شیب زیاد با توجه به نمودار شتاب-زمان مربوط به شهرهای رشت، اهواز و اراک بیشتر از تهران است که این اختلاف در شهر رشت بخش بزرگراهی بیشتر از سایرین بوده، که این امر می‌تواند به دلیل شرایط آمدوشُدی نامساعد متأثر از شرایط نامساعد جوی مانند کمبود میدان دید در اثر مه، گرد و غبار موجود در ویژگی‌های اقلیمی آن‌ها باشد.
- مشخصه‌های اقلیمی سرما و رطوبت با داشتن وزن کمتر از ۵٪، تأثیر به نسبت کمی در انتخاب مسیر با توجه به روش انتخاب مسیر در این پژوهش دارند.
- درصد زمان توقف در شهرهای اهواز و رشت، حدود ۴۰٪ بیشتر از شهرهای دیگر است که این امر می‌تواند به دلیل وجود بارش‌های فراوان در رشت و بادهای شدید در اهواز که موجب غبار آلود شدن هوا می‌شوند، باشد.
- شرایط نامساعد اقلیمی و آب و هوایی موجب کاهش میانگین سرعت رانندگی و میانگین سرعت سفر می‌شود. که میانگین سرعت رانندگی شهرهای اهواز و رشت در حدود ۱۶ تا ۳۰٪ کمتر از شهرهای دیگر است و همچنین میانگین سرعت سفر شهر اهواز در حدود ۳۰٪ کمتر از تهران و حدود ۱۲٪ کمتر از اراک است، که شرایط نامساعد اقلیمی تأثیرگذار بر شرایط رانندگی در اراک و تهران به نسبت سایر شهرها کمتر است.
- در شهر تهران، تعداد و شدت دوره‌های شتابگیری مثبت و منفی کمتر از سایر شهرهای مورد بررسی است، که این امر می‌تواند در اثر ویژگی‌های اقلیمی حاکم بر آن باشد که تأثیرات منفی کمتری، نسبت به سایر شهرها بر شرایط رانندگی می‌گذارد.

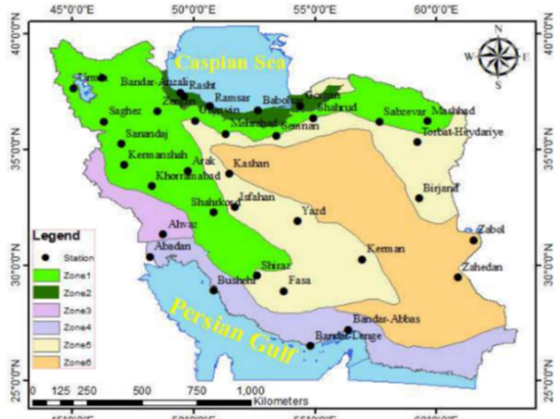
- شرایط اقلیمی مانند لغزندگی معابر ناشی از بارش باران و برف و همچنین کمبود میدان دید ناشی از گرد و غبار، مه و بارندگی، موجب ایجاد دوره‌های کاهش شتاب سریع و بیشتر کار کردن خودرو در دور درجا و افزایش تعداد توقف‌ها (حدود ۴۴٪) و همچنین کوتاه شدن دوره‌های شتابگیری مثبت و منفی و افزایش تعداد آن‌ها می‌شود.
- درصد زمان کاهش شتاب در شهرهای اهواز، رشت و اراک در حدود ۴۰٪ بیشتر از تهران است که این مورد می‌تواند در اثر تمایل بیشتر رانندگان به انتخاب مسیرهای فرعی نسبت به مسیرهای اصلی که در شرایط جوی مختص به هر شهر، موجب آمدوشُد سنگین در معابر اصلی می‌شود، باشد.

برای تحقیقات آتی، پیشنهاد می‌گردد که داده‌های بیشتری از چرخهٔ رانندگی برای تحلیل و تدوین چرخهٔ رانندگی نهایی، در اقلیم‌های جغرافیایی مختلف در کشور، جمع‌آوری گردد تا قابلیت اطمینان بیشتری برای چرخهٔ نهایی حاصل گردد. ضمناً استفاده از داده‌های رانندگی از راننده‌های مختلف (با سن، جنسیت، رفتار و تجربه رانندگی گوناگون) و خودروهای سواری متعدد، از موارد دیگری است که می‌تواند مدنظر قرار گیرد.

۵- پیوست‌ها

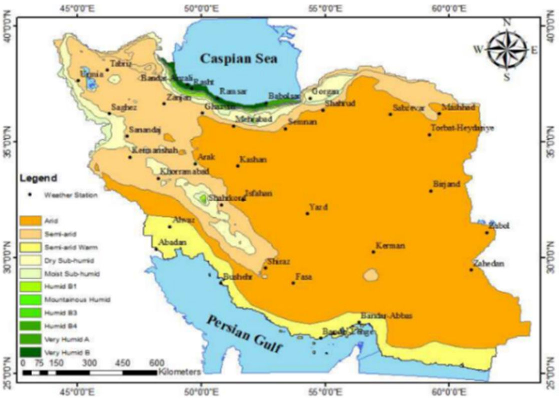


شکل پیوست ۱ نمودار درختی اقلیم ایران به روش وارد[1] [۳]



شکل پیوست ۲ مناطق مختلف آب و هوایی ایران به همراه موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی [۳]

1 Ward



شکل پیوست ۳ مناطق اقلیمی ایران با استفاده از روش T&M [۳]

شکل پیوست ٤ مشخصات پاسخ‌دهندگان به پرسشنامه‌ها

References

[1] Giakoumis EG. Driving and Engine Cycles. Springer International Publishing AG. 2017. doi: 1007/10/978-3-319-49034-2

[2] Barlow TJ, Latham S, McCrae IS, Boulter PG. A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions, Project Report. 2009; Version 3.

[3] Abbasi F, Bazgeer S, Rezazadeh Kalehbasti P, Asadi Oskoue E, Haghighat M. New climatic zones in Iran: A comparative study of different empirical methods and clustering technique. Theoretical and Applied Climatology. 2022; 147: 47-61. doi: 10.1007/s00704-021-03847-y

[4] Mirmoosavi SH, Kiani H. Investigating the climatic classification of Kopen in Iran in 1975 and comparing it with the output of the MICRO model for the years 2030, 2050, 2080 and 2100 under A1B and A2 scenarios (with an emphasis on the issue of climate change), Geography and Environmental Hazards. 2017; 22: 59-72. doi: 10.22067/geo.v6i2.57155

[5] Bi H, Ye Z, Zhu H, Data-driven analysis of weather impacts on urban traffic conditions at the city level,Urban Climate. 2022; 41: 101065. doi: 10.1016/j.uclim.2021.101065

[6] Donkers A, Yang D, Viktorovic M, Influence of driving style, infrastructure, weather and traffic on electric vehicle performance, Transportation Research Part D. 2020; 88: 102569. doi: 10.1016/j.trd.2020.102569
[7] Zhou W, Xu K, Yang Y, Lu J. Driving cycle for electric vehicle application using principal component analysis and k-mean cluster: with the case of Shenyang, China. Energy Procedia. 2017; 105: 2831-2836. doi: 10.1016/j.egypro.2017.03.620
[8] He H, Cao J, Peng J. Online prediction with variable horizon for vehicle's future driving-cycle. Energy Procedia. 2017; 15: 2348-1353. doi: 10.1016/j.egypro.2017.03.674
[9] Li Y, Peng J, He H, Xie S. The study on multi-scale prediction of future driving cycle based on Markov chain. Energy Procedia. 2017 May; 105: 3219-3224. doi: 10.1016/j.egypro.2017.03.709
[10] Zhang F, Guo F, Huang H. A study of driving cycle for electric special-purpose vehicle in Beijing. Energy Procedia. 2017; 105: 4884-4889. doi: 10.1016/j.egypro.2017.03.967
[11] Zhou S, Jin J, Wei Y, A driving cycle for a fuel cell logistics vehicle on a fixed route: Case of the Guangdong province. World Electric vehicle. 2021; 12: 5. doi: 3390/10/wevj12010005
[12] Topic J, Skugor B, Deur J. Synthesis and Feature Selection-Supported Validation of Multidimensional Driving Cycles. Sustainability. 2021; 13(9): 4704. doi: 3390/10/su13094704
[13] Yang Y, Li L, Zhang T, Yu Q. Time dimension analysis: Comparison of Nanjing local driving cycles in 2009 and 2017. Sustainable Cities and Society. 2020; 53: 101949. doi: 10.1016/j.scs.2019.101949
[14] Liu B, Shi Q, He L, Qiu D. A study on the construction of Hefei urban driving cycle for passenger vehicle. IFAC-PapersOnLine. 2018; 51: 854-858. doi: 10.1016/j.ifacol.2018.10.100
[15] Qiu D, Li Y, Qiao D. Recurrent Neural Network Based Driving Cycle Development for Light Duty Vehicles in Beijing. Transportation Research Procedia. 2018; 34: 147-154. doi: 10.1016/j.trpro.2018.11.026
[16] Ramadurai G, Ramya M, Srinath M, Developing driving cycles using k-means clustering and determining their optimal duration. Transportation Research Procedia. 2020; 48: 2083-2095. doi: 10.1016/j.trpro.2020.08.268
[17] Guo J, Chao S, Hongwen H, Jiankun P, Urban global driving cycle construction method and global optimal energy management in plug-in hybrid electric vehicle. Energy Procedia. 2018; 152: 593-598. doi: 10.1016/j.egypro.2018.09.216
[18] Raziei T. Koppen-Geiger climate classification of Iran and investigation of its changes during 20th century. Journal of The Earth and Space Physics. 2017; 43(2): 419-439. [In Persian]
[19] Teymoori M, Azimzadeh J. Climatic zoning of Iran using effective precipitation index, Water scarcity and drought research center in agriculture and natural resources. 2011; 5: 18.
[20] Rahimi J, Laux P, Khalili A. Assessment of climate change over Iran: CMIP5 results and their presentation in terms of Koppen–Geiger climate zones. Theoretical and Applied Climatology. 2020; 141: 183-199. doi: 10.1007/s00704-020-03190-8
[21] Varvani H, Mardian M, Khoramdel N, Farhadi B. Application of regionalism method based on cropped ecology for determining yield gap of irrigated wheat in the climate groups of Iran. Iranian Water Research Journal. 2016; 10(3): 11-20. [In Persian]
[22] Bahmanabadi B, Kaviani A. Estimation of potential evaporation spiration in different climates of Iran. Iran Water and Soil Research. 2020; 51(6): 1479-1499. doi: 10.22059/ijswr.2020.295777.668473 [In Persian]
[23] Zhao X, Zhao X, Yu Q, Ye M, Ye Y. Development of a representative urban driving cycle construction methodology for electric vehicles: A case study in Xi'an. Transportation Research. 2020; 81: 102279. doi: 10.1016/j.trd.2020.102279
[24] Shahraki J, Sabouhi M, Yaghoubi M. The impacts of climate change on wheat production: A stochastic production function approach. Natural Environment Hazards. 2017; 6(11): 69-84. doi: 10.22111/jneh.2017.3074 [In Persian]
[25] Moosavian A, Abdolmaleki S, Rezaei M, Nejat M. Driving cycle extraction of Tehran city's west region for a car with turbocharged engine using microtrip clustering method. The Journal of Engine Research. 2019; 55: 3-12. [In Persian]
[26] Arun NH, Mahesh S, Ramadurai G, Nagendra S. Development of driving cycles for passenger cars and motorcycles in Chennai, India. Sustainable Cities and Society. 2017; 32: 508-519. doi: 1016/10/j.scs.05/2017.001

[27] Moosavian SA, Gharaati T, Azadi M, Momenimovahed A. Comparing the performance of support vector machine and average k algorithms in extracting the real Tehran-Amol combined driving cycle. Amirkabir Mechanical Engineering Journal. 2021; 53(9): 5017-5036. doi: 10.22060/mej.2021.19222.6980 [In Persian]
[28] Moosavian SA, Gharaati T, Azadi M, Momenimovahed A, Nickhah M. Comparison of driving characteristic parameters using real data collected in Iran and world standard cycles. The 11th International Conference on Internal Combustion Engines and Oil. 2019; Tehran, Iran. [In Persian]
[29] Montazeri M, Fotouhi A, Naderpour A. Driving Features and Their Influences on Hybrid Electric Vehicle's Fuel Consumption and Exhaust Emissions. The Journal of Engine Research. 1401; 17: 42-51. [In Persian]