Amirkabir Journal of Civil Engineering

Amirkabir J. Civil Eng., 54(10) (2023) 751-754
DOI: 10.22060/ceej.2022.20503.7443

Seasonal Impact Analysis of climatic conditions on freeways light- vehicle traffic volume with temporal adaptation of climatic parameters and traffic information

Ch. Atrchian[1], M. Effati[1*], M. Davudi[2]

[1]Department of Civil Engineering (Transportation), Faculty of Engineering, University of Guilan, Guilan, Iran
[2]Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Literature and Humanities, University of Guilan, Guilan, Iran

ABSTRACT: Weather conditions are one of the most effective factors in traffic volume. So the main purpose of this study is to identify the effect of variables related to seasonal changes in climate parameters including visibility (m), wind speed (m/s), rainfall (mm), snow depth (cm) and temperature ($^{\circ}C$) on of Lowshan- Qazvin freeway light-vehicle traffic volume. In this research, traffic and meteorology data are evaluated on three separate sections. In order to examine the existence of differences between the different climatic groups and the number of Light vehicles, U-Mann-Whitney or Kruskal-Wallis statistical tests were employed. In addition, in the proposed research method, a two-way analysis of variance test was used to statistically analyze the relationship between the combination of two climatic variables with traffic volume in the studied sections. The results showed that the amount of traffic in all parts decreased by an average of about 18% with a decrease in visibility. Also increasing rainfall only in warmer seasons of spring and summer has led to a decrease in traffic volume. The results of statistical analysis of the combined effect of two-way meteorological variables on the amount of traffic, in general, showed that in the Kouhin-Mahmoudabad nemune section combination of rainfall and snow and snow with wind speed has affected the number of vehicles. The outputs of the proposed method, while revealing changes in freeway traffic volume under different climatic conditions, provide useful information to the relevant authorities for the management and planning of traffic volume.

Review History:

Received: Sep. 03, 2021
Revised: Mar. 21, 2022
Accepted: Apr. 24, 2022
Available Online: May, 10, 2022

Keywords:

Seasonal Changes
Threshold Indices
Light-Vehicle Traffic Volume
Freeway
Statistical Analysis

1- Introduction

Today, a wide range of factors affect traffic patterns. Climatic conditions are one of the most effective variables in traffic. Statistical estimates show that weather conditions lead to 544 million hours of vehicle delays annually [1]. A review of previous studies on weather conditions and traffic patterns suggests that the main focus of studies was on measuring the effect of weather in snow or rain in winter on traffic volume and other influential climate variables such as temperature, visibility Horizontal and wind speed, etc. are less considered [2-6]. Second, the focus of most of the previous researches has been urban freeways [4, 5]. Also, the main concentration of studies has been on the overall volume of traffic, and a small number of articles have addressed a specific class of vehicles [2, 4-5]. Therefore, in this study, it is regarded that by considering some of the climatic parameters such as horizontal visibility and wind speed, which were less studied in previous researches, as well as rainfall, temperature and snow depth, their impact on the light-vehicle traffic volume of the Loushan-Qazvin rural freeway, should be examined in all seasons.

2- Methodology

The main approach of this study is based on temporal and spatial matching of climatic parameters with traffic data to quantify the effect of different weather groups on the traffic volume of three sections, namely: Loushan-Kouhin, Kouhin-Mahmoudabad nemune and Mahmoudabad nemune- Qazvin. Therefore, in order to measure the independent effect of each weather parameter on the traffic volume, U-Mann-Whitney statistical tests to compare and evaluate the effect of two independent groups of weather-related parameters and also Kruskal-Wallis test have been used when the compared groups are more than two [7]. Moreover, due to investigating the significance of the combined effect of two meteorological variables on the amount of traffic, a two-way analysis of variance was used. Before implementing the relevant test, the correlation between all independent climatic variables was examined by using Pearson and Spearman correlation tests.

According to studies conducted by researchers, the use of weather data from each station is valid up to a radius of 32 km. In this regard, based on the nearest synoptic meteorological stations to the study axis, the information of each meteorological station has been generalized to

*Corresponding author's email: Meysameffati@guilan.ac.ir

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to Amirkabir University Press. The content of this article is subject to the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY-NC 4.0) License. For more information, please visit https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.

Table 1. Critical thresholds of climate variables

Variable	Critical thresholds
Horizontal Visibility (m)	0– 200, 200- 1000 and >1000 [8]
Rainfall (mm)	0– 1, 1- 5, 5- 10 and >10 [9]
Wind Speed (m/s)	0–3, 3-7, 7-13, 13- 20 and 20-28 [10]
Snow Depth (cm)	<2 and >2 [8]
Temperature (°C)	0 and <0, 0- 35 and >35 [9]

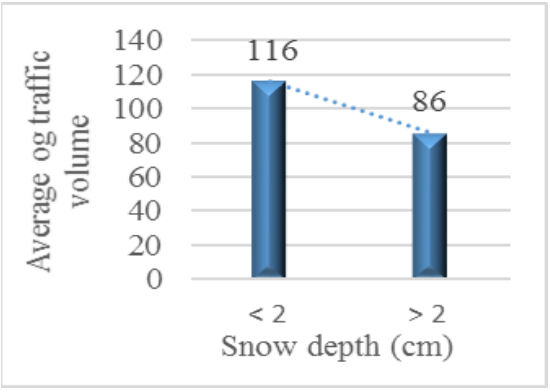


Fig. 1. The average of light vehicle traffic volume in terms of snow depth in winter (Kouhin- Mahmudabad nemune section)

one section [3]. Further, necessary preparations are made, including sorting the hourly statistics, converting the Greenwich time of the meteorological statistics to the official time of the country, classifying the weather variables based on critical thresholds in the relevant sources, and eliminating official holidays to avoid entering traffic volume data that are likely to change under these conditions [6]. The details of classifying climatic parameters are given in Table 1.

After integrating meteorological and traffic statistics, in order to select the appropriate statistical test, the distribution of the studied data with Kolmogorov-Smirnov test has been measured. Based on the results the distribution of data can be assumed to be abnormally reliable. But when the sample is large, the central limit theorem ensures that parametric tests can be used even if the distribution is not normal [7].

3- Results

In order to measure the effect of each climate parameter on traffic volume, U-Mann-Whitney or Kruskal-Wallis statistical tests were performed. The following diagram which displays the changes of traffic volume in terms of snow depth climate parameter is given as an example in Figure 1. The numbers on the chart indicate the average of light vehicle traffic volume in each of the climatic subgroups, in the period of 1390 to 1397.

The results show that the traffic volume in all parts has decreased by an average of about 18% with a decrease in visibility. The wind speed parameter also Tables must not affect the movement of vehicles [10]. This is in fact a confirmation of the lack of significant effect of wind speed up to 14 meters per second on traffic volume, because winds with a speed of 2 to 13 meters per second are in the category of mild winds according to the Beaufort global scale. In addition, due to the results, only in the hot summer season, with the increase in rainfall in the two sections of Loushan-Kouhin and Mahmoudabad nemune-Qazvin, the traffic volume has reduced by about 40%. In order to confirm the accuracy of this output, the result of one of the previous studies in this field indicate that rainfall is effective only in the summer season [6]. In conditions of heavy snowfall in winter, the volume of traffic has decreased by more than 70% in the higher part of Loushan-Kouhin. Also, in the cold seasons of autumn and winter, with the reduction of air temperature, the number of light vehicles in all three sections is reduced by more than 55%. In a recent study conducted by Wang et al. In 2018, similar to the present study, the basis for classifying the temperature parameter into two categories was below zero and above zero [11].

To measure the combined effect of climate parameters on traffic volume, first, the results of the Pearson and Spearman correlation test showed that the output of correlation matrices between all independent climate variables was similar to each other. This output confirms that based on the central limit theorem, it can be acknowledged that in a huge amount of data, including 8-year traffic and meteorological statistics (21,712 rows for each section in all seasons), the application of each of the parametric and non-parametric tests will have similar results. Secondly, the outputs indicate that only in the Loushan-Kouhin section there was a correlation between the two parameters of snow depth and wind speed, and since the snow days were low, this variable in favor of the wind speed parameter was removed for statistical analysis. The results of two-way analysis of variance showed that in Loushan-Kouhin section, wind speed in combination with rainfall and also wind speed along with temperature factor, in Kouhin-Mahmoudabad nemune section, a combination of snow with wind speed and in Mahmoudabad nemune-Qazvin, horizontal visibility with snow depth, horizontal visibility and temperature as well as horizontal visibility in combination with wind speed factor, in addition to combining rainfall conditions with wind speed on the number of vehicles Has been impressive.

4- Conclusion

Overall, the results of measuring the independent effect of meteorological variables on the amount of traffic indicate the effect of summer rainfall, temperature decrease, heavy snowfall conditions in winter and reduced horizontal visibility on traffic volume. Based on the results of this study and citing the recommendations of preventive intervention of police and the country's road safety regulations, equipping the freeways with a road warning system and informing the weather conditions using an online system in similar climate conditions and with the knowledge of the possible approximate of traffic volume changes, will be useful in order to manage and control traffic and save time and prevent other consequences of traffic congestion, including increasing repair costs and Maintenance, noise and air pollution, increase fuel consumption and travel time [13].

References

[1] A. Alim, A. Joshi, F. Chen, C.T.J.G. Lawson, Techniques for efficient detection of rapid weather changes and analysis of their impacts on a highway network, (2020) 1-31.

[2] L. Andrew, Investigating the Effects of Rainfall on Traffic Operations on Florida Freeways, University of North Florida, 2019.

[3] S. Datla, P. Sahu, H.-J. Roh, S. Sharma, A comprehensive analysis of the association of highway traffic with winter weather conditions, Procedia-social and behavioral sciences, 104 (2013) 497-506.

[4] T.H. Maze, M. Agarwal, G.J.T.r.r. Burchett, Whether weather matters to traffic demand, traffic safety, and traffic operations and flow, 1948(1) (2006) 170-176.

[5] M.L. Angel, T. Sando, D. Chimba, V. Kwigizile, Effects of rain on traffic operations on Florida freeways, Transportation Research Record, 2440(1) (2014) 51-59.

[6] A. Dehman, A.J.T.R.R. Drakopoulos, how weather events affect freeway demand patterns, 2615(1) (2017) 113-122.

[7] B.H. Munro, Statistical methods for health care research, lippincott williams & wilkins, 2005.

[8] H.N. Majid, K. Gholamali, Climate and road safety: Tehran, ministry of roads and transportation, (1385), (in persian).

[9] W.M. Organization, Manual on the Global Observing System WMO-No. 544-2017

[10] W.M.O.C.f.M. Meteorology, The Beaufort Scale of Wind Force:(technical and Operational Aspects), WMO, 1970.

[11] J. Gholamreza, which statistical test should we choose, Management culturem, Second year, 6 (1383) 111-121. (in persian).

[12] D. Sathiaraj, T.-o. Punkasem, F. Wang, D.P. Seedah, Data-driven analysis on the effects of extreme weather elements on traffic volume in Atlanta, GA, USA, Computers, Environment and Urban Systems, 72 (2018) 212-220.

[13] Comprehensive Guide to Driver Health: Environmental Research Institute, 1390. (in persian).

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Ch. Atrchian, M. Effati, M. Davudi, Seasonal Impact Analysis of climatic conditions on freeways light- vehicle traffic volume with temporal adaptation of weather parameters and traffic information, Amirkabir J. Civil Eng., 54(10) (2023) 751-754.

DOI: 10.22060/ceej.2022.20503.7443

This page intentionally left blank

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۴، شماره ۱۰، سال ۱۴۰۱، صفحات ۳۶۹۹ تا ۳۷۲۲
DOI: 10.22060/ceej.2022.20503.7443

تحلیل تأثیرات فصلی شرایط اقلیمی بر حجم ترافیک وسایل نقلیه سبک در آزادراه‌ها با تطابق زمانی پارامترهای آب و هوایی و اطلاعات ترددشماری

چکاوک عطرچیان[۱]، میثم عفتی[۱*]، محمود داودی[۲]

۱- دانشکده فنی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران
۲- دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران.

خلاصه: تغییرات احتمالی روی داده در الگوهای ترافیکی در امتداد یک قطعه راه تابع عوامل بی‌شماری است. یکی از عوامل مؤثر بر حجم ترافیک، آب و هوا می‌باشد. لذا هدف اصلی این تحقیق، بررسی تأثیر پارامترهای آب و هوایی من جمله متغیرهای دید افقی، سرعت باد، بارش باران، عمق برف و درجه حرارت بر حجم ترافیک وسایل نقلیه سبک به تفکیک فصول مختلف سال در محور برون‌شهری لوشان- قزوین می‌باشد. در این پژوهش، آمار ترددشماری و هواشناسی در سه قطعه مجزی مورد آزمون واقع شده است. به منظور تحلیل آماری بررسی وجود تفاوت میان گروه‌بندی‌های متفاوت آب و هوایی با تعداد وسیله نقلیه سبک عبوری، از آزمون‌های آماری یو- من‌ویتنی و یا کروسکال والیس استفاده شده است. به علاوه جهت بررسی وجود ارتباط میان تلفیق دو متغیر آب و هوایی با حجم ترافیک به تفکیک در قطعات مورد مطالعه از آزمون تحلیل واریانس دو طرفه استفاده شده است. نتایج نشان داد که میزان تردد در تمامی قطعات با کاهش میزان دید، به طور متوسط حدود ۱۸ درصد کاهش یافته است. افزایش میزان بارش باران نیز تنها در فصول گرم‌تر بهار و تابستان منجر به کاهش حجم ترافیک گشته است. نتایج تحلیل آماری بررسی اثر تلفیقی دو به دو متغیرهای هواشناسی بر میزان تردد نیز به طور کلی نشان داد که در قطعه کوهین- محمودآباد نمونه تلفیق دو حالت بارش و برف و برف همراه با وزش باد تأثیرگذار بوده است. خروجی‌های روش پیشنهادی ضمن آشکارسازی تغییرات تردد در آزادراه مورد مطالعه تحت شرایط آب و هوایی متفاوت، اطلاعات سودمندی را جهت مدیریت و برنامه‌ریزی حجم ترافیک و انجام امور پیشگیرانه در شرایط مشابه در اختیار متولیان مربوطه قرار می‌دهد.

تاریخچه داوری:
دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۲
بازنگری: ۱۴۰۱/۰۱/۰۱
پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۴
ارائه آنلاین: ۱۴۰۱/۰۲/۲۰

کلمات کلیدی:
تغییرات فصلی
شاخص‌های آستانه‌ای
حجم ترافیک وسایل نقلیه سبک
آزادراه
تحلیل آماری

۱- مقدمه

امروزه طیف وسیعی از عوامل بر الگوهای ترافیکی اثرگذار است. شرایط آب و هوایی یکی از مؤثرترین و رایج‌ترین متغیرها بر ترافیک می‌باشد بی‌شک شرایط نامساعد آب و هوایی، حجم ترافیک را دستخوش تغییراتی می‌کند. یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های مردم به ویژه در مسیرهای برون‌شهری، آگاهی از میزان حجم ترافیک در شرایط آب و هوایی متغیر از جمله بارش برف، باران و غیره می‌باشد که این مسئله زمان سفر را تحت تاثیر قرار خواهد داد [۱]. در دهه گذشته شناسایی تغییرات اقلیمی در رأس برنامه‌های سیاسی بوده است و سازمان‌های بسیاری کوشش نموده‌اند تا تأثیر تغییرات شرایط آب و هوایی را بر زندگی روزمره و آینده تعیین نمایند [۲]. رویدادهای آب و هوایی مانند باران، مه و برف می‌توانند تأثیرات جدی بر تحرک و ایمنی کاربران سیستم حمل و نقل داشته باشند. این وقایع منجر به افزایش مصرف سوخت، تأخیر و تعداد تصادفات می‌گردد و به طور قابل توجهی بر عملکرد سیستم حمل و نقل تأثیر می‌گذارد [۳]. تمامی استفاده کنندگان از راه تحت تأثیر تاخیرهای ناشی از شرایط مختلف آب و هوایی از جمله باران، برف، یخبندان و یا مه قرار دارند [۴]. برآوردهای آماری نشان می‌دهد که شرایط آب و هوایی، سالانه منجر به ۵۴۴ میلیون ساعت تأخیر وسیله نقلیه می‌گردد. سازمان حمل و نقل هر ساله ۲/۳ میلیارد دلار که حدود ۲۰ درصد از میزان بودجه سالیانه می‌باشد را به نگهداری راه‌ها در فصل زمستان جهت کاهش در میزان تأخیر اختصاص می‌دهد [۵]. همچنین در مطالعات ایمنی جاده‌ای، اثرات جوی به عنوان عامل محیطی قابل توجه در ایجاد خطر و وقوع تصادفات جاده‌ای شناخته شده است [۶]. گزارشات حاکی از آن است که به طور متوسط هر ساله بیش از ۵،۷۴۸،۰۰۰ تصادف خودرو رخ می‌دهد که تقریباً ۲۲ درصد از این تصادفات که حدوداً ۱ میلیون و ۲۵۹ هزار مورد می‌باشد، مرتبط با آب و هوا می‌باشند [۵].

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: Meysameffati@guilan.ac.ir

حقوق مؤلفین به نویسندگان و حقوق ناشر به انتشارات دانشگاه امیرکبیر داده شده است. این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License) در دسترس شما قرار گرفته است. برای جزئیات این لیسانس، از آدرس https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode دیدن فرمائید.

بر اساس مراجع مربوطه، یافته‌ها حاکی از آن است که کشف ارتباط میان متغیرهای هواشناسی و حجم ترافیک با هدف کاهش میزان تأخیر، بهبود ایمنی حمل و نقل و افزایش میزان کارایی در واکنش به تغییرات ناگهانی شرایط آب و هوایی که از اهداف اصلی متولیان حمل و نقلی به شمار می‌آید، امری ضروری می‌باشد. بنا بر نتایج تحقیقات گذشته، از جمله کاستی‌های مطالعات صورت گرفته در این زمینه این است که تأثیر شرایط جوی بر سیستم‌های حمل و نقل عموماً بدون بازه‌بندی مقادیر عددی متغیرهای آب و هوایی توصیف شده که ممکن است برخی از سردرگمی‌ها را ایجاد نماید. اکثر مطالعات موجود، شرایط آب و هوایی را صرفاً به صورت کیفی تفسیر نموده و به توصیف پارامترهای عینی قابل اندازه‌گیری نپرداخته‌اند. که این مسئله توضیح و مقدارسنجی تأثیر چنین شرایطی بر سیستم‌های حمل و نقل و کاربران آن‌ها را دشوار می‌سازد. بدین معنا که غالب مطالعات انجام شده صرفاً به بیان کلی افزایش و یا کاهش حجم ترافیک تحت تأثیر شرایط آب و هوایی پرداخته‌اند. لذا محققان از طرح‌های مختلف طبقه‌بندی برای شرایط آب و هوایی استفاده نموده‌اند [۷]. بنابراین توزیع احتمال وقایع ناگوار ناشی از شرایط آب و هوایی را می‌توان با استفاده از مجموعه‌ای از شاخص‌ها ارزیابی نمود. برای این منظور، شاخص‌های آستانه‌ای برای پدیده‌های مختلف آب و هوایی با در نظر گرفتن تأثیر آن در تمام بخش‌های حمل و نقل تعریف می‌شود [۸]. اخیراً با شدت یافتن تغییر الگوهای آب و هوایی، نیاز به روشی مؤثر و قابل اطمینان جهت مقدارسنجی آمار هواشناسی به منظور تجزیه و تحلیل جریان ترافیک اجتناب‌ناپذیر می‌باشد [۹]. امروزه تجزیه و تحلیل عددی و ارائه نتایج کمی، بخش ضروری اکثر پژوهش‌ها می‌باشد. به بیانی دیگر، نیاز به تأیید نتایج در طول فرآیند طراحی بسیار مهم است تا بتوان به روش و رویکرد تحقیق اعتماد کرد و طراحان به یافته‌های برآورد شده اطمینان داشته باشند [۱۰]. بر همین مبنا پژوهش حاضر با هدف ارائه نتایج عددی و کمی و بیان مقادیر عددی تغییرات حجم ترافیک (افزایش و یا کاهش) در شرایط مختلف آب و هوایی در قطعات مورد بررسی، انجام شده است.

با استناد به آیین‌نامه ایمنی راه‌ها، به علت افزایش تراکم خودروها در شرایط آب و هوایی نامناسب، علاوه بر در نظر گرفتن امنیت جاده، بررسی کارکرد ایمن خودرو، آمادگی راننده و برنامه‌ریزی‌های لازم برای زمان جهت رسیدن به مقصد، ضروری به نظر می‌رسد [۱۱]. به عبارت دیگر شناسایی روابط بین این عوامل و به کارگیری شیوه‌های مناسب برای مدیریت و کنترل ترافیک، مهم و حیاتی است. شناخت این تعاملات، اساس شناسایی اجزای کلیدی سامانه حمل و نقل ایمن را تشکیل می‌دهد. طبق گزارشات تشریح شده در کتاب آّب و هوا و ایمنی جاده‌ها، تردد در بعضی راه‌ها و گذرگاه‌های ایران به صورت یک مشکل حاد در آمده که برای رفع این بحران‌ها، مطالعات هواشناسی جاده‌ای مناسب با مقتضیات این موضوع تشخیص داده شده است. لازم به ذکر است که طبیعت هر یک از این گذرگاه‌ها دارای عوامل هواشناختی متفاوتی بوده که با مطالعه و بررسی شرایط ویژه جوی و اقلیمی هر منطقه و کسب تجربه می‌توان مواردی را به صورت یک الگو در جمیع جهات اقلیمی این مناطق مشخص و تدوین نمود [۱۲].

تراکم ترافیک در شرایط مختلف آب و هوایی و تبعات پس از آن، طبق اظهارات پلیس راهور و آیین‌نامه ایمنی راه‌های کشور (نشریه ۲۶۷) و مفاد مطالعات رفرنس [۱۲] تحت عنوان «آب و هوا و ایمنی جاده‌ها»، شامل هزینه‌های گزاف ناشی از مشکلات اقتصادی وارده، افزایش زمان سفر، هزینه‌های تعمیر و نگهداری راه‌ها و افزایش مصارف انرژی و سوخت و متعاقباً افزایش آلودگی‌های صوتی و هوا و موارد دیگری که در آینده قابل جبران نیست، لزوم ایمن‌سازی راه‌ها و حفظ سلامت و ایمنی کاربران استفاده کننده از آن جهت اتخاذ تصمیم‌گیری به منظور تردد در شرایط مختلف آب و هوایی را بسیار با اهمیت می‌نماید [۱۳-۱۱]. با استناد به توصیه‌های پیشگیرانه پلیس راهور و آیین‌نامه ایمنی راه‌های کشور (نشریه ۲۶۷) با تجهیز جاده‌ها به سیستم هشدار جاده‌ای و اطلاع‌رسانی شرایط آب و هوایی با استفاده از سامانه برخط می‌توان با الگوگیری از نتایج این پژوهش، در شرایط آب و هوایی مشابه و با آگاهی از حدود احتمالی تقریبی تغییرات حجم ترافیک، آمادگی‌های لازمه جهت اجرا اقدامات مورد نیاز را پیش از موعد، برنامه‌ریزی نمود. از مهم‌ترین فواید آن بر اساس کتاب آب و هوا و ایمنی جاده‌ها می‌توان به اطلاع‌رسانی نحوه راهداری و کنترل ترافیک، بیان نیاز به هشدار و حتی ممانعت حرکت رانندگان در طول مسیرهای ارتباطی و جلوگیری از خطرات احتمالی و کاهش زمان سفر اشاره نمود. لذا بررسی تأثیرات آب و هوا بر واکنش استفاده کنندگان از راه نسبت به تغییرات در حجم وسایل‌نقلیه عبوری به منظور ارزیابی جنبه‌های کاربردی عملکرد ترافیک و ایمنی راه‌ها در راستای مدیریت و برنامه‌ریزی حمل و نقل، الزامی می‌باشد [۱۳-۱۱]. بنابراین هدف اصلی این پژوهش، تلفیق و تطبیق زمانی و مکانی آمار هواشناسی با میزان تردد وسایل‌نقلیه سبک در آزادراه‌ها جهت تحلیل و سنجش تأثیر کمی حد آستان‌های متغیرهای هواشناسی و شناسایی ارتباط میان بازه‌ها و شرایط مختلف پارامترهای آب و هوایی با حجم ترافیک وسایل‌نقلیه سبک، ضمن بررسی اثر تلفیقی دودویی پارامترهای آب و هوایی

بر حجم ترافیک به تفکیک قطعات و بعضاً لحاظ تغییرات فصلی در سال‌های آماری ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۷ از طریق به کارگیری تحلیل‌های آماری شامل آزمون‌های یو-من‌ویتنی[1]، کروسکال والیس[2] و آزمون تحلیل واریانس دو طرفه[3] است. روش پیشنهادی تحقیق در آزادراه چهار خطه لوشان- قزوین که محوری برون‌شهری واقع در شمال ایران بوده و به ترتیب از سه قطعه گسسته لوشان- کوهین، کوهین- محمودآباد نمونه و محمودآباد نمونه- قزوین تشکیل یافته است، مورد بررسی و آزمون قرار می‌گیرد.

بخش بعدی مقاله به بررسی تحقیقات پیشین در زمینه تأثیر شرایط آب و هوایی بر حجم ترافیک می‌پردازد. در بخش سوم روش تحقیق ارائه می‌گردد. بخش چهارم پیاده‌سازی روش پیشنهادی و داده‌های به کار رفته در محور مورد مطالعه را مورد بحث قرار می‌دهد. در بخش پنجم ارزیابی روش پیشنهادی انجام گرفته و نتایج پژوهش بحث می‌شوند. نهایتاً در بخش پایانی مقاله، مراجع مورد استفاده ارائه می‌گردد.

۲- ادبیات پیشین

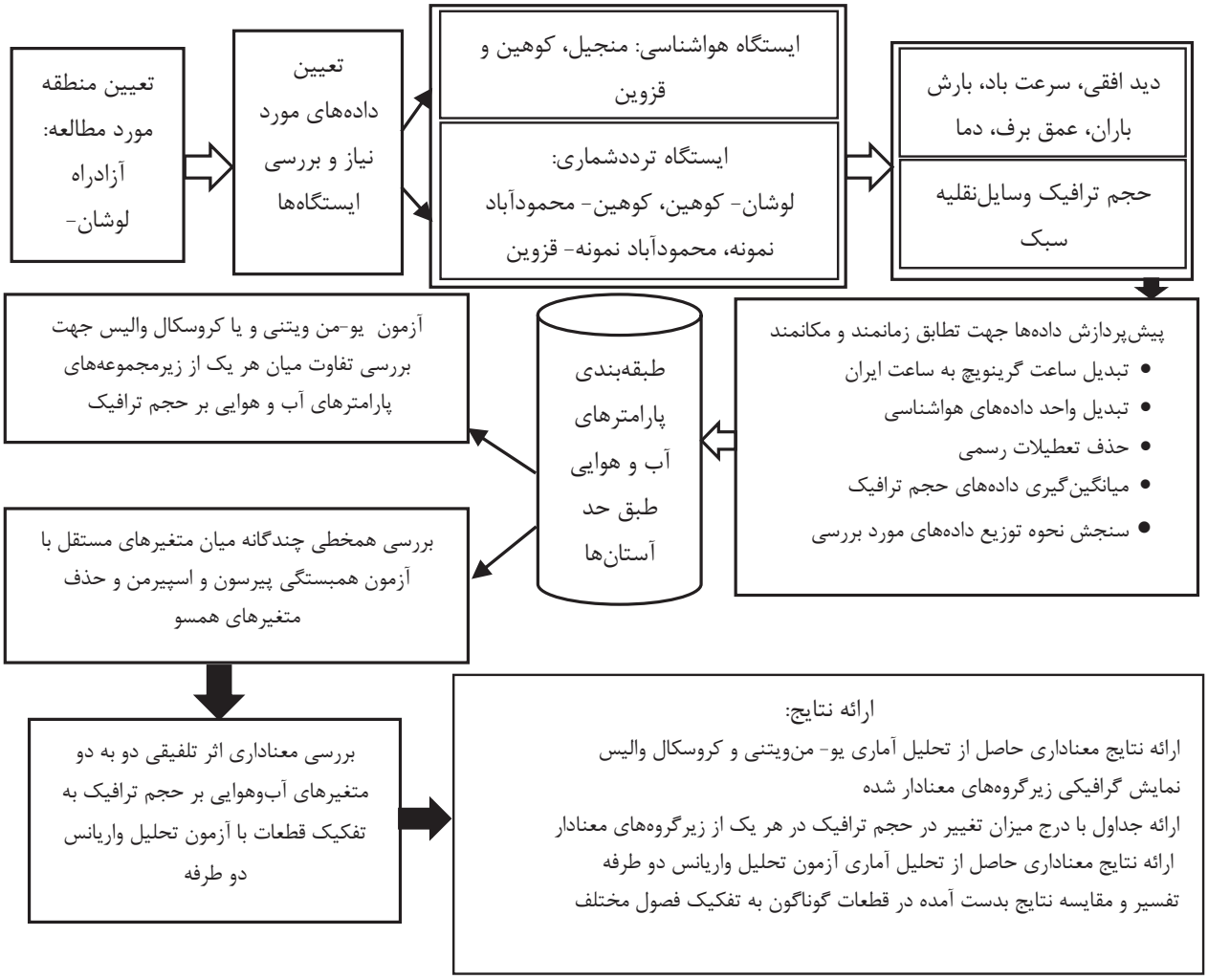
بررسی تأثیر شرایط آب و هوایی بر الگوهای ترافیکی شبکه حمل و نقل در سال‌های اخیر توجه بسیاری از محققان را در جهان به خود معطوف داشته است. به عنوان مثال داتلا و همکاران (۲۰۱۳) به منظور مدل‌سازی تأثیر سرما و برف بر حجم ترافیک در ماه‌های فصل زمستان در محوری برون‌شهری در استان آلبرتا در کانادا از تحلیل رگرسیون چندگانه استفاده نمودند. نتایج نشان داد که حجم ترافیک با افزایش شدت سرما، کاهش یافته و در شرایط آب و هوایی بسیار سرد (کمتر از ۲۵- درجه سانتی‌گراد) متوسط حجم ترافیک روزانه به طور تقریبی ۳۰ درصد کاهش می‌یابد. خودروهای سواری نیز در مقایسه با وسایل‌نقلیه سنگین، بیشتر در معرض شرایط نامساعد آب و هوایی قرار داشتند [۱۴]. به عبارت دیگر حجم ترافیک خودروهای سواری در شرایط نامساعد آب و هوایی نسبت به حجم وسایل‌نقلیه سنگین بیشتر کاهش یافته است. برخی از مطالعات پیشین بیانگر آن است که شرایط آب و هوایی و شدت بارش‌ها تأثیر مهمی بر ایمنی و تقاضا و الگوهای جریان ترافیک دارند. از این رو نتایج پژوهش میز و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که حجم ترافیک در روزهای برفی با میزان سرعت اندک بارش، ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. همچنین، در روزهای برفی که میزان دید افقی کمتر از ۱/۴ مایل و سرعت باد زیاد (بیش از ۴۰ مایل در ساعت) است، تقریباً ۸۰ درصد از میزان تردد کاسته شده است [۱۵]. در این راستا انجل و همکاران (۲۰۱۴) بر بررسی تأثیر بارش باران بر عملکرد جریان ترافیک در آزادراه‌های واقع در جنوب شرقی آمریکا تمرکز نمودند. در این پژوهش از آزمون آماری پارامتریک تی برای مدل طبقه‌بندی شده بارش باران به دو گروه بارش و بدون بارش و آزمون آنالیز واریانس برای مدل طبقه‌بندی شده بارش باران به ۴ گروه شامل بدون بارش، بارش سبک، بارش متوسط و بارش سنگین استفاده گردید. نتایج به طور کلی حاکی از آن بود که متوسط حجم ترافیک در امتداد قطعات مورد مطالعه در محدوده ۲/۵ الی ۱۲/۵ درصد کاهش می‌یابد [۱۶]. آندره نیز در مطالعه اخیر خود در سال ۲۰۱۹، به بررسی اثر بارش در آزادراه‌های فلوریدا پرداخت. تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی، کاهش در سرعت به میزان ۰/۷۵، ۱/۵۴ و ۲/۲۵ درصد را به ترتیب برای گروه‌های بارندگی سبک، متوسط و شدید نشان می‌دهد [۹]. از آنجایی که توزیع احتمال رویدادهای آب و هوایی را می‌توان با استفاده از مجموعه‌ای از شاخص‌ها ارزیابی نمود لذا جوگا و واجدا (۲۰۱۲) به طور خاص به بررسی احتمال وقوع کولاک ضمن لحاظ شاخص‌های آستانه‌ای در فصول سرد پرداخته‌اند. حد آستان‌های پیشنهاد شده در این مطالعه جهت تخمین احتمال وقوع کولاک، شامل میزان بارش برف بیش از ۱۰ سانتی‌متر، درجه حرارت یخبندان (کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد) و وزش باد با سرعت بیش از ۱۷ متر بر ثانیه می‌باشد [۸]. به علاوه یکی از نتایج به دست آمده تحقیق انجام شده توسط دهمان و دراکوپولوس (۲۰۱۷) حاکی از بروز واکنش متفاوت کاربران راه در هنگام رویارویی با شرایط آب و هوایی در فصول مختلف می‌باشد. بدین صورت که بارش برف سبک به عنوان مؤثرترین پارامتر بر تقاضای ترافیک در فصل پاییز معرفی گردید. این در حالیست که در فصول زمستان و بهار به ترتیب از میزان اثربخشی آن کاسته شده است. تأثیر بارش باران نیز تنها در فصل تابستان قابل توجه می‌باشد. همچنین در سایر فصول به ویژه فصل زمستان، به نظر می‌رسد که استفاده کنندگان از راه، بارش باران را در مقایسه با بارش برف به عنوان شرایطی مساعد در نظر گرفته و لذا اثربخشی آن به میزان چشمگیری در فصول سرد کاهش یافته است [۱۷]. بررسی مطالعات پیشین انجام شده در زمینه شرایط آب و هوایی و الگوهای ترافیکی حاکی از آن است که اولاً تمرکز عمده مطالعات صورت گرفته بر روی سنجش تأثیر آب و هوا در شرایط بارش برف و یا باران در فصل زمستان بر حجم ترافیک بوده است و متغیرهای آب و هوایی تأثیرگذار دیگر نظیر درجه حرارت، دید افقی و سرعت باد و غیره کمتر لحاظ شده‌اند. به عبارت دیگر به بررسی زیر مجموعه‌های سایر متغیرهای آب و هوایی در فصول

1 Mann-Whitney U
2 Kruskal Wallis
3 Two-way analysis of variance

مختلف سال پرداخته نشده است. ثانیاً محور مورد مطالعه غالب پژوهش‌های پیشین درون‌شهری بوده است. همچنین تمرکز عمده پژوهش‌ها بر بررسی حجم کلی ترافیک بوده و تعداد کمی از مقالات به طور خاص به بررسی طبقه خاصی از وسایل‌نقلیه پرداخته‌اند. لذا در این پژوهش در نظر است که با لحاظ کردن پاره‌ای از پارامترهای آب و هوایی من جمله دید افقی و سرعت باد که در تحقیقات پیشین کمتر مورد بررسی قرار گرفته بود، علاوه بر متغیرهای بارش باران، دما و عمق برف، و با طبقه‌بندی هر یک از آن‌ها طبق حد آستان‌های موجود در استانداردهای مربوطه و تطابق زمانی آن‌ها با میزان تردد، تأثیر آن‌ها بر حجم ترافیک وسایل‌نقلیه سبک در بخشی از آزادراه رشت–قزوین که محور برون‌شهری می‌باشد، در تمامی فصول مورد بررسی قرار گیرد. به علاوه در پژوهش حاضر به بررسی اثرات ترکیبی دو به دو متغیرهای آب و هوایی بر میزان تردد نیز پرداخته شده است. کشف این تأثیرات می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های آتی و مدیریت راه‌ها توسط متولیان حمل و نقل جاده‌ای مورد استفاده قرار گیرد. هم چنین لازم به ذکر است که بر اساس دستورالعمل ارائه شده در رفرنس [۱۲] تحت عنوان «آب و هوا و ایمنی جاده‌ها» و همچنین آیین‌نامه‌های مربوطه در حوزه ایمن‌سازی معابر، جهت طراحی راه‌های جدید و بهسازی راه‌های موجود و جاده‌های ارتباطی، برآورد تغییرات کمی حجم ترافیک وسایل‌نقلیه در شرایط مختلف آب و هوایی با لحاظ بعد زمانی فصول مختلف سال به عنوان اطلاعات مورد نیاز جهت تحلیل، مفید واقع خواهد شد. این در حالیست که در سال‌های پیش، اهمیت در نظر گرفتن تغییرپذیری میزان تردد تحت تأثیر شرایط گوناگون جوی در طراحی جاده‌ها و پیشنهاد مسیرهای ارتباطی جدید، مورد توجه نبوده است [۱۲]. در ادامه در بخش ۳ روش تحقیق به منظور بررسی تأثیر شرایط گوناگون آب و هوایی بر میزان تردد و در بخش ۴ پیاده‌سازی روش پیشنهادی در منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده تشریح خواهد شد. در بخش ۵ بحث روی نتایج حاصله انجام می‌گیرد. در نهایت در بخش ۶ نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی در راستای تحقیق ارائه خواهد شد.

۳- روش تحقیق

بنابر نتایج تحقیقات گذشته، به کارگیری روشی جهت مقدارسنجی ارتباط میان آمار هواشناسی و میزان تردد سودمند می‌باشد. از آنجایی که در غالب مطالعات پیشین عدم لحاظ پارامترهای عینی قابل اندازه‌گیری شرایط مختلف آب و هوایی جهت تحلیل تأثیر آن بر حجم ترافیک به چشم می‌خورد، لذا رویکرد اصلی این پژوهش تلفیق و تطابق زمانی و مکانی پارامترهای آب و هوایی با اطلاعات ترددشماری جهت تحلیل کمی‌سنجی تأثیر گروه‌های گوناگون آب و هوایی با لحاظ شاخص‌های آستانه‌ای بر میزان تردد آزادراه لوشان– قزوین با استفاده از آزمون‌های آماری ناپارامتریک یو– من‌ویتنی و یا کروسکال والیس استوار است. همچنین تحقیق انجام شده توسط دهمان و همکاران در سال ۲۰۱۷، حاکی از بروز واکنش متفاوت کاربران راه در هنگام رویارویی با شرایط آب و هوایی در فصول مختلف است، از این رو در پژوهش حاضر نتایج به تفکیک فصول گوناگون سال ارائه شده است. این در حالیست که مطالعات گذشته در این زمینه اکثراً در فصول سرد سال صورت گرفته است. به علاوه در راستای کمی‌سنجی در این تحقیق درصد تغییرات حجم ترافیک به تفکیک فصل‌های مختلف سال در صورت معنادار بودن تأثیر زیرگروه‌های مختلف پارامترهای آب و هوایی و حجم ترافیک مورد تحلیل قرار گرفت. به بیان دیگر روش پیشنهادی پژوهش حاضر، استفاده از آزمون یو– من‌ویتنی جهت مقایسه و بررسی تأثیر وضعیت دو گروه مستقل پارامترهای مرتبط آب و هوایی بر حجم ترافیک و آزمون کروسکال‌والیس هنگامی که گروه‌های مورد مقایسه بیش از دو است، می‌باشد [۱۸]. نمونه‌های مورد بررسی در این پژوهش شامل گروه‌های مختلف متغیرهای آب و هوایی من جمله دید افقی، سرعت باد، بارش باران، عمق برف و درجه حرارت طبق حد آستان‌های مربوطه و پارامتر حجم ترافیک می‌باشد. هدف از به کارگیری آزمون‌های فوق‌الذکر، تعیین وجود رابطه و سپس کمی‌سنجی میان توزیع مقادیر طبقه‌بندی‌های صورت گرفته متغیرهای آب و هوایی نام برده در هنگام دو و یا چند حالته بودن پارامترهای آب و هوایی و میزان تردد وسایل‌نقلیه سبک عبوری می‌باشد. بسیاری از آزمون‌های آماری بر اساس این فرض استوارند که داده‌ها از جامعه‌ای نرمال نمونه‌گیری شده‌اند. بنابراین آزمون‌هایی که بر اساس فرض نرمال بودن جامعه استوار نیستند، به آزمون‌های ناپارامتری موسومند. زمانی که نمونه بزرگ باشد، قضیه حد مرکزی تضمین می‌کند که آزمون‌های پارامتری می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند، حتی اگر جامعه نرمال نباشد. بنابراین در نمونه‌های بزرگ به کارگیری هر یک از دو نوع آزمون مشکلی ایجاد نمی‌کند [۱۹]. روش پیشنهادی تحقیق حاضر جهت سنجش اثر مستقل هر یک از پارامترهای آب و هوایی بر حجم ترافیک با توجه به حجم عظیم آمار ساعتی موجود شامل ۲۱۷۱۲ ردیف برای هر قطعه در کلیه فصول سال بر استفاده از آزمون‌های آماری یو– من‌ویتنی و کروسکال والیس استوار است. که آزمون کروسکال والیس نوعی تعمیم یا گسترش‌یافته آزمون یو– من‌ویتنی است. به علاوه به منظور بررسی معناداری اثر تلفیقی و دو به دو متغیرهای هواشناسی بر میزان تردد



شکل ۱. فلوچارت روش پیشنهادی تحقیق

Fig. 1. Flowchart of the proposed research method

به تفکیک قطعات مورد مطالعه از آزمون تحلیل واریانس دو طرفه استفاده شده است. در ادامه روش پیشنهادی پژوهش در قالب فلوچارت در شکل ۱، ارائه شده است.

۳- ۱- نرمال بودن توزیع جامعه آماری

آزمون نرمال بودن داده‌ها روشی برای تشخیص آن است که مشخص شود توزیع داده‌های گردآوری شده از توزیع طبیعی یا نرمال برخوردار است. قبل از هر گونه آزمونی که با فرض نرمال بودن داده‌ها صورت می‌گیرد باید آزمون نرمال بودن مورد بررسی قرار گیرد. برای آزمون نرمالیته فرض‌های آماری به صورت زیر تنظیم می‌شود:

H_0: توزیع داده‌های مربوط به هر یک از متغیرها نرمال است

H_1: توزیع داده‌های مربوط به هر یک از متغیرها نرمال نیست

با این عمل خروجی نرم‌افزار شامل جدولی تحت عنوان Tests of Normality است که دو مقدار سطح معناداری برای هر کدام از متغیرها را به طور مجزا ارائه می‌دهد. این مقادیر در تشخیص نرمال بودن داده‌ها تعیین کننده است. چنانچه سطح معناداری در آزمون Shapiro-Wilk یا آزمون کولموگروف-اسمیرنوف که در این جدول با sig. نمایش داده می‌شود بیشتر از ۰/۰۵ باشد می‌توان داده‌ها را با اطمینان بالایی نرمال فرض کرد. در غیر این صورت نمی‌توان گفت که داده‌ها توزیع‌شان نرمال است [۱۸].

جدول ۱. طبقه‌بندی متغیرهای آب و هوایی

Table 1. Classification of climatic variables

نام متغیر	مرجع طبقه‌بندی	طبقه‌بندی
دید افقی (متر)	کتاب آب و هوا و ایمنی جاده‌ها [۱۲]	۰ تا ۲۰۰ (مه غلیظ)، ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ (مه معمولی) و بیش از ۱۰۰۰ (مه سبک)
سرعت باد (متر بر ثانیه)	مقیاس جهانی بوفورت [۲۰]	۰ تا ۳، ۳ الی ۷، ۷ تا ۱۳، ۱۳ تا ۲۰ و ۲۰ تا ۲۸
بارش باران (میلی‌متر)	ماهیت ثبت آمار هواشناسی [۲۱]	۰ تا ۱، ۱ تا ۵، ۵ تا ۱۰ و بیش از ۱۰
عمق برف (سانتی‌متر)	کتاب آب‌وهوا و ایمنی جاده‌ها [۱۲]	کمتر از ۲، بیش از ۲
دما (درجه سانتی‌گراد)	ماهیت ثبت آمار هواشناسی [۲۱]	صفر و زیر صفر، صفر تا ۳۵ و بیش از ۳۵

۳- ۲- آزمون یو- من‌ویتنی

آزمون یو- من‌ویتنی یک آزمون غیرپارامتری است که با آزمون تی نمونه‌های مستقل مشابهت دارد اما توزیع کلی مقادیر دو گروه را مقایسه می‌کند. در این پژوهش، به دلیل توزیع غیرنرمال داده‌ها از آزمون ناپارامتریک یو- من‌ویتنی استفاده شده است. بر اساس توضیحات پیشین ارائه شده، آزمون یو- من‌ویتنی یک آزمون ناپارامتری برای تعیین وجود رابطه بین دو گروه در هنگام دو حالته بودن یک متغیر و حداقل رتبه‌ای بودن متغیر دیگر می‌باشد. آزمون یو- من‌ویتنی بر مبنای رتبه مرتبط اندازه‌های هر گروه است. رتبه‌بندی به محققین امکان استفاده از شدت نسبی توزیع مشاهدات در هر گروه را می‌دهند. بدین صورت که داده‌های هر گروه مرتب می‌شوند و به هر گروه یک رتبه مستقل از گروه دیگر اختصاص داده می‌شود. شروع با کوچک‌ترین عدد و پیگیری با سایر اعداد گروه است. آزمون یو- من‌ویتنی، فرضیه صفر را که می‌گوید دو گروه دارای توزیع برابر هستند را آزمون می‌نماید. در ادامه فرضیه صفر و مقابل بیان شده‌اند.

وضعیت حجم ترافیک در شرایط حدود طبقه‌بندی شده متغیر مستقل مربوطه با یکدیگر برابر است. :

حجم ترافیک در حدود طبقه‌بندی شده متغیر مستقل مورد نظر متفاوت است.:

نحوه محاسبه فرمول پایه این آماره در رابطه (۱) و (۲) شرح داده شده است.

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1 \quad (۱)$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2+1)}{2} - R_2 \quad (۲)$$

در روابط ۱ و ۲، n_1 و n_2، تعداد گروه‌ها بوده و R_1 و R_2 مجموع رتبه‌های هر یک از دو گروه می‌باشد. پس از محاسبه این دو آماره، هر کدام که کمتر بود مبنای تصمیم‌گیری بعدی قرار می‌گیرد [۱۸]. در کشور ما با توجه به گستردگی عرض جغرافیایی و وجود ارتفاعات، شبکه حمل و نقل زمینی، در طول مسیر خود در معرض شرایط مختلف آب و هوایی است [۱۲]. حد آستان‌های بحرانی پدیده‌های جوی طبق تحقیقات انجام شده در مراجع مربوطه، مشخص شده است. این گروه‌بندی‌ها به تفکیک فصول مختلف سال در محورهای انتخابی انجام گرفته که جزئیات مربوط به آن در جدول ۱ نمایش داده شده است.

۳- ۳- آزمون کروسکال‌والیس

وقتی یک متغیر اسمی و متغیر دیگر ترتیبی، فاصله‌ای یا نسبی (کمی) است؛ برای تعیین ارتباط بین دو متغیر از آزمون ناپارامتریک کروسکال‌والیس استفاده می‌شود. این آزمون بسط یافته آزمون یو- من‌ویتنی بوده که چند گروه (نه فقط دو گروه) را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. در تحقیق حاضر از آزمون کروسکال‌والیس به طور خاص جهت تعیین تفاوت توزیع مقادیر سه و یا چند گروه از یک متغیر ورودی آب و هوایی بر متغیر هدف حجم ترافیک استفاده شده است. در این آزمون، متغیر اسمی برای تقسیم نمونه به k گروه به کار می‌رود. به منظور تعیین تفاوت بین توزیع گروه‌های موجود از یکدیگر، جمع رتبه گروه‌ها با هم مقایسه می‌شوند تا مشخص شود کدام جمع، از مقادیر مجموع مورد انتظار در فرضیه صفر متفاوت می‌باشد. در آزمون نام برده متغیر مستقل در سطح اسمی می‌باشد. حجم ترافیک در شرایط گوناگون حدود گروه‌بندی شده متغیر مستقل مربوطه با یکدیگر برابر است. :

حجم ترافیک در حدود طبقه‌بندی شده متغیر مستقل مورد نظر متفاوت است.:

نحوه محاسبه فرمول اصلی آماره کروسکال‌والیس در رابطه (۳) شرح داده شده است. در رابطه ۳، n اندازه جامعه آماری بوده و $\sum_{i=1}^{k} R_i^2$ مجموع رتبه‌های مجذور شده برای تمام گروه‌ها است [۱۴].

$$H = \frac{12 \sum_{i=1}^{k} \frac{R_i^2}{n_i}}{n(n+1)} - 3(n+1) \quad (۳)$$

فرضیه‌هایی مشابه فرضیه‌های ذکر شده برای آزمون‌های یو-من‌ویتنی و کروسکال والیس، برای پارامترهای آب و هوایی و حجم ترافیک بسته به تعداد گروه‌بندی متغیر مورد مطالعه، به تفکیک فصول مختلف سال در قطعات مختلف محور برون‌شهری مورد بررسی، در نظر گرفته شده است. همچنین به منظور بررسی اثر دو به دو پارامترهای آب و هوایی بر حجم ترافیک از آزمون تحلیل واریانس دو طرفه (آنووا دو طرفه) استفاده شد. از جمله ملزومات مدل‌های رگرسیونی، کنترل عدم همسویی متغیرهای مستقل با یکدیگر است. به علاوه روش پیشنهادی مبتنی بر استفاده از تحلیل واریانس دو طرفه در مقایسه با روش‌های رگرسیونی مورد استفاده در مجموعه‌ای از تحقیقات پیشین، قادر به کشف اثرات تعاملی میان متغیرهای مستقل به کار رفته بر متغیر هدف می‌باشد [۲۳ و ۲۲]. به عبارت دیگر، آزمون تحلیل واریانس دو طرفه، قادر به سنجش اثر تعاملی دو متغیر مستقل کیفی و دارای طبقه‌بندی، بر متغیر وابسته عددی می‌باشد. مزیت اصلی آنووا، توانایی آزمون تعامل‌ها (اثر متقابل) که تحت عنوان تعدیل‌های اثر هم نامیده می‌شود، می‌باشد. این در حالیست که در اکثر پژوهش‌ها از روش‌های رگرسیونی و توابع مربوط به آن‌ها استفاده شده که در مقایسه با روش ارائه شده در تحقیق حاضر، قادر به کشف اثرات تعاملی میان متغیرهای مستقل به کار رفته بر متغیر هدف نمی‌باشد. لذا در بخشی از این پژوهش از روش پارامتریک آنووا دو طرفه که نوعی رگرسیون با قابلیت آزمون برهم‌کنش میان دو متغیر مستقل به کار رفته بر متغیر هدف می‌باشد [۱۸]. در این تحقیق نیز پیش از پیاده‌سازی آزمون مربوطه، به بررسی همبستگی میان متغیرهای مستقل پرداخته شده است. آزمون‌های بسیاری برای سنجش این مسئله وجود دارد که آزمون‌های همبستگی پیرسون و اسپیرمن معروف‌ترین آن‌ها هستند. در این راستا ابتدا بررسی همسویی متغیرهای ورودی از طریق دو آزمون همبستگی پارامتریک پیرسون و ناپارامتریک اسپیرمن انجام گرفت. این دو آزمون عملکرد مشابهی داشته با این تفاوت که یکی از نوع پارامتریک (پیرسون) و دیگری ناپارامتریک (اسپیرمن) است. در این روش‌ها اگر ضریب همبستگی محاسبه شده کمتر از ۰/۲- یا بیشتر از ۰/۲+ باشد (مقدار معناداری کمتر از ۰/۰۵ برای داده‌های مورد نظر)، دو متغیر در نظر گرفته شده بسیار با یکدیگر همبسته می‌باشند [۲۴]. نحوه قضاوت برای آزمون‌های آماری مورد بررسی نیز بدین‌گونه می‌باشد که چنانچه عدد معناداری (P- Value) کمتر از ۵ درصد باشد، می‌توان به وجود رابطه معنادار و یا تفاوت بین دو متغیر یا متفاوت بودن متغیر در گروه‌های مختلف اذعان نمود. بنابراین فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود تفاوت، رد خواهد شد [۱۸].

۴- پیاده‌سازی

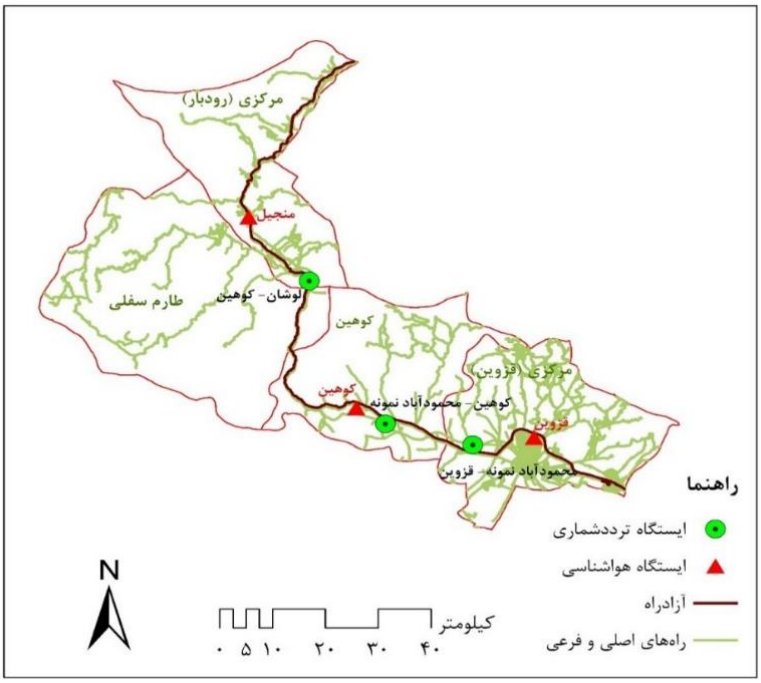
در این بخش ضمن توصیف داده‌های مورد بررسی و معرفی محور مورد مطالعه، نحوه پیاده‌سازی روش پیشنهادی تشریح می‌گردد.

۴- ۱- معرفی محور مورد مطالعه

محور مورد مطالعه، بخشی از آزادراه رشت-قزوین می‌باشد. این آزادراه که در شمال ایران واقع شده است، شهرهای قزوین و رشت را به یکدیگر متصل می‌نماید و بخشی از کریدور شمال-جنوب ایران می‌باشد. محور برگزیده شده، قطعه لوشان- قزوین به طول تقریبی۸۳ کیلومتر می‌باشد. محور برون‌شهری فوق‌الذکر از چهار بخش ایران من‌جمله بخش مرکزی (رودبار) واقع در استان گیلان و همچنین بخش‌های طارم‌سفلی، کوهین و مرکزی (قزوین) که در استان قزوین قرار گرفته است، می‌گذرد. این آزادراه چهارخطه برون‌شهری اولین آزادراهی است که از رشته کوه البرز عبور کرده و بر اساس اطلاعیه سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای و همچنین پلیس راهور، یکی از مهم‌ترین محورهای ارتباطی و همچنین یکی از شلوغ‌ترین و حادثه‌خیزترین محورهای مواصلاتی کشور بوده که قسمت عمده‌ای از آن نیز از مناطق کوهستانی و مه‌گیر عبور می‌نماید. لذا نتایج تحلیل حاضر با توجه به حائز اهمیت بودن محور انتخابی، به این آزادراه و آزادراه‌های با ویژگی توپوگرافی و نوع راه مشابه قابل تعمیم است. در شکل ۲ منطقه مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه‌های ترددشماری و نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به آن‌ها، در محور انتخابی نمایش داده شده است. محور برون‌شهری مورد بررسی از مختصات جغرافیایی E ۴۷/۷۳ °۴۹ ۳۰ و N ۱۵/۵۵ °۳۶ ۳۸ در شهر لوشان شروع شده و به مختصات جغرافیایی E ۵۵/۵۳ °۴۹ ۵۸ و N ۳۴/۴۲ °۳۶ ۱۹ در شهر قزوین منتهی می‌گردد.

۴- ۲- داده‌های مورد استفاده در پژوهش

پارامترهای مورد مطالعه در این تحقیق، شامل پارامترهای آب و هوایی



شکل ۲. منطقه مورد مطالعه

Fig. 2. Study area

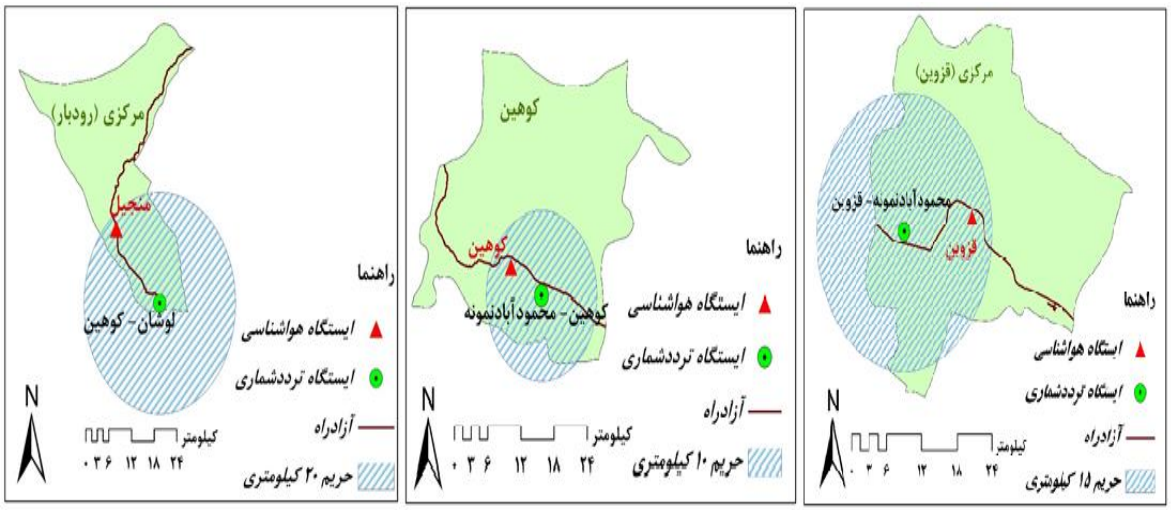
جدول ۲. توصیف متغیرهای مورد مطالعه

Table 2. Description of variables

نام متغیر	تعریف
دید افقی (متر)	حداکثر فاصله‌ای که یک جسم با اندازه مشخص به وسیله یک دیده‌بان با چشم‌های معمولی در امتداد افق دیده می‌شود.
سرعت باد (متر بر ثانیه)	جابه‌جایی مکانی یک توده هوایی را سرعت باد می‌نامند.
بارش باران (میلی‌متر)	باران آشناترین فرم بارندگی است و ابرها منبع باران‌اند که از تراکم قطرات آب در ابرها به وجود می‌آید.
عمق برف (سانتی‌متر)	برف ریزش جوی است که از کریستال‌های یخی تشکیل شده است. با هم ادغام شدن کریستال‌های برف، برف تکه‌ای تشکیل می‌شود و با اندازه‌ها و شکل‌های گوناگون به زمین فرود می‌آیند.
دما (درجه سانتی‌گراد)	دما، معیاری است که از روی آن شدت گرما احساس می‌شود.
حجم ترافیک (تعداد)	حجم ترافیک به صورت تعداد وسایل‌نقلیه عبوری از یک نقطه از راه یا یک خط یا جهت مورد نظر از جاده در طول مدت زمان مشخص تعریف می‌گردد.

من جمله دید افقی، سرعت باد، بارش باران، عمق برف و درجه حرارت و متغیر حجم ترافیک عبوری از محور مورد نظر می‌باشند. آمار ساعتی مربوط به متغیرهای آب و هوایی از سازمان هواشناسی کشور و اطلاعات ساعتی حجم ترافیک وسایل‌نقلیه سبک از سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای اخذ گردیده است. به عبارت دیگر توزیع شرایط آب و هوایی در روزهای فصول مختلف سال نه تنها به صورت روزانه بلکه به صورت ساعتی در نظر گرفته شده است و میانگین خودروهای عبوری در ساعات ثبت شده روزهای هر فصل مورد تحلیل و بررسی واقع شده است. متغیرهای آب و هوایی فوق‌الذکر در جدول ۲، توصیف شده‌اند [۲۶ و ۲۵]

اطلاعات هواشناسی اخذ شده از ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک و



شکل ۳. نمایش مکانی فاصله میان ایستگاه ترددشماری در هر قطعه تا نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی

Fig. 3. Spatial representation of the distance between the traffic station in each section to the nearest meteorological station

داده ترددشماری مربوط به سال‌های آماری ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۷ گزارش شده‌اند. ایستگاه‌های سینوپتیک، ایستگاه‌هایی هستند که به طور همزمان در سراسر دنیا، بر اساس ضوابط و مقررات سازمان جهانی هواشناسی، هر سه ساعت یک بار موظف به اندازه‌گیری و تهیه پدیده‌های جوی و ارسال آن‌ها در شبکه مخابراتی است [۲۱]. به منظور بررسی روش پیشنهادی تحقیق، به سنجش تأثیر هر یک از بازه‌های متغیرهای آب و هوایی در بازه زمانی ۹ ساله، بر مجموع حجم ترافیک وسایل‌نقلیه سبک شامل سواری و وانت در محور مورد مطالعه به تفیک فصول مختلف سال پرداخته شده است. با توجه به یافته‌های مطالعات پیشین و واکنش متفاوت کاربران راه در مواجهه با هر عنصر اقلیمی در فصول گوناگون، نتایج به دست آمده برای هر پدیده جوی با تأکید بر فصل‌های مختلف سال و مقایسه آن‌ها در هر قطعه ارائه شده است [۱۷]. به عبارت دیگر با استناد به پژوهش‌های پیشین، لحاظ تغییرات فصلی و ارزیابی نتایج به دست آمده به ویژه در کشور ما که با توجه به گستردگی عرض جغرافیایی و وجود ارتفاعات، شبکه حمل و نقل زمینی در طول خود در معرض شرایط مختلف آب و هوایی قرار دارد، امری حیاتی می‌باشد [۱۲]. طبق تحقیقات انجام شده توسط پژوهشگران، فاصله بین دو ایستگاه هواشناسی و ترددشماری تا شعاع ۳۲ کیلومتری از لحاظ دقت و صحت قابل قبول اسن [۱۴]. بدان معنا که به کارگیری و تعمیم اطلاعات هواشناسی هر ایستگاه، تا شعاع ۳۲ کیلومتری از صحت برخوردار است. در این راستا پس از انتخاب محور مورد مطالعه و جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، پیش‌پردازش‌های لازم جهت تطابق زمانمند و مکانمند داده‌های ایستگاه هواشناسی با حجم ترافیک وسایل‌نقلیه سبک عبوری از محور مورد مطالعه صورت گرفت. با توجه به نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک موجود به محور مورد مطالعه، به تفکیک قطعات پرداخته و اطلاعات هر ایستگاه هواشناسی به یک قطعه از راه تعمیم داده شده است. فاصله میان ایستگاه ترددشماری در هر قطعه تا نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی سینوپتیک نیز به ترتیب در شکل ۳ نشان داده شده است.

با توجه به نتایج تحلیل‌های مکانی در GIS مشهود است که کلیه ایستگاه‌های ترددشماری و ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک در مجاورت آن‌ها، در حریم کمتر از ۳۲ کیلومتر از یکدیگر واقع شده‌اند که در محدوده مورد قبول قرار گرفته است. اطلاعات مربوط به قطعات آزادراه مورد بررسی من جمله طول تقریبی قطعه، مختصات جغرافیایی مبدأ و مقصد و همچنین شعاع حریم، در جدول ۳ ارائه داده شده است.

در ادامه پس از تلفیق و تطابق مکانمند و زمانمند آمار هواشناسی و ترددشماری به سایر پیش‌پردازش‌های لازمه پرداخته شده است. این پیش‌پردازش‌ها شامل، مرتب‌سازی آمار ساعتی، تبدیل ساعت گرینویچ آمار هواشناسی به ساعت رسمی کشور، محاسبه و تغییر واحدهای پارامترهای هواشناسی، طبقه‌بندی پارامترهای هواشناسی بر اساس حد آستان‌های

جدول ۳. مشخصات قطعات مورد مطالعه

Table 3. Characteristics of the segments

نام قطعه	طول قطعه	مختصات جغرافیایی مبدأ	مختصات جغرافیایی مقصد	حداقل شعاع حریم
لوشان- کوهین	۵۰ کیلومتر	۳۶°۳۸ ۱۵/۵۵ N، ۴۹°۳۰ ۴۷/۷۳ E	۳۶°۲۱ ۱۸/۱۶ N، ۴۹°۳۹ ۵۸/۸۴ E	**حریم ۲۰ کیلومتری**
کوهین- محمودآبادنمونه	۲۷ کیلومتر	۳۶°۲۱ ۱۸/۱۶ N، ۴۹°۳۹ ۵۸/۸۴ E	۳۶°۱۸ ۱۷/۷۸ N، ۴۹°۵۳ ۰۷/۱۰ E	**حریم ۱۰ کیلومتری**
محمودآبادنمونه- قزوین	۱۰ کیلومتر	۳۶°۱۸ ۱۷/۷۸ N، ۴۹°۵۳ ۰۷/۱۰ E	۳۶°۱۹ ۳۴/۴۲ N، ۴۹°۵۸ ۵۵/۵۳ E	**حریم ۱۵ کیلومتری**

موجود در منابع مربوطه و حذف تعطیلات رسمی به منظور جلوگیری از ورود داده‌های حجم ترافیک که احتمال دارد تحت این شرایط متحمل تغییراتی گردند، می‌باشند [۱۷]. در مرحله بعد به گروه‌بندی پارامترهای آب و هوایی مورد مطالعه طبق حد آستان‌های موجود بر اساس استانداردهای مربوطه، پرداخته شده است. پس از تلفیق و تطابق آمار هواشناسی و ترددشماری، جهت انتخاب آزمون آماری مناسب به سنجش نحوه توزیع داده‌های مورد بررسی با آزمون کولموگروف- اسمیرنوف پرداخته شده است.

۴- ۳- پیاده‌سازی پیش‌فرض‌های انتخاب نوع آزمون‌های آماری (پارامتریک یا ناپارامتریک)

جهت گزینش آزمون آماری مناسب به منظور بررسی اثر مستقل پارامترهای آب و هوایی بر حجم ترافیک وسایل‌نقلیه سبک عبوری از آزادراه لوشان- قزوین به تفکیک در سه قطعه پیوسته شامل لوشان- کوهین، کوهین- محمودآباد نمونه و محمودآباد نمونه- قزوین در تمامی فصول سال، از نتایج حاصله از آزمون‌های سنجش چگونگی توزیع جامعه آماری (آزمون کولموگروف- اسمیرنوف) استفاده شده است. خروجی‌های حاصله از آزمون مذکور به تفکیک در تمامی قطعات و کلیه فصول سال، به ترتیب در جدول ۴ ارائه شده است.

بر اساس نتایج حاصله از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف در جدول ۴، از آنجایی که سطح معناداری کلیه متغیرهای مورد مطالعه در تمامی قطعات به تفکیک فصول مختلف سال کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد، می‌توان توزیع داده‌ها را با اطمینان بالایی غیرنرمال فرض کرد [۱۸].

همانطور که در بخش مروری بر مطالعات پیشین ذکر شد، در بسیاری از پژوهش‌های انجام شده در این زمینه به سنجش نحوه توزیع داده‌های مورد استفاده نپرداخته و بدون بررسی فرض می‌کنند که جامعه مورد بررسی‌شان از توزیع نرمال پیروی می‌کند. به کارگیری این فرض زمانی که نمونه بزرگ باشد با توجه به قضیه حد مرکزی که پیشتر بدان اشاره شد، تضمین می‌کند حتی اگر جامعه نرمال نباشد، در نمونه‌های بزرگ به کارگیری هر یک از دو نوع آزمون پارامتریک و ناپارامتریک مشکلی ایجاد نمی‌کند.

در پژوهش حاضر جهت بررسی وجود و یا عدم وجود تفاوت میان گروه‌بندی‌های آب و هوایی ارائه شده با تعداد خودروهای سبک عبوری از محور مورد نظر، از آزمون‌های آماری ناپارامتریک یو- من‌ویتنی و یا کروسکال والیس استفاده شده است. در نهایت در صورت وجود رابطه معنادار میان هر یک از گروه‌بندی‌های انجام شده با متغیر حجم ترافیک، به نمایش گرافیکی آن‌ها با درج درصد حجم ترافیک در هر یک از زیرگروه‌ها پرداخته شده است. همچنین با توجه به یافته‌های مطالعات پیشین و واکنش متفاوت کاربران راه در مواجهه با هر عنصر اقلیمی در فصول گوناگون، نتایج به دست آمده برای هر پدیده جوی با تأکید بر فصل‌های مختلف سال و مقایسه آن‌ها در هر قطعه ارائه شده است [۱۷]. لحاظ تغییرات فصلی به ویژه در کشور ما که با توجه به گستردگی عرض جغرافیایی و وجود ارتفاعات، شبکه حمل و نقل زمینی در طول خود در معرض شرایط مختلف آب و هوایی قرار دارد، حیاتی می‌باشد. به عبارت دیگر در پژوهش حاضر با به کارگیری حجم عظیمی از آمار عددی ۸ ساله هواشناسی و حجم ترافیک و دسته‌بندی پارامترهای آب و هوایی مأخوذه به زیرگروه‌هایی بر اساس حد آستان‌های بحرانی ارائه شده در منابع مربوطه به بررسی جزئی‌تر و بیان میزان اثرگذاری هر یک از پارامترهای آب و هوایی در هر یک از زیرگروه‌ها در فصول

جدول ۴. نتایج آزمون کولموگروف- اسمیرنوف به تفکیک قطعات و فصول

Table 4. Results of Kolmogorov-Smirnov test in each segmant and season separately

نام متغیر	لوشان- کوهین				کوهین- محمودآباد نمونه				محمودآباد نمونه- قزوین			
	عدد معناداری Asymp. Sig. (2-tailed)				عدد معناداری Asymp. Sig. (2-tailed)				عدد معناداری Asymp. Sig. (2-tailed)			
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
دید افقی	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
سرعت باد	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
بارش باران	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
عمق برف	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۴۱	۰/۰۰۰
درجه حرارت	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
حجم ترافیک	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

مختلف سال بر میزان تردد به صورت کمی و عددی برحسب درصد پرداخته شده است. کاربرد خروجی‌های کمی در آشکارسازی میزان دقیق تغییرپذیری حجم ترافیک تحت تأثیر شرایط آب و هوایی گوناگون در فصول مختلف سال به منظور پیش‌آگاهی و بروز واکنش مناسب در مواجهه با شرایط مشابه احتمالی پیش رو در محور مورد مطالعه سودمند می‌باشد. در ادامه نتایج هر یک از آزمون‌های نام برده به تفصیل تشریح شده است. به علاوه همانطور که پیشتر ذکر شد به دلیل حجم عظیم آمار مورد بررسی و عدم ممانعت در به کارگیری آزمون‌های پارامتریک و ناپارامتریک، جهت بررسی اثر تلفیقی دو به دو متغیرهای آب و هوایی بر حجم ترافیک نیز ابتدا به سنجش همسویی میان متغیرهای مستقل آب و هوایی از طریق آزمون‌های همبستگی اسپیرمن و پیرسون و سپس حذف پارامترهای همسو و در نهایت پیاده‌سازی آزمون تحلیل واریانس دو طرفه استفاده شده است.

۵- نتایج و بحث

پس از تلفیق و تطابق زمانمند و مکانمند آمار هواشناسی و اطلاعات ترددشماری، به پیاده‌سازی آزمون‌های آماری مربوطه پرداخته شده است.

۵- ۱- نتایج پیاده‌سازی آزمون یو-من‌ویتنی و یا کروسکال والیس جهت بررسی اثر مستقل متغیرهای آب و هوایی بر حجم ترافیک

پس از تلفیق و تطابق زمانمند و مکانمند آمار هواشناسی و اطلاعات ترددشماری، در مرحله اول به بررسی معناداری میان هر یک از شاخص‌های آستانه‌ای متغیرهای آب و هوایی و حجم ترافیک عبوری از قطعات مختلف پرداخته شده است. جهت ارزیابی واکنش استفاده کنندگان از راه در هنگام رویارویی با شرایط آب و هوایی گوناگون و نحوه پاسخ آن‌ها، نتایج مربوط به آزمون‌های یو- من ویتنی و یا کروسکال والیس در جداول ۵ الی ۷ به تفکیک فصول مختلف سال به نمایش در آمده است. خروجی سنجش معناداری آزمون‌های آماری نام برده برای قطعه لوشان- کوهین، در جدول ۵ خلاصه شده است. در جداول ارائه شده مقصود از عبارت "عدد معناداری" P-Value می‌باشد. تفاوت در معناداری در قطعات و فصول مختلف با استناد بر شرایط مکانی و توپوگرافی هر قطعه در فصول مختلف سال طبیعی می‌باشد. از سویی دیگر طبق گزارشات تشریح شده در رفرنس [۱۲] تحت عنوان «آب و هوا و ایمنی جاده‌ها» تردد در بعضی راه‌ها و گذرگاه‌های ایران به صورت یک مشکل حاد در آمده که برای رفع این بحران‌ها، مطالعات

جدول ۵. بررسی معناداری میان متغیرها در قطعه لوشان- کوهین

Table 5. Significant study between variables in Loushan-Kouhin segment

نام متغیر	عدد معناداری[1]				رابطه معنادار			
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
حجم ترافیک/ دید افقی	۰/۱۹۱	۰/۲۷۷	۰/۸۱۸	۰/۹۶۱	ندارد	ندارد	ندارد	**ندارد**
حجم ترافیک/ سرعت باد	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	دارد	دارد	دارد	**دارد**
حجم ترافیک/ بارش باران	۰/۱۷۵	۰/۰۰۲	۰/۷۰۴	۰/۴۰۴	ندارد	دارد	ندارد	**ندارد**
حجم ترافیک/ عمق برف	---	---	---	۰/۰۱۱	---	---	---	**دارد**
حجم ترافیک/ دما	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	دارد	دارد	دارد	**دارد**

[1] P-Value

جدول ۶. بررسی معناداری میان متغیرها در قطعه کوهین- محمودآباد نمونه

Table 6. Significant study between variables in Kouhin-Mahmoudabad nemune segment

نام متغیر	عدد معناداری				رابطه معنادار			
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
حجم ترافیک/ دید افقی	۰/۷۲۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	ندارد	دارد	دارد	**دارد**
حجم ترافیک/ سرعت باد	۰/۰۰۰	۰/۰۶۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	دارد	ندارد	دارد	**دارد**
حجم ترافیک/ بارش باران	۰/۰۱۳	۰/۴۵۶	۰/۱۲۱	۰/۸۲۳	دارد	ندارد	ندارد	**ندارد**
حجم ترافیک/ عمق برف	۰/۰۸۳	---	۰/۹۳۶	۰/۰۰۴	ندارد	---	ندارد	**دارد**
حجم ترافیک/ دما	۰/۰۷۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	ندارد	دارد	دارد	**دارد**

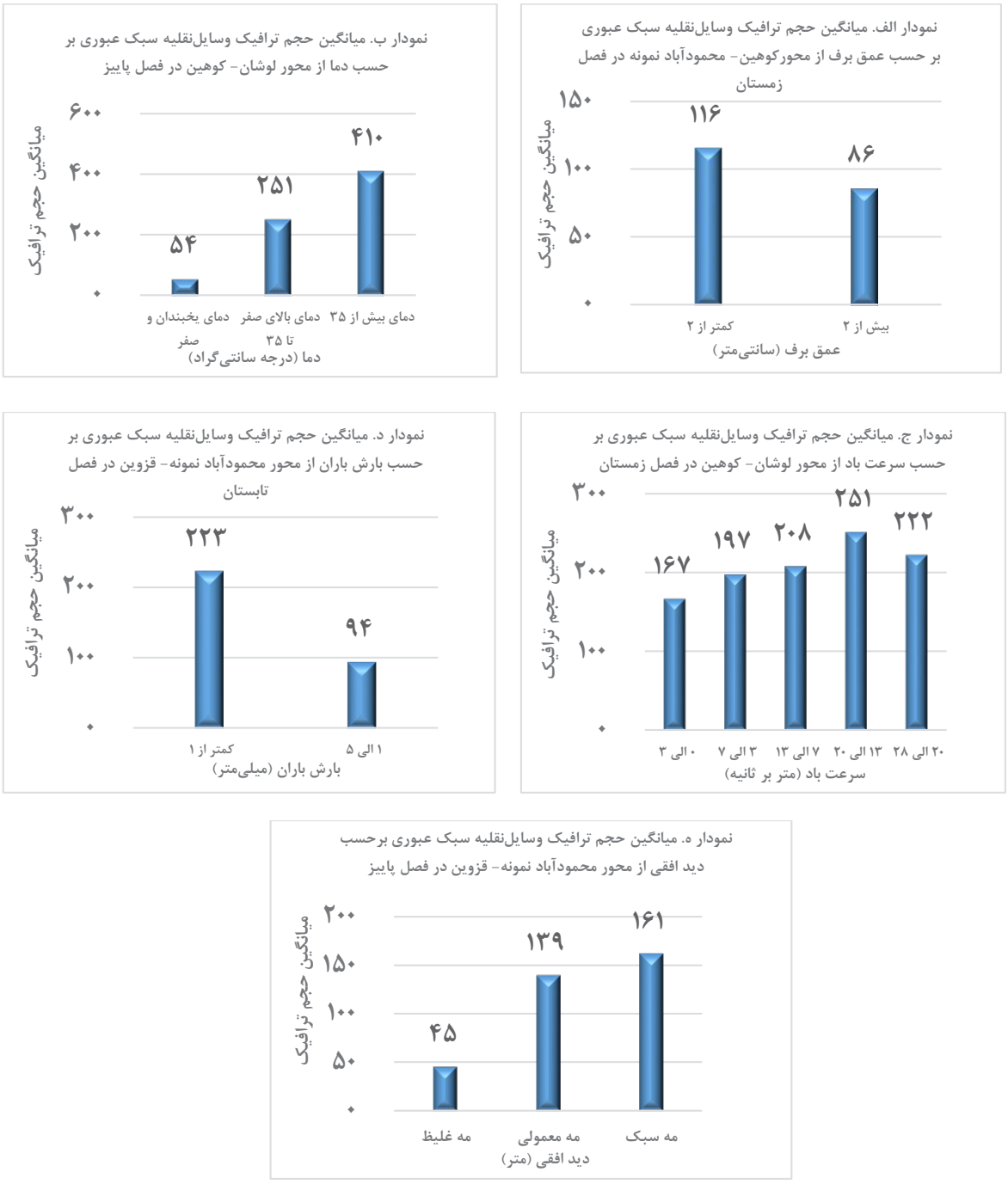
هواشناسی جاده‌ای مناسب با مقتضیات این موضوع تشخیص داده شده است. لازم به ذکر است که طبیعت هر یک از این گذرگاه‌ها دارای عوامل هواشناختی متفاوتی بوده که با مطالعه و بررسی شرایط ویژه جوی و اقلیمی هر منطقه و کسب تجربه می‌توان مواردی را به صورت یک الگو در جمیع جهات اقلیمی این مناطق مشخص و تدوین نمود [۱۲].

خروجی سنجش معناداری مربوط به آزمون‌های یو-من ویتنی و یا کروسکال والیس برای قطعه کوهین- محمودآباد نمونه، در جدول ۶ خلاصه شده است.

خروجی سنجش معناداری آزمون‌های آماری ناپارامتریک یو- من ویتنی و یا کروسکال والیس برای قطعه محمودآباد نمونه- قزوین، به صورت خلاصه در جدول ۷ ارائه شده است.

در مرحله بعد به نمایش گرافیکی روابط معنادار بر اساس جداول بالا پرداخته شده است. در ادامه نمودارهای مربوط به نمایش متغیر حجم ترافیک برحسب تعدادی از پارامترهای آب و هوایی مورد بررسی، به عنوان نمونه در شکل ۴ آورده شده است. ارقام درج شده بر روی نمودارها حاکی از میانگین حجم ترافیک وسایل‌نقلیه سبک عبوری از محور مربوطه در هر یک از زیرگروه‌های آب و هوایی مورد بررسی می‌باشد. در نمودار ارائه شده در شکل ۴ به عنوان مثال نمودار ه، تعداد ۱۶۱، بیانگر میانگین وسایل‌نقلیه سبک (سواری و وانت) عبوری از قطعه محمودآباد نمونه- قزوین در فصل پاییز و شرایط مه سبک (دید افقی بیش از ۱۰۰۰ متر) در بازه زمانی سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۷ بوده است. میانگین حجم ترافیک به صورت تقسیم مجموع تعداد وسایل‌نقلیه عبوری در تمامی ساعات روزهای آماری دارای هر یک از حالات شرایط آب و هوایی به تفکیک قطعات و فصول مختلف سال بر سهم و تعداد روزهای آماری، محاسبه شده است.

در ادامه نتایج کلیه نمودارهای رسم شده برای هر متغیر آب و هوایی



شکل ۴. نمایش گرافیکی روابط معنادار (میانگین حجم ترافیک برحسب متغیر هواشناسی مورد نظر به تفکیک فصول)

Fig. 4. Graphic representation of significant relationships (average traffic volume in terms of meteorological variables by seasons)

جدول ۷.بررسی معناداری میان متغیرها در قطعه محمودآباد نمونه- قزوین

Table 7. Significant study between variables in Mahmoudabad nemune-Qazvin segment

نام متغیر	عدد معناداری				رابطه معنادار			
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
حجم ترافیک/ دید افقی	۰/۱۱۴	۰/۴۳۰	۰/۰۰۱	۰/۰۴۵	ندارد	ندارد	دارد	**دارد**
حجم ترافیک/ سرعت باد	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	دارد	دارد	دارد	**دارد**
حجم ترافیک/ بارش باران	۰/۸۳۸	۰/۰۱۶	۰/۳۰۹	۰/۴۸۱	ندارد	دارد	ندارد	**ندارد**
حجم ترافیک/ عمق برف	---	---	۰/۲۰۱	۰/۰۵۷	---	---	ندارد	**ندارد**
حجم ترافیک/ دما	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	دارد	دارد	دارد	**دارد**

جدول ۸. نتایج عددی مربوط به متغیر دید افقی (برحسب درصد)

Table 8. Numerical results related to the horizontal visibility variable (in percentage)

قطعه مورد بررسی	فصل	شرایط گوناگون دید افقی (۹۰-۹۷)					
		مه سبک		مه معمولی		مه غلیظ	
		سهم روزهای آماری	میانگین حجم ترافیک (٪)	سهم روزهای آماری	میانگین حجم ترافیک (٪)	سهم روزهای آماری	میانگین حجم ترافیک (٪)
کوهین- محمودآباد نمونه	تابستان	۳۴۷۶	۵۱/۴۰	۲۶	۱۹/۸۰	۱۴	۲۸/۸۰
کوهین- محمودآباد نمونه	پاییز	۲۹۶۲	۴۲/۳۲	۱۹۲	۲۸/۸۸	۱۵۲	۲۸/۸۰
کوهین- محمودآباد نمونه	زمستان	۳۰۶۹	۳۹/۰۹	۱۲۹	۲۸/۹۲	۱۴۵	۳۱/۹۹
محمودآباد نمونه- قزوین	پاییز	۵۲۶۹	۴۶/۶۶	۲۷	۴۰/۲۱	۸	۱۳/۱۳
محمودآباد نمونه- قزوین	زمستان	۵۳۲۷	۳۹/۷۷	۳۰	۳۷/۳۲	۱۲	۲۲/۹۱

به تفکیک فصول مختلف سال و در قطعات گوناگون با احتساب میانگین تردد برحسب درصد و همچنین اشاره به سهم روزهای آماری در هر یک از زیرگروه‌ها، در جداول ۸ الی ۱۲ آورده شده است. سپس به تفسیر و تحلیل خروجی به دست آمده پرداخته شده است. میانگین حجم ترافیک به صورت تقسیم مجموع تعداد وسایل‌نقلیه عبوری در تمامی ساعات روزهای آماری دارای هر یک از حالات شرایط آب و هوایی به تفکیک قطعات و فصول مختلف سال بر سهم و تعداد روزهای آماری، محاسبه شده است. به عنوان نمونه در محور محمودآباد نمونه- قزوین مجموع حجم ترافیک وسایل‌نقلیه سبک عبوری از محور کوهین- محمودآباد نمونه در شرایط بارش سنگین برف (عمق برف بیش از ۲ سانتی‌متر) در فصل زمستان، برابر ۲۰۰۵۳ بوده و سهم روزهای آماری دارای این شرایط مه غلیظ در فصل و قطعه مذکور طبق جدول ۱۱، ۱۰۲ روز بوده که میانگین میزان تردد به صورت تقسیم ۸۴۱۰ بر ۱۰۲ روز آماری و برابر ۸۲ به صورت تقریبی مشابه شکل ۴ در نمودار الف محاسبه شده است. درصدگیری از میانگین محاسبه شده نیز به صورت تجمیع میانگین حجم ترافیک محاسبه شده در دو گروه بارش برف سبک و سنگین در گراف الف در شکل ۴ و تقسیم میانگین محاسبه شده هر گروه بر

جدول ۹. نتایج عددی مربوط به متغیر سرعت باد (برحسب درصد)

Table 9. Numerical results related to wind speed variable (in percentage)

قطعه مورد بررسی	فصل	شرایط گوناگون سرعت باد (۹۰-۹۷)									
		۰-۳		۳-۷		۷-۱۳		۱۳-۲۰		۲۰-۲۸	
		سهم روزهای آماری	میانگین حجم ترافیک (٪)	سهم روزهای آماری	میانگین حجم ترافیک (٪)	سهم روزهای آماری	میانگین حجم ترافیک (٪)	سهم روزهای آماری	میانگین حجم ترافیک (٪)	سهم روزهای آماری	میانگین حجم ترافیک (٪)
لوشان- کوهین	بهار	۲۵۰۷	۱۲/۶۹	۸۲۴	۱۷/۵۴	۱۳۵۴	۱۸/۲۷	۴۹۹	۲۳/۶۷	۲۶	۲۷/۸۲
لوشان- کوهین	تابستان	۱۶۱۹	۱۱/۶۰	۷۰۰	۱۳/۲۶	۲۲۰۳	۱۷/۳۲	۱۰۷۱	۲۴/۶۲	۴۲	۳۳/۲۰
لوشان- کوهین	پاییز	۳۴۵۵	۱۲/۶۳	۶۹۸	۱۷/۵۹	۹۹۴	۲۰/۸۴	۲۲۷	۲۴/۶۲	۶	۲۴/۳۳
لوشان- کوهین	زمستان	۳۷۵۶	۱۵/۹۴	۷۹۵	۱۸/۸۹	۶۹۹	۱۹/۸۷	۱۳۱	۲۴/۰۳	۴	۲۱/۲۶
کوهین- محمودآباد نمونه	بهار	۱۴۷۳	۳۱/۸۰	۲۳۳۴	۳۲/۳۹	۶۱۳	۳۵/۸۲	---	---	---	---
کوهین- محمودآباد نمونه	پاییز	۱۸۸۱	۲۸/۸۸	۲۲۶۷	۳۲/۱۰	۳۹۸	۳۷/۵۶	۲	۱/۴۶	---	---
کوهین- محمودآباد نمونه	زمستان	۲۲۲۳	۲۴/۱۸	۲۰۰۸	۲۵/۵۲	۴۰۴	۲۵/۳۸	۸	۲۴/۹۱	---	---
محمودآباد نمونه- قزوین	بهار	۴۳۵۷	۲۵/۴۲	۷۵۱	۳۱/۴۶	۱۰۲	۲۵/۶۲	۳	۱۷/۵۰	---	---
محمودآباد نمونه- قزوین	تابستان	۴۷۸۵	۳۰/۲۱	۷۶۵	۳۴/۵۸	۸۳	۳۵/۲۰	---	---	---	---
محمودآباد نمونه- قزوین	پاییز	۴۸۴۸	۲۹/۴۲	۵۰۳	۳۵/۹۶	۴۱	۳۴/۶۲	---	---	---	---
محمودآباد نمونه- قزوین	زمستان	۴۶۱۶	۲۸/۸۹	۷۰۴	۳۳/۳۰	۸۹	۳۷/۸۱	---	---	---	---

جدول ۱۰. نتایج عددی مربوط به متغیر بارش باران (برحسب درصد)

Table 10. Numerical results related to the rainfall variable (in percentage)

قطعه مورد بررسی	فصل	شرایط گوناگون بارش باران (۹۰-۹۷)							
		کمتر از ۱		۱-۵		۵-۱۰		بیش از ۱۰	
		سهم روزهای آماری	میانگین حجم ترافیک (٪)	سهم روزهای آماری	میانگین حجم ترافیک (٪)	سهم روزهای آماری	میانگین حجم ترافیک (٪)	سهم روزهای آماری	میانگین حجم ترافیک (٪)
لوشان- کوهین	تابستان	۲۸۰۶	۶۵/۸۰	۵	۱۴/۰۲	---	---	۲	۲۰/۱۷
کوهین- محمودآباد نمونه	بهار	۱۹۵۱	۲۱/۱۴	۹۱	۱۷/۹۴	۲۲	۲۰/۱۴	۱۲	۴۰/۷۸
محمودآباد نمونه- قزوین	تابستان	۱۸۰۲	۷۰/۴۰	۸	۲۹/۶۰	---	---	---	---

عدد تجمیعی به دست آمده می‌باشد که مشابه روند ذکر شده پیاده‌سازی شده و در جداول ۸ الی ۱۲ ارائه شده است.

طبق جدول ۸، تقریبا در تمامی فصول در هر دو قطعه کوهین- محمودآباد نمونه و محمود آباد نمونه- قزوین با بهبود میزان دید افقی، بر حجم تردد وسایل‌نقلیه سبک عبوری افزوده شده است و حدود بیش از ۴۰ درصد از حجم ترافیک در شرایط وقوع مه سبک که مربوط به میزان دید افقی بیش از ۱۰۰۰ متر است، می‌باشد. به عبارت دیگر نتایج بیانگر آن است که تعداد وسایل‌نقلیه سبک عبوری در تمامی قطعات با کاهش میزان دید، به طور متوسط حدود ۱۸ درصد کاهش یافته است. عبارت ذکر شده بیان کننده این مسئله می‌باشد که نتایج نشان داد که در شرایط مه سبک و متعاقباً بهتر بودن میزان دید برای رانندگان، حجم ترافیک در مقایسه با شرایط بحرانی و غلیظ شدن مه و کاهش دید، به ویژه در فصل پاییز در قطعه محمودآباد نمونه- قزوین حدود ۳۳ درصد افزایش یافته است. به عبارت دیگر با کاهش میزان دید، حجم ترافیک کاهش و با بهبود شرایط دید، میزان تردد هم افزایش یافته است.

در مورد پارامتر سرعت باد، از آنجایی که بادهای با سرعت ۲ الی ۱۳ متر بر ثانیه طبق مقیاس جهانی بوفورت[1] در طبقه بادهای ملایم[2] واقع شده‌اند که این گونه بادها تأثیری بر حرکت وسایل‌نقلیه نخواهند داشت [۲۰]. لذا نوسان در میزان تردد در شرایط سرعت باد تا ۱۳ متر بر ثانیه حائز اهمیت نبوده است. با وجود مشاهده افزایش در میزان حجم ترافیک قطعه لوشان- کوهین در فصول سرد پاییز و زمستان تحت شرایط بادهای با سرعت ۰ الی ۲۰ متر بر ثانیه، اما با افزایش میزان سرعت باد از ۲۰ متر بر ثانیه، مجدداً کاهش اندکی به میزان تقریبی ۵ درصد در تعداد وسایل‌نقلیه سبک عبوری مشاهده می‌گردد. به علاوه در قطعه کوهین- محمودآباد نمونه نیز در دو فصل سردتر پاییز و زمستان، با وجود ازدیاد حجم ترافیک در شرایط وزش باد تا سرعت ۱۳ متر بر ثانیه، در اثر افزایش سرعت باد تا ۲۰ متر بر ثانیه، حجم ترافیک کاهش یافته است. مورد مطرح شده در حقیقت تأییدی بر عدم تأثیرگذاری چشمگیر سرعت باد بر میزان تردد خودروها تا ۱۴ متر بر ثانیه می‌باشد. علت نوسان در حجم ترافیک در بازه ابتدایی طبقه‌بندی سرعت باد (۰ الی ۲۰ متر بر ثانیه) برای این دو قطعه را این گونه می‌توان توجیه نمود که از آنجایی که دو محور مذکور ماهیتاً از نظر شرایط توپوگرافی نسبت به قطعه محمودآباد نمونه- قزوین مرتفع‌تر می‌باشند و آمار هواشناسی مربوطه این دو محور به ترتیب از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی سینوپتیک موجود یعنی ایستگاه هواشناسی منجیل و کوهین، اخذ شده است بنابراین بادخیز بودن منطقه مربوطه اجتناب‌ناپذیر بوده و در برخی موارد استفاده کنندگان از راه، سفر خود را تا حد امکان لغو نکرده لذا با وجود افزایش میزان سرعت باد از نظر عددی، کاهشی در روند حجم ترافیک ایجاد نگشته است که این موضوع به همان عدم تأثیرگذاری بادهای ملایم بر میزان تردد دلالت دارد. این در حالیست که در قطعه محمودآباد نمونه- قزوین به دلیل هموارتر بودن منطقه مورد مطالعه و وزش بادهای با سرعت ملایم، افزایش میزان سرعت باد، تأثیری بر میزان حجم ترافیک در هیچ یک از فصول نداشته است.

طبق نتایج جداول معناداری (جداول ۵ الی ۷)، ارتباط میان بارش باران و حجم ترافیک تنها در فصول گرم‌تر بهار و تابستان از لحاظ آماری معنادار بوده است. طبق جدول ۱۰، نتایج حاکی از آن است که تنها در فصل گرم تابستان با افزایش بارش باران، حجم ترافیک کاهش یافته است. بدین صورت که در قطعه لوشان- کوهین در فصل تابستان از میزان حجم ترافیک در شرایط

1 Beaufort Scale
2 Breeze

جدول ۱۱. نتایج عددی مربوط به متغیر عمق برف (برحسب درصد)

Table 11. Numerical results related to the snow depth variable (in percentage)

قطعه مورد بررسی	فصل	شرایط گوناگون عمق برف (۹۰-۹۷)			
		کمتر از ۲		بیش از ۲	
		سهم روزهای آماری	میانگین حجم ترافیک (٪)	سهم روزهای آماری	میانگین حجم ترافیک (٪)
لوشان- کوهین	زمستان	۵	۸۵/۶۸	۶	۱۴/۳۲
کوهین- محمودآباد نمونه	زمستان	۱۲۲	۵۷/۴۱	۱۰۲	۴۲/۵۹

بارش باران به میزان کمتر از ۱ میلی‌متر در مقایسه با شرایط بارش به مقدار بیش از ۱۰ میلی‌متر، تقریباً ۴۵ درصد، کاسته شده است. در قطعه محمودآباد نمونه- قزوین نیز در فصل تابستان میزان تردد با افزایش بارش باران حدود ۴۰ درصد کاهش یافته است. استفاده از روش پیشنهادی تحقیق در این آزاد راه حاکی از آن است که به طور کلی واکنش استفاده کنندگان از راه در فصول مختلف سال متفاوت بوده است. به علاوه با توجه به اهداف سفرهای صورت گرفته ضمن لحاظ شرایط آب و هوایی مشابه در دو فصل مختلف سال، نتایج متفاوت می‌باشد. طبق نظر کارشناسان مربوطه، بارش‌های فصول گرم مانند بهار و تابستان در کشور ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی آن، معمولاً از نوع همرفتی و رگباری بوده که می‌تواند بر الگوهای ترافیکی شبکه حمل و نقل مؤثر واقع گردد. به عبارتی دیگر در فصول گرم در مقایسه با فصول سرد پاییز و زمستان عدم بارش انتظار می‌رود، به همین سبب با وقوع این پدیده جوی که در این فصل حالتی غیرنرمال در نظر گرفته می‌شود، آسفالت لغزنده‌تر گشته که ممکن است بر تعداد وسایل‌نقلیه عبوری تأثیرگذار باشد. در حالی که در فصل زمستان، بارش باران از نوع سینوپتیک و ملایم بوده که شرایطی نرمال محسوب می‌گردد. به عبارت دیگر کاربران راه در شرایط بارش باران در فصل گرم تابستان که غالب سفرها به مقصد تفریحی انجام می‌گیرد، به دلیل بارش‌های رگباری و غیرمنتظره در این فصل، از سفرهای غیرضروری خود جهت حفظ ایمنی سرنشینان، در برخی موارد اجتناب خواهند نمود، این در حالیست که در فصل زمستان به دلیل ماهیت طبیعی این فصل و انتظار بارش و از آنجایی که بر اساس آمار و نظر کارشناسان هواشناسی، بارش‌های فصل زمستان غالباً از نوع ملایم و سینوپتیک می‌باشد، و همچنین با توجه به این موضوع که اکثر سفرهای انجام شده در فصل سرد زمستان از نوع کاری و اجباری بوده، لذا استفاده کنندگان از راه نیز بالاجبار به سفرهای کاری خود در این فصل خواهند پرداخت.

در تأیید صحت مطالب فوق‌الذکر، نتایج یکی از مطالعات پیشین نیز در این زمینه، حاکی از مؤثر بودن بارش باران تنها در فصل تابستان می‌باشد. این پژوهش، علت را این گونه توجیه نمود که در سایر فصول به ویژه فصل زمستان، به نظر می‌رسد که استفاده کنندگان از راه، بارش باران را در مقایسه با بارش برف به عنوان شرایطی مساعد در نظر گرفته‌اند. لذا از اثربخشی آن در فصول سرد به میزان قابل ملاحظه‌ای کاسته شده است [۱۷].

به طور کلی خروجی‌های به دست آمده بیانگر آن است که نقش متغیرهای آب و هوایی در فصول مختلف بر تقاضای سفر متفاوت بوده بدین صورت که متغیر بارش باران در فصول گرم به دلیل نوع همرفتی و رگباری آن منجر به کاهش تردد گشته اما در فصل زمستان به دلیل ماهیت سینوپتیک و ملایم بارش‌ها و ماهیت فصل زمستان و انتظار وقوع بارش از دیدگاه کاربران راه، این شرایط تأثیر کمتری بر کاهش تعداد سفرها در فصل سرد داشته است.

طبق جدول ۱۱، نتایج بررسی ارتباط بین پارامتر عمق برف و حجم ترافیک حاکی از آن است که تنها در فصل زمستان میان این دو متغیر ارتباط معنادار در دو قطعه مرتفع‌تر لوشان- کوهین و کوهین- محمودآباد نمونه وجود داشته است. بدین معنا که افزایش عمق برف، منجر به کاهش تعداد وسایل‌نقلیه عبوری در فصل زمستان شده است. عدم وجود ارتباط بین این متغیر و حجم ترافیک در سایر فصول به عدم وجود برف باز می‌گردد. نتایج جداول حاکی از آن است در شرایط بارش برف سنگین حجم ترافیک به میزان بیش از ۷۰ درصد در قطعه لوشان- کوهین و بیش از ۱۵ درصد در قطعه کوهین- محمودآباد نمونه، کاهش یافته است.

بر اساس آمار هواشناسی کشور، دمای بحرانی، مربوط به درجه حرارت زیر صفر و احتمال وقوع یخبندان بوده که بر همین مبنا به تفکیک دمای یخبندان (صفر و زیر صفر)، دمای نرمال (۰ الی ۳۵ درجه سانتی‌گراد) و

جدول ۱۲. نتایج عددی مربوط به متغیر درجه حرارت (برحسب درصد)

Table 12. Numerical results related to the temperature variable (in percentage)

قطعه مورد بررسی	فصل	شرایط گوناگون دما (۹۰-۹۷)					
		زیر صفر (یخبندان)		۳۵-۰		بیش از ۳۵	
		سهم روزهای آماری	میانگین حجم ترافیک (٪)	سهم روزهای آماری	میانگین حجم ترافیک (٪)	سهم روزهای آماری	میانگین حجم ترافیک (٪)
لوشان- کوهین	بهار	---	---	۱۲۴۴	۴۲/۳۰	۴۳	۵۷/۷۰
لوشان- کوهین	تابستان	---	---	۱۲۴۶	۳۹/۶۳	۱۵۴	۶۰/۳۷
لوشان- کوهین	پاییز	۸	۷/۵۴	۱۲۹۰	۳۵/۱۱	۱۱	۵۷/۳۵
لوشان- کوهین	زمستان	۶۷	۱۷/۸۸	۱۲۳۹	۸۲/۱۲	---	---
کوهین- محمودآباد نمونه	تابستان	---	---	۱۲۷۷	۴۰/۰۸	۱۲۶	۵۹/۹۲
کوهین- محمودآباد نمونه	پاییز	۱۶۹	۲۴/۶۰	۱۱۶۶	۷۵/۴۰	---	---
کوهین- محمودآباد نمونه	زمستان	۵۱۰	۲۳/۹۳	۸۲۶	۷۶/۰۷	---	---
محمودآباد نمونه- قزوین	بهار	۱۳	۳۱/۱۴	۱۲۴۵	۳۰/۱۳	۴۵	۳۸/۷۳
محمودآباد نمونه- قزوین	تابستان	---	---	۱۰۱۷	۳۹/۱۸	۳۸۷	۶۰/۸۲
محمودآباد نمونه- قزوین	پاییز	۱۴۴	۱۷/۰۷	۱۱۹۴	۸۲/۹۳	---	---
محمودآباد نمونه- قزوین	زمستان	۴۰۸	۱۷/۵۰	۹۴۲	۸۲/۵۰	---	---

همچنین از طرفی دیگر دماهای بحرانی بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد پرداخته شده است. در مطالعه اخیری که توسط ونگ و همکاران در سال ۲۰۱۸ صورت گرفت، مبنای تفکیک پارامتر دما به دو دسته زیر صفر و بالای صفر بوده است [۲۷]. این در حالیست که در غالب پژوهش‌های پیشین انجام گرفته در زمینه سنجش تأثیر متغیرهای آب و هوایی، بدون لحاظ تفکیک و بازه‌بندی پارامترهای هواشناسی، تأثیر آن‌ها بر تغییرپذیری حجم ترافیک به صورت کلی و بیان صرف افزایش و یا کاهش میزان تردد تحت متغیرهای آب و هوایی و بدون ارائه میزان تغییر حجم بیان شده است. در پژوهش حاضر، مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۱۲، متغیر درجه حرارت تقریباً در تمامی فصول سال و در تمامی قطعات با حجم ترافیک ارتباط معنادار داشته است. به گونه‌ای که با کاهش درجه حرارت، حجم ترافیک کاهش یافته است. خروجی‌های به دست آمده بیانگر آن بود که در فصول سرد پاییز و زمستان با کاهش دمای هوا به زیر صفر درجه سانتی‌گراد و متعاقباً احتمال وقوع پدیده یخبندان، به میزان بیش از ۵۵ درصد از تعداد وسایل‌نقلیه سبک عبوری از تمامی سه قطعه مورد مطالعه کاسته می‌شود. این مسئله بیانگر آن است که در فصول سرد، یخبندان به عنوان عاملی آزار دهنده که منجر به کاهش عبور و مرور می‌گردند، می‌باشند. این در حالیست که در فصول گرم سال مانند تابستان با توجه به فقدان دمای یخبندان، افزایش درجه حرارت (درجه حرارت بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد) تأثیری بر کاهش تعداد وسایل‌نقلیه سبک عبوری نداشته است. از طرفی دیگر در نگاهی کلی تأثیرات متغیرهای آب و هوایی بر تغییرات حجم ترافیک بر اساس تعیین بیشترین و کمترین میزان اثرگذاری پارامترهای هواشناسی بر میزان تردد به تفکیک قطعات و فصول مختلف سال نیز بررسی گردید. بر این اساس طبق نتایج ارائه شده در جداول ۸ الی ۱۲، در قطعه لوشان- کوهین به ترتیب متغیرهای بارش باران در تابستان، کاهش دما در فصول سرد پاییز و زمستان و متعاقباً وقوع یخبندان و همچنین بارش برف زمستانه، بیشترین نقش را در کاهش تعداد وسایل‌نقلیه سبک عبوری از محور مورد مطالعه داشته‌اند. در باب متغیر سرعت باد، از آنجایی که در محور مذکور، بیشتر روزهای آماری بادهای با سرعت ۲ الی ۱۳ متر بر ثانیه که طبق مقیاس جهانی بوفورت در طبقه بادهای ملایم واقع شده‌اند، وزیده است، لذا این گونه بادها تأثیری بر حرکت

جدول ۱۳. ضرایب همبستگی پیرسون و اسپیرمن میان متغیرهای مستقل در قطعه لوشان- کوهین

Table 13. Pearson and Spearman correlation coefficients between independent variables in Loushan-Kouhin segment

آزمون اسپیرمن	دید افقی	سرعت باد	بارش باران	عمق برف	درجه حرارت
دید افقی	۱	۰/۰۲۷	۰/۰۰۶	---	۰/۰۰۳
سرعت باد	۰/۰۲۷	۱	-۰/۰۳۷	-۰/۵۸۳	۰/۲۰۰
بارش باران	۰/۰۰۶	-۰/۰۳۷	۱	---	---
عمق برف	---	-۰/۵۸۳	---	۱	---
درجه حرارت	۰/۰۰۳	۰/۲۰۰	---	---	۱

آزمون پیرسون	دید افقی	سرعت باد	بارش باران	عمق برف	درجه حرارت
دید افقی	۱	۰/۰۲۳	۰/۰۰۵	---	۰/۰۰۳
سرعت باد	۰/۰۲۳	۱	-۰/۰۳۶	-۰/۵۸۲	۰/۲۰۰
بارش باران	۰/۰۰۵	-۰/۰۳۶	۱	---	---
عمق برف	---	-۰/۵۸۲	---	۱	---
درجه حرارت	۰/۰۰۳	۰/۲۰۲	---	---	۱

وسایل‌نقلیه نخواهند داشت و تنها در فصول سرد پاییز و زمستان با افزایش سرعت باد (بازه ۲۸-۲۰ متر بر ثانیه)، حجم ترافیک کاهش یافته است. در قطعه کوهین- محمودآباد نمونه، مشابه محور لوشان- کوهین، به دلیل وزش بادهای ملایم، متغیر سرعت باد کمترین میزان تأثیر را بر تغییر حجم ترافیک داشته و تنها در فصول سرد پاییز و زمستان شاهد کاهش اندکی در میزان تردد بوده‌ایم. از میان سایر متغیرهای آب و هوایی معنادار شناخته شده بر حجم ترافیک، کاهش میزان دید در فصول تابستان، پاییز و زمستان، کاهش دما و احتمال وقوع یخبندان و همچنین بارش برف در فصل زمستان از حجم ترافیک عبوری از محور مورد مطالعه کاسته‌اند. در قطعه محمودآباد نمونه- قزوین نیز از میان کلیه پارامترهای مؤثر شناسایی شده، بارش‌های رگباری فصل تابستان و کاهش میزان دید در فصول سردتر سال به علاوه کم شدن درجه حرارت به زیر صفر درجه سانتی‌گراد، منجر به کاهش حجم ترافیک نسبت به شرایط مساعدتر گشته است.

۵- ۲- نتایج پیاده‌سازی آزمون تحلیل واریانس دو طرفه جهت بررسی اثر تلفیقی دو به دو متغیرهای آب و هوایی بر حجم ترافیک

پیش از پیاده‌سازی آزمون مربوطه، به بررسی همبستگی میان متغیرهای مستقل از طریق به کارگیری آزمون‌های همبستگی پیرسون و اسپیرمن پرداخته شده است. در این روش‌ها اگر ضریب همبستگی محاسبه شده کمتر از ۰/۲- یا بیشتر از ۰/۲+ باشد (مقدار معناداری کمتر از ۰/۰۵ برای داده‌های مورد نظر)، دو متغیر در نظر گرفته شده بسیار با یکدیگر همبسته می‌باشند [۲۴]. نتایج سنجش همسویی با دو آزمون همبستگی پیرسون و اسپیرمن، بین تمامی متغیرهای مستقل آب و هوایی به تفکیک در سه قطعه مورد مطالعه مورد بررسی واقع شده و سپس متغیرهای حذف شده همسو و پارامترهای نهایی در نظر گرفته شده جهت لحاظ در تحلیل‌های مورد نظر در این پژوهش، ارائه شده‌اند. در گام بعدی پس از سنجش همسویی میان متغیرها، با به کارگیری آزمون تحلیل واریانس دو طرفه، به شناسایی متغیرهای ترکیبی آب و هوایی دارای رابطه معنادار با حجم ترافیک مورد سنجش قرار گرفت. نتایج پیاده‌سازی آزمون همبستگی پیرسون و اسپیرمن و خروجی ماتریس‌های همبستگی بین تمامی متغیرهای مستقل آب و هوایی به تفکیک در سه قطعه مورد مطالعه نشان داد که اولاً متغیرهایی که ضریب همبستگی محاسبه شده آن‌ها کمتر از ۰/۲- یا بیشتر از ۰/۲+ باشد، در خروجی حاصله از دو آزمون همبستگی پیرسون و اسپیرمن مشابه یکدیگر بوده است. نتیجه به دست آمده تأییدی بر این مطلب است که بر اساس قضیه حد مرکزی می‌توان اذعان نمود که در حجم عظیم دیتا شامل آمار ۸ ساله ساعتی ترافیکی و هواشناسی، به کارگیری هر یک از آزمون‌های پارامتریک و ناپارامتریک نتایج مشابهی را به همراه خواهد داشت. دوماً خروجی‌های به دست آمده طبق جداول ۱۳ الی ۱۵ حاکی از آن است که تنها در قطعه لوشان- کوهین میان دو پارامتر عمق برف و سرعت باد که با رنگ قرمز در جدول ۱۳ نمایش داده شده است، همبستگی وجود داشته و از آنجایی که روزهای برفی اندک بوده، لذا متغیر عمق برف به نفع پارامتر سرعت باد، جهت تحلیل آماری مربوط به این قطعه حذف خواهد شد.

در ادامه به بررسی معناداری دو به دو متغیرهای آب و هوایی غیرهمسو باقی‌مانده با حجم ترافیک عبوری از سه قطعه مورد مطالعه پرداخته شده است. در جدول ۱۶، متغیرهای دودویی آب و هوایی دارای رابطه معنادار با میزان تردد به تفکیک قطعات مورد بررسی نمایش داده شده است.

جدول ۱۴. ضرایب همبستگی پیرسون و اسپیرمن میان متغیرهای مستقل در قطعه کوهین- محمودآباد نمونه

Table 14. Pearson and Spearman correlation coefficients between independent variables in Kouhin-Mahmoudabad nemune segment

آزمون اسپیرمن	دید افقی	سرعت باد	بارش باران	عمق برف	درجه حرارت
دید افقی	۱	-۰/۰۴۷	-۰/۱۸۰	-۰/۰۸۶	**۰/۱۷۱**
سرعت باد	-۰/۰۴۷	۱	-۰/۰۲۴	-۰/۰۰۸	**۰/۰۶۸**
بارش باران	-۰/۱۸۰	-۰/۰۲۴	۱	۰/۲۰۰	---
عمق برف	-۰/۰۸۶	-۰/۰۰۸	۰/۲۰۱	۱	---
درجه حرارت	۰/۱۷۱	۰/۰۶۸	---	---	**۱**

آزمون پیرسون	دید افقی	سرعت باد	بارش باران	عمق برف	درجه حرارت
دید افقی	۱	-۰/۰۴۵	-۰/۱۷۳	-۰/۰۸۶	**۰/۱۷۰**
سرعت باد	-۰/۰۴۵	۱	-۰/۰۱۸	۰/۰۱۱	**۰/۰۶۲**
بارش باران	-۰/۱۷۳	-۰/۰۱۸	۱	۰/۱۸۹	---
عمق برف	-۰/۰۸۶	۰/۰۱۱	۰/۱۸۹	۱	---
درجه حرارت	۰/۱۷۰	۰/۰۶۲	---	---	**۱**

جدول ۱۵. ضرایب همبستگی پیرسون و اسپیرمن میان متغیرهای مستقل در قطعه محمودآباد نمونه- قزوین

Table 15. Pearson and Spearman correlation coefficients between independent variables in Mahmoudabad nemune- Qazvin segment

آزمون اسپیرمن	دید افقی	سرعت باد	بارش باران	عمق برف	درجه حرارت
دید افقی	۱	۰/۰۰۸	-۰/۱۳۲	۰/۰۲۷	**۰/۰۶۵**
سرعت باد	۰/۰۰۸	۱	۰/۰۰۶	۰/۱۲۵	**۰/۱۳۹**
بارش باران	-۰/۱۳۲	۰/۰۰۶	۱	۰/۱۱۹	---
عمق برف	۰/۰۲۷	۰/۱۲۵	۰/۱۱۹	۱	---
درجه حرارت	۰/۰۶۵	۰/۱۳۹	---	---	**۱**

آزمون پیرسون	دید افقی	سرعت باد	بارش باران	عمق برف	درجه حرارت
دید افقی	۱	۰/۰۰۷	-۰/۱۳۱	۰/۰۲۷	**۰/۰۶۸**
سرعت باد	۰/۰۰۷	۱	۰/۰۱۰	۰/۱۲۵	**۰/۱۳۴**
بارش باران	-۰/۱۳۱	۰/۰۱۰	۱	۰/۱۲۲	---
عمق برف	۰/۰۲۷	۰/۱۲۵	۰/۱۲۲	۱	---
درجه حرارت	۰/۰۶۸	۰/۱۳۴	---	---	**۱**

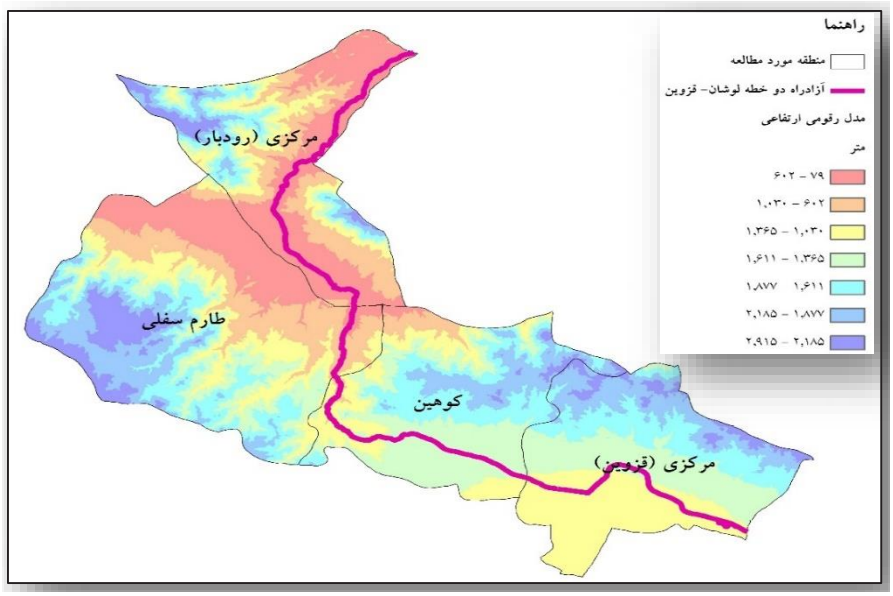
همانطور که در جدول ۱۶ نشان داده شده است، در قطعه لوشان- کوهین پارامتر سرعت باد در تلفیق با متغیر بارش باران و همچنین سرعت باد همراه با عامل درجه حرارت دارای ارتباط معنادار با حجم ترافیک بوده است. تأثیرگذاری سرعت باد در تلفیق با شرایط بارش و همچنین تغییرات دمایی، با توجه به موقعیت منطقه مورد مطالعه که آمار آب و هوایی مربوطه به آن از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی یعنی منجیل اخذ گردیده و به دلیل بادخیز بودن ناحیه مورد نظر، توجیه‌پذیر می‌باشد. در قطعه کوهین- محمودآباد نمونه نیز تلفیق دو حالت بارش و برف و پوشش سطح راه توسط لایه‌ای از برف همراه با وزش باد بر میزان تردد مؤثر بوده است. معناداری اثر ترکیبی عمق برف و سرعت باد با توجه به کوهستانی بودن ناحیه مورد بررسی که از محور مرتفع کوهین می‌گذرد، قابل توجیه است. جهت سنجش ارتباط میان نتایج آماری با بعد مکانی ارتفاع، نقشه مدل رقومی ارتفاعی منطقه مورد مطالعه از طریق GIS تهیه شده و مورد تحلیل قرار گرفته است. در شکل ۵، تغییرات ارتفاعی محور انتخابی نمایش داده شده است. همانطور که مشخص است، محور برگزیده شده عبوری از ناحیه کوهین در قیاس با بخش قزوین، مرتفع‌تر بوده است.

در محور محمودآباد نمونه- قزوین نیز نتایج پیاده‌سازی به شرح جدول ۱۶ نشان داد که تلفیق دید افقی با عمق برف، دید افقی و دما و همچنین میزان دید افقی در ترکیب با عامل سرعت باد، به علاوه ترکیب شرایط بارش باران همراه با سرعت باد بر تعداد وسایل‌نقلیه تأثیرگذار بوده است. علت اثرگذاری بیشتر شرایط تلفیقی جوی بر حجم ترافیک در این قطعه را این گونه می‌توان توجیه نمود که از آنجایی که محور محمودآباد نمونه- قزوین

جدول ۱۶. نتایج آزمون تحلیل واریانس دوطرفه

Table 16. Results of two-way analysis of variance test

متغیر وابسته	متغیرهای مستقل (عامل)	معناداری Sig.
	محور لوشان- کوهین	
حجم ترافیک	بارش باران* سرعت باد	۰/۰۰۴
	درجه حرارت* سرعت باد	۰/۰۰۰
	محور کوهین- محمودآباد نمونه	
حجم ترافیک	عمق برف* سرعت باد	۰/۰۰۱
	محور محمودآباد نمونه- قزوین	
حجم ترافیک	عمق برف*دید افقی	۰/۰۳۶
	دما*دید افقی	۰/۰۰۸
	بارش باران* سرعت باد	۰/۰۰۷
	دید افقی* سرعت باد	۰/۰۴۳



شکل ۵. تغییرات ارتفاعی آزادراه مورد مطالعه

Fig. 5. Elevation changes of the case study freeway

در قیاس با دو محور دیگر (لوشان- کوهین و کوهین- محمودآباد نمونه) از تغییرات ارتفاعی کمتری برخوردار بوده و هموارتر می‌باشد، لذا تغییرات تلفیقی جوی و متعاقباً تشدید اثرات آن‌ها برای کاربران راه غیرمنتظره بوده و منجر به واکنش رانندگان در تغییر به تصمیم‌گیری در سفرهایشان می‌گردد. این در حالیست که در دو قطعه مرتفع‌تر و کوهستانی لوشان- کوهین و کوهین- محمودآباد نمونه، (با توجه به شکل ۵) استفاده کنندگان از راه بهطور ذاتی با آگاهی و احتیاط بیشتری و با لحاظ ماهیت محورهای عبوری و شرایط جوی احتمالی پیش رو، پیش از حرکت جهت انجام سفرهای خود تصمیم‌گیری می‌نمایند.

تغییرات ارتفاعی محور مورد مطالعه در شکل ۵ نمایش داده شده است.

۶- نتیجه‌گیری

تهیه اطلاعات جوی لازم در مورد وضعیت راه‌ها برای تسهیل در امر جابه‌جایی کالا و مسافر، کاهش خسارات احتمالی و نیز آسایش مسافرین امری ضروری است. صدور اطلاعات و پیش‌آگاهی‌های لازم برای مسئولان و مردم، ضمن تسهیل در امر رفت و آمد، خسارات جانی و مالی حوادث جاده‌ای را نیز در حد قابل‌توجهی کاهش می‌دهد. لذا رویکرد اصلی تحقیق بر تلفیق و تطابق زمانی پارامترهای آب و هوایی با اطلاعات حجم ترافیک، ضمن لحاظ حد آستان‌های پارامترهای هواشناسی جهت تحلیل مقدارسنجی و تأثیر گروه‌های گوناگون آب و هوایی بر میزان تردد وسایل‌نقلیه سبک در آزادراه مورد مطالعه به تفکیک فصول مختلف سال از طریق به کارگیری آزمون‌های آماری استوار است.

مشاهدات آماری به دست آمده به طور کلی حاکی از آن است که تعداد وسایل‌نقلیه سبک عبوری در تمامی قطعات با کاهش میزان دید، به طور متوسط حدود ۱۸ درصد کاهش یافته است. این بدان معناست که با بهبود میزان دید به ویژه در فصول سرد سال، حجم ترافیک افزایش یافته است. وزش بادهای ملایم (حداکثر با سرعت ۱۳ متر بر ثانیه) نیز تأثیر چشمگیری بر میزان تردد نداشته است اما در فصل زمستان حجم ترافیک با افزایش میزان سرعت باد در دو قطعه مرتفع‌تر لوشان- کوهین و کوهین- محمودآباد نمونه کاهش یافته است. به طوری که در فصول سرد پاییز و زمستان، وزش بادهای با سرعت ۲۰ الی ۲۸ متر بر ثانیه در قطعه لوشان- کوهین و در قطعه محمودآباد نمونه- قزوین بادهایی با سرعت بیش از ۱۳ متر بر ثانیه، منجر به کاهش حجم ترافیک شده است. یکی از نتایج تحقیق حاکی از آن است که افزایش میزان بارش باران تنها در فصول گرم تابستان منجر به کاهش حجم ترافیک گشته است که خروجی حاصله در راستای تأیید پژوهش‌های پیشین می‌باشد. مشابه دستاوردهای به دست آمده از مطالعات گذشته که بارش برف در فصول سرد منجر به کاهش میزان تردد می‌گردد، در این تحقیق نیز افزایش عمق برف در دو قطعه مرتفع‌تر لوشان- کوهین و کوهین- محمودآباد نمونه، حجم ترافیک را کاهش داده است؛ بدین صورت که میزان تردد در شرایط بارش سنگین برف تقریباً به میزان بیش از ۷۰ درصد در قطعه لوشان- کوهین و بیش از ۱۵ درصد در قطعه کوهین- محمودآباد نمونه، کاهش یافته است. متغیر درجه حرارت نیز از جمله پارامترهای تأثیرگذار در تمامی فصول و قطعات مورد بررسی بوده است. بدین نحو که در فصول سرد، یخبندان به عنوان عواملی آزار دهنده که منجر به کاهش عبور و مرور خودروهای سبک عبوری می‌شود، شناخته شده است. نتایج نشان داد که میزان حجم ترافیک در شرایط یخبندان به طور تقریبی در تمامی قطعات کمتر از ۳۰ درصد بوده است. مدیریت و برنامه‌ریزی ترافیک و کاهش میزان تلفات و تأخیر احتمالی در هنگام وقوع رویدادهای آب و هوایی غیرمترقبه یکی از اهداف اصلی متولیان حمل و نقلی در سراسر جهان محسوب می‌گردد. یافته‌های این تحقیق می‌تواند به منظور مدیریت ترافیک جاده‌ای و به تبع آن کاهش میزان تأخیر و افزایش ایمنی، جهت استفاده مدیران برنامه‌ریزی حمل و نقل سودمند واقع گردد. به عبارت دیگر بر اساس نتایج به دست آمده این تحقیق با آگاهی از میزان تغییرات حدودی حجم ترافیک در شرایط مختلف آب و هوایی و تعمیم آن به شرایط مشابه پیش آمده، می‌توان به ارائه توصیه‌های پیشگیرانه لازم و همچنین اجرا تمهیدات مورد نیاز جهت مدیریت و کنترل ترافیک و صرفه‌جویی در زمان و پیشگیری از سایر عواقب ناشی از تراکم ترافیک شامل افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری، انواع آلودگی‌های صوتی و هوا، افزایش مصرف سوخت، افزایش زمان سفر و غیره پرداخت. به علاوه در کشور ما به سبب ویژگی‌های جمعیتی، وسعت زیاد و شرایط خاص اجتماعی و اقتصادی، حمل و نقل و امور مربوط به آن در اقتصاد و تحولات اقتصادی اهمیت زیادی دارد. با استناد به توصیه‌های مداخله پیشگیرانه پلیس راهور و آیین‌نامه ایمنی راه‌های کشور (نشریه ۲۶۷) با تجهیز جاده‌ها به سیستم هشدار جاده‌ای و اطلاع‌رسانی شرایط آب و هوایی با استفاده از سامانه برخط می‌توان با الگوگیری از نتایج این پژوهش، در شرایط آب و هوایی مشابه و با آگاهی از حدود احتمالی تقریبی تغییرات حجم ترافیک، آمادگی‌های لازمه جهت اجرا اقدامات مورد نیاز را پیش از موعد، برنامه‌ریزی نمود. به عنوان نمونه طبق بند ۸ آیین‌نامه راهنمای بهداشت رانندگان می‌بایست توصیه‌هایی شامل رعایت فاصله تعقیب خودرو جلویی (طبق ضوابط رانندگی در شرایط نامساعد آب و هوایی در حد ۴ ثانیه)، استفاده از چراغ‌های مه‌شکن در شرایط کاهش دید افقی، استفاده از سیستم تهویه خودرو برای جلوگیری از بخارزدگی شیشه‌ها در شرایط بارانی، افزایش فاصله توقف در صورت وجود یخبندان در سطح جاده و کاهش سرعت و استفاده از دنده سنگین در شرایط افزایش سرعت باد، رعایت شوند [۲۸]. به علاوه ایجاد تعامل شبکه‌بندی بین پلیس راه با سازمان هواشناسی کشور، اعزام نیروهای تعمیر و نگهداری در شرایط اضطراری ناشی از بارش باران و برف، جمع آوری و تلفیق اطلاعات ترافیکی و جوی به منظور پیش‌بینی وضعیت راه‌ها و جریان ترافیک، حذف سفرهای غیرضروری و جایگزینی آن‌ها با روش‌های ارائه خدمات غیرحضوری (خریدهای الکترونیک، خدمات غیرحضوری و غیره، تغییر زمان انجام سفرهای غیراجباری شامل سفرهای

غیرکاری و غیرآموزشی و تغییر ساعات کاری یا شناورسازی ساعات کار در روزهای خاص، از جمله اقدامات دیگری است که جهت بهبود شرایط رانندگی در شرایط آب و هوایی نامساعد پیشنهاد شده است.

سپاس‌گزاری

از سازمان هواشناسی کشور و سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای به دلیل تأمین بخشی از داده‌های مورد استفاده در پژوهش تقدیر و تشکر می‌شود.

منابع

[1] S.C. Calvert, M. Snelder, Influence of weather on traffic flow: an extensive stochastic multi-effect capacity and demand analysis, Institute for Transport Studies in the European Economic Integration, 2016.

[2] I.S. Oslakovic, H. ter Maat, A. Hartmann, G. Dewulf, Risk assessment of climate change impacts on railway infrastructure, (2013).

[3] R. Hranac, E.D. Sterzin, D. Krechmer, H. Rakha, M. Farzaneh, Empirical studies on traffic flow in inclement weather, United States. Federal Highway Administration. Road Weather Management Program, 2006.

[4] A.D. Stern, V. Shah, L.C. Goodwin, Analysis of weather impacts on traffic flow in metropolitan Washington, DC, (2003).

[5] A. Alim, A. Joshi, F. Chen, C.T.J.G. Lawson, Techniques for efficient detection of rapid weather changes and analysis of their impacts on a highway network, (2020) 1-31.

[6] F. Xing, H. Huang, Z. Zhan, X. Zhai, C. Ou, N. Sze, K.J.A.m.i.a.r. Hon, Hourly associations between weather factors and traffic crashes: non-linear and lag effects, 24 (2019) 100109.

[7] H.S. Mahmassani, J. Dong, J. Kim, R.B. Chen, B.J.U.D.o.T. Park, Washington, Incorporating weather impacts in traffic estimation and prediction systems, 108 (2009).

[8] I. Juga, A. Vajda, The effect of weather on transportation: assessing the impact thresholds for adverse weather phenomena, in: Proceedings of SIRWEC 16th international road weather conference, Helsinki, Finland, 2012.

[9] L. Andrew, Investigating the Effects of Rainfall on Traffic Operations on Florida Freeways, University of North Florida, 2019.

[10] K. Iqbal, F. Alam, F. Riaz, A. Hashmi, M.N. Khalid, A.J.r. Gohar, Application of Numerical Analysis in Real Life, 55 7.

[11] Road Safety Regulations: Deputy of Strategic Supervision of Technical System Affairs of the Ministry of Roads and Urban Development, No. 267.6 (1384), (in persian).

[12] H.N. Majid, K. Gholamali, Climate and road safety: Tehran, ministry of roads and transportation, (1385), (in persian).

[13] P.GH, Mohammadreza, F.Z. Manuchehr, G. Amir, H.Z. Ashab, Analysis of road accidents with a climatic approach and providing a model for preventive intervention of traffic police, 1396. (in persian).

[14] S. Datla, P. Sahu, H.-J. Roh, S. Sharma, A comprehensive analysis of the association of highway traffic with winter weather conditions, Procedia-social and behavioral sciences, 104 (2013) 497-506.

[15] T.H. Maze, M. Agarwal, G.J.T.r.r. Burchett, Whether weather matters to traffic demand, traffic safety, and traffic operations and flow, 1948(1) (2006) 170-176.

[16] M.L. Angel, T. Sando, D. Chimba, V. Kwigizile, Effects of rain on traffic operations on Florida freeways, Transportation Research Record, 2440(1) (2014) 51-59.

[17] A. Dehman, A.J.T.R.R. Drakopoulos, How weather events affect freeway demand patterns, 2615(1) (2017) 113-122.

[18] B.H. Munro, Statistical methods for health care research, lippincott williams & wilkins, 2005.

[19] J. Gholamreza, which statistical test should we choose, Management culturem, Second year, 6 (1383) 111-121. (in persian).

[20] W.M.O.C.f.M. Meteorology, The Beaufort Scale of Wind Force:(technical and Operational Aspects), WMO,

1970.

[21] W.M. Organization, Manual on the Global Observing System WMO-No. 544-2017

[22] K. Keay, I.J.A.a. Simmonds, prevention, The association of rainfall and other weather variables with road traffic volume in Melbourne, Australia, 37(1) (2005) 109-124.

[23] S. Datla, S.J.T.R.R. Sharma, Variation of impact of cold temperature and snowfall and their interaction on traffic volume, 2169(1) (2010) 107-115.

[24] S.S. Pulugurtha, V.R. Duddu, Y.J.A.A. Kotagiri, Prevention, Traffic analysis zone level crash estimation models based on land use characteristics, 50 (2013) 678-687.

[25] T. Jafar, F.P. Saeid, Meteorology, Tehran, Ministry of education, Iran, Textbook publishing company, 1395. (in persian).

[26] R.P. Roess, E.S. Prassas, W.R. McShane, Traffic engineering, Pearson/Prentice Hall, 2004.

[27] D. Sathiaraj, T.-o. Punkasem, F. Wang, D.P. Seedah, Data-driven analysis on the effects of extreme weather elements on traffic volume in Atlanta, GA, USA, Computers, Environment and Urban Systems, 72 (2018) 212-220.

[28] Comprehensive Guide to Driver Health: Environmental Research Institute, 1390. (in persian).

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

Ch. Atrchian, M. Effati , M. Davudi, Seasonal Impact Analysis of climatic conditions on freeways light- vehicle traffic volume with temporal adaptation of weather parameters and traffic information, Amirkabir J. Civil Eng., 54(10) (2023) 3699-3722.

DOI: 10.22060/ceej.2022.20503.7443