



<https://gеп.uis.ac.ir/?lang=en>
Geography and Environmental Planning
E-ISSN: 2252- 0910
Document Type: Research Paper
Vol. 34, Issue 2, No.90, Summer 2023, pp. 1- 4
Received: 03/04/2021 Accepted: 07/06/2022

Climatic Zoning of the Southern Coastline of the Caspian Sea Using Multivariate Statistical Methods

Hadis Sadeghi ¹, Hosein Mohammadi ², Ali Akbar Shamsipour*³, Mostafa Karimi ⁴

1- Ph.D. in Climatology, Department of Physical Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
hadis.sadeghi12@yahoo.com

2- Professor, Physical Geography Department, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
shamsipr@ut.ac.ir

3- Associate Prof. Physical Geography Department, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
hmmohammadi@ut.ac.ir

4- Assistant Prof. PhD. Physical Geography Department, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
mostafakarimi.a@ut.ac.ir

Abstract

Identifying homogeneous climatic zones plays an important role in the success of regional development programs. The climate system is composed of various elements, factors, and variables that together form the climatic components of a region. Multi-characteristic and multivariate methods can combine and overlap the types of elements and variables effective in constructing the climate with appropriate weights in the climatic zoning area. In the present study, climatic zoning of the Caspian region was performed using factor analysis and cluster analysis. For this purpose, a 30*30 matrix

*Corresponding Author

Sadeghi, H., Mohammadi, H., Shamsipour, A., & Karimi, M. (2023). Climatic zoning of the southern strip of the Caspian Sea with multivariate statistical methods. *Geography and Environmental Planning*, 34 (2), 1 -4.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



10.22108/GEP.2022.127922.1409



20.1001.1.20085362.1402.34.2.3.0

consisting of 30 meteorological stations and 30 climatic and environmental variables was formed. The results of factor analysis showed that the climate of the region is affected by 5 factors including precipitation-humidity, temperature, wind, sunlight, and environmental factors. These factors explained a total of 92.5% of the variance of the data. Then, cluster analysis was performed by the hierarchical integration method of Ward on the five mentioned factors. The results showed four climatic zones including humid, semi-humid, semi-arid, and arid in the study area.

Keywords: Climate Zoning, Factor Analysis, Multivariate Analysis, Cluster Analysis, Caspian Coastline, Iran.

Introduction

Knowledge of climatic zones has long attracted the attention of many scientists and has led to the presentation of various methods of climatic classification such as De Marten, Koppen, Ivanov, Amberje, Selianinov, Hansen, and others. With significant computer advances in recent years, it has become possible to perform internal methods on large volumes of data and the use of new classification methods such as multivariate statistical methods (factor analysis and cluster analysis) have expanded to classify the interactions of a large number of climatic components. Identifying homogeneous climatic zones and the capabilities and limitations of the agricultural climate of each climatic zone can play an effective role in carrying out projects and planning.

Methodology

The study area in this research is the greenest and rainiest region of the country (i.e. the southern shores of the Caspian Sea). In this study, factor analysis with Varimax rotation has been used to identify the factors affecting the climate of the study area and the hierarchical clustering method has been used in its climatic zoning. For this purpose, out of 30 variables affecting agricultural activities, including three environmental variables of latitude, altitude, and distance from the sea, as well as 27 climatic variables including maximum, minimum, and average temperature, an average temperature of winter, spring, summer, and autumn were used. Number of days with a maximum temperature of 30 ° C and above and minimum temperature of 0 ° C and below, average sunny hours, number of full cloudy, partly cloudy, and sunny days, hours of radiation, average relative humidity and annual rainfall, average winter, spring, summer and autumn, total annual rainfall with more than 1 mm, number of days more than 1 mm, more than 5 mm, more than 10 mm and more than 20 mm, average evapotranspiration and average wind speed in 30 stations, and the synoptic meteorology of the region with a suitable statistical period between 2002 to 2018 were used on a daily time scale. ETO Calculator software and radiation amount were used using the Angstrom-PreScott function to calculate the reference evapotranspiration.

Discussion

The results of the Bartlett test showed that the data are suitable for factor analysis and the results can be generalized to the statistical population. The results also showed that the region's climate is the result of the interaction of 5 different factors and explains 92.5% of the total variance. Based on the results of factor scores of variables, variables of average annual rainfall, winter, spring, summer, and autumn, total annual rainfall on days with more than 1 mm, number of days with more than 1 and 5 mm and with heavy rainfall of more than 10 and 20 mm, the number of full and partly cloudy days and

average relative humidity had the highest correlation coefficient with the first factor. Due to the fact that the naming of the factors is based on the highest values of correlation coefficients, it was named the precipitation-moisture factor. In the second factor, the variables of average minimum, maximum and average daily temperatures, average temperatures of winter, spring, summer, and autumn, and the number of days with a maximum temperature of 30 ° C and above had the highest factor load and weight. Therefore, the second factor was named the temperature factor. The third factor explains 6.5% of the total variance of the data and was named the wind factor, as the mean variable of wind speed had the highest correlation coefficient with this factor. The fourth factor explains only 5.8% of the variance of the data changes. Because the variable number of sunny days had the highest correlation coefficient with this factor, it was named the factor of sunshine. The fifth factor explains only 5.5% of the variance of the data changes. Because the variables of distance from the sea and latitude had the highest factor and weight in this factor, it was named an environmental factor.

After performing factor analysis and identifying the main factors using the hierarchical clustering method by the Ward method, the studied stations are grouped into homogeneous categories and zones and climatic classification was performed. According to the cluster tree diagram obtained and the cutting location of the diagram at the interval of 8, 4 clusters were identified. According to the findings, four climatic zones including a humid climate zone located in the northern parts of Gilan province to the western and central plains of Mazandaran province, a semi-humid climate zone including the eastern and central parts of Mazandaran province to parts of the western and southern regions of Gilan province and western parts of Golestan province, semi-arid climate zone located in the southern parts of the southern shores of the Caspian Sea, and arid climate zone located in the eastern and northeastern parts of Golestan province for the region were identified.

Conclusion

The output of this study was four climatic clusters for the study area, which is different from the study of Nazmafar and Goldoust (2015) who in their research on the zoning of the north and northwest of the country, identified three climatic zones for the northern region. In their study, the first climate zone with the effect of precipitation factor was located in the southwest of the Caspian Sea and the second climate zone with the effect of temperature factor was located in a part of the southern shores of the Caspian Sea and the northern slopes of Alborz Mountain range. Therefore, the present study has provided more specific and accurate climatic zones. The findings of this study are consistent with the findings of Montazeri and Bai (2012). They showed in their research that Mazandaran province was located in two humid and semi-cold climates with low rainfall, Gilan province was located in two humid and semi-humid regions, and Golestan province was located in the climate zones of humid, semi-humid, cold, low rainfall, semi-cold, and low rainfall. Also, the findings of this study were consistent with the findings of Fallah Ghalehi et al. (2015) in the field of climatic zoning in Gilan province.

References

- Biabiany, E., Bernard, D., Page, V., & Paugam-Moisy, H. (2020). Design of an expert distance metric for climate clustering: The case of rainfall in the Lesser Antilles. *Journal of Computers and Geosciences*, 145, 1-15.
- Carvalho, M., Melo-Gonçalves, P., Teixeira, J., & Rocha, T. (2016). Regionalization of Europe based on a K-Means Cluster Analysis of the climate change of temperatures and precipitation.

Journal of Physics and Chemistry of the Earth, 94, 22-28.

- Schmidt, G. (2019). The Ecological relevance of parameter choice in describing climate. *The Ecological relevance of parameter choice in describing climate*, 6, 1-26.
- Tapiador, F., Moreno, R., & Navarro, A. (2019). Consensus in climate classifications for present climate and global warming scenarios. *Journal of Atmospheric Research*, 216, 26-36.
- Yang, L., Bai, L., Song, B., & Liu, N. (2020). A new approach to develop a climate classification for building energy efficiency addressing Chinese climate characteristics. *Energy*, 195, 1-14.
- Zhao, J., Xia, B., Han, J., & Liang, K. (2020). Technological adaption zone of passive evaporative cooling of China, based on clustering analysis. *Journal of Sustainable Cities and Society*, 66, 1-10.



جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی

سال ۳۴، پیاپی ۹۰، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص ۷۴-۵۵

وصول: ۱۴۰۰/۱/۱۴ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۱۷

مقاله پژوهشی

ناحیه‌بندی آب‌وهوایی نوار جنوبی دریای خزر با روش‌های آماری چند متغیره

حدیث صادقی، دانش آموخته آب‌وهواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

hadis.sadeghi12@yahoo.com

حسین محمدی، استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

hmmohammadi@ut.ac.ir

علی‌اکبر شمسی‌پور^{*}، دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

shamsipr@ut.ac.ir

مصطفی کریمی، استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

mostafakarimi.a@ut.ac.ir

چکیده

شناسایی مناطق همگن آب‌وهوایی نقش مؤثری در موفقیت برنامه‌های توسعه منطقه‌ای دارد. سامانه آب‌وهوا از عناصر، عوامل و متغیرهای مختلفی تشکیل شده است که باهم سازگان اقلیمی یک منطقه را ایجاد می‌کنند. روش‌های چند متغیره قابلیت ترکیب و همپوشانی انواع عناصر و متغیرها را با وزن‌های متناسبی در ناحیه‌بندی اقلیمی دارند. در این پژوهش، پهنه‌بندی آب‌وهوایی ناحیه خزر با استفاده از تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای انجام شد. بدین منظور یک ماتریس ۳۰ در ۳۰ شامل ۳۰ ایستگاه هواشناسی و ۳۰ متغیر اقلیمی و محیطی تشکیل شد. نتایج تحلیل عاملی نشان داد که آب‌وهوای منطقه متأثر از ۵ عامل بارشی-رطوبتی، دمایی، بادی، تابش آفتاب و عوامل محیطی است. این عامل‌ها در مجموع ۹۲/۵ درصد واریانس داده‌ها را تبیین کردند. سپس تحلیل خوشه‌ای به روش ادغام سلسله مراتبی وارد بر روی پنج عامل مذکور انجام شد. نتایج گویای چهار خوشه آب‌وهوایی در سطح منطقه مورد مطالعه بود.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی آب‌وهوایی، تحلیل عاملی، تحلیل چند متغیره، تحلیل خوشه‌ای، نوار ساحلی دریای خزر، ایران.

*نویسنده مسئول

صادقی، حدیث، محمدی، حسین، شمسی‌پور، علی‌اکبر و کریمی، مصطفی. (۱۴۰۱). ناحیه‌بندی آب‌وهوایی نوار جنوبی دریای خزر با روش‌های آماری چند متغیره. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۴ (۲)، ۷۴-۵۵.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



10.22108/GEP.2022.127922.1409



20.1001.1.20085362.1402.34.2.3.0

مقدمه

آب‌وهوا یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر و تعیین‌کننده توزیع پوشش گیاهی و جانوری، میزان مصرف انرژی، طراحی ساختمان‌ها و دیگر موارد هر منطقه است (Schmidt, 2019:1; Yang et al., 2020:2).

پژوهش‌های مختلف نشان‌دهنده آن بودند که پهنه‌بندی و شناسایی مناطق همگن آب‌وهوایی یکی از نیازهای اولیه در انجام پروژه‌ها و برنامه‌ریزی‌های کلان است و نبود شناخت و آگاهی کافی از نوع اقلیم و عناصر غالب موجب شکست برنامه‌ریزی‌های اقتصادی و کشاورزی می‌شود (خورشید دوست و آزر، ۱۳۹۴: ۱۷۲؛ فلاح‌قاهری، ۱۳۹۴: ۲۳۶). پهنه‌بندی آب‌وهوایی یعنی شناسایی پهنه‌هایی که آب‌وهوای یکسان دارند (شیرانی و خداحلی، ۱۳۸۸: ۱۳۰). به‌طور کلی یک سیستم طبقه‌بندی آب‌وهوایی، مجموعه قواعدی است که با به کار گرفتن آنها مناطق با خصوصیات و ویژگی‌های مشخصی تفکیک و در یک طبقه قرار داده می‌شوند (امیر احمدی و عباس‌نیا، ۱۳۸۹: ۶۸).

شناخت پهنه‌های اقلیمی از دیرباز توجه بسیاری از دانشمندان را به خود معطوف کرده و باعث ارائه روش‌های متنوع طبقه‌بندی اقلیمی نظیر دمارتن، کوپن، ایوانف، امبرژه، سلیمانینوف، هانسن^۱ و غیره شده است. امروزه این طبقه‌بندی‌ها طبقه‌بندی‌های سنتی خوانده می‌شود (موحدی و همکاران، ۱۳۹۱: ۷۴). طبقه‌بندی‌های آب‌وهوایی مانند کوپن، جزء نخستین مطالعات پیشگام طبقه‌بندی آب‌وهوایی است که به اواخر قرن نوزدهم برمی‌گردد. مبنای طبقه‌بندی کوپن براساس دو پارامتر دما و بارش بود. بخشی از موفقیت روش کوپن مربوط به سادگی آن است؛ همان‌طور که برخی طبقه‌بندی‌ها مانند تورنت‌ویت یا یتزولد^۲ به دلیل دشواری محاسبه کمتر مورد توجه هستند (Tapiador et al., 2019:27). روش‌های سنتی - تجربی با وجود داشتن اهمیت تاریخی و جنبه مقایسه‌ای نقطه‌ضعف‌هایی دارند که از کارایی جامع و بهتر این سیستم‌ها می‌کاهد. در طبقه‌بندی‌های سنتی، بیشتر از یک یا دو متغیر آب‌وهوایی مثل دما و بارش استفاده شده است. در صورتی که آب‌وهوا وضعیت کلی و تکرار شرایط هوا در منطقه است که از اجتماع همه متغیرهای سامانه آب‌وهوا حاصل می‌شود و تنها با استناد به چند متغیر مانند دما، بارش، تبخیر و غیره شناخت صحیحی از یک منطقه به دست نمی‌آید (فلاح‌قاهری و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۳۶؛ لشنی زند و همکاران، ۱۳۹۰: ۹۰). با پیشرفت‌های چشمگیر رایانه‌ای در سال‌های اخیر امکان انجام روش‌های درون سو بر روی حجم بزرگی از داده‌ها فراهم شد و استفاده از روش‌های طبقه‌بندی جدیدی مانند روش‌های آماری چند متغیره (تحلیل عاملی و خوشه‌ای) گسترش یافت که اثرات متقابل تعداد زیادی از مؤلفه‌های اقلیمی را ملاک طبقه‌بندی قرار می‌دهد (دارند و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۸۴؛ نظم‌فر و گلدوست، ۱۳۹۴: ۱۴۸). نخستین طبقه‌بندی با استفاده از روش‌های چند متغیره با استانیئر^۳ (1965) از شانزده متغیر اقلیمی در ایالات متحده آمریکا به روش‌های تحلیل عاملی و خوشه‌ای انجام شده است؛ همچنین کاروالیو و همکاران^۴ (2016) مناطق همگن آب‌وهوایی را در اروپا برای دوره پایه 1986-2005 و آینده-2081

1. De Martonne, Ivanov, Köppen, Emberger, Selyaninov and Hansen
 2. Thornthwaite, Yitzold
 3. Stanier
 4. Carvalho et al.

2100 با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای بررسی کردند. ژائو و همکاران^۱ (2020) با بهره‌گیری از تحلیل عاملی و خوشه‌ای، ارتباط میان اقلیم و محیط حرارتی ساختمان‌ها را در سه منطقه در چین بررسی کردند. بیابانی و همکاران^۲ (2020) با استفاده از تحلیل‌های چند متغیره، یک پهنه‌بندی اقلیمی را برای بارش بخش‌های شمال شرقی آمریکای جنوبی ارائه کردند. ناحیه‌بندی آب‌وهوایی ایران با روش‌های تحلیل عاملی و خوشه‌ای نخستین بار از سوی حیدری و علیجانی (۱۳۷۸) و سپس از سوی مسعودیان (۱۳۸۲) انجام شد. طبقه‌بندی رقومی ایستگاه‌های اقلیمی منتخب در ایران به روش لیتین‌اسکی^۳ از سوی عزیزی (۱۳۸۰) و طبقه‌بندی اقلیمی چند معیاری ایران برای توسعه نواحی کشت انگور به وسیله حیدری و سعیدآبادی (۱۳۸۸) مطالعه شد. محب‌الحجه و همکاران (۱۳۹۶) پدیدآورنده بارش‌های مهم تهران را با بهره‌گیری از تحلیل مؤلفه‌های اصلی الگوهای جوی شناسایی کردند. گرامی مطلق و شبانکاری (۱۳۸۵) پهنه‌بندی اقلیمی استان بوشهر، عباس‌نیا و باعقیده (۱۳۹۴) پهنه‌بندی آب‌وهوای استان چهارمحال بختیاری و نظم‌فر و گلدوست (۱۳۹۳) ناحیه‌بندی آب‌وهوایی شمال و شمال غرب ایران را انجام دادند.

ناظم‌السادات و همکاران (۱۳۸۲) با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی، بارندگی زمستانه استان‌های فارس، بوشهر، کهگیلویه و بویراحمد را پهنه‌بندی کرده و مشاهده کردند مؤلفه‌های اول و دوم ۶۸ درصد از کل پراش داده‌های اولیه را توجیه می‌کند. مسعودیان (۱۳۸۲) با استفاده از تحلیل عاملی به روش مؤلفه‌های اصلی و چرخش مه‌پراش، ۲۷ عنصر اقلیمی ایران را با توجه به همبستگی درون گروهی میان آنها به ۶ عامل خلاصه و با اعمال تحلیل خوشه‌ای روی نمرات عاملی، ایران را به پانزده ناحیه اقلیمی تفکیک کرد. غیور و منتظری (۱۳۸۳) با تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر روی آرایه داده‌های دمای کشور با سه مؤلفه ۷/۹۹ درصد از پراش داده‌های دما را توصیف کردند. سپس با اعمال تحلیل خوشه‌ای پایگانی با روش ادغام وارد بر نمرات مؤلفه‌ها، سه قلمروی اصلی رژیم دمایی کشور را تعیین کردند.

در رابطه با نوار ساحلی دریای خزر با توجه به اهمیت آن در تولید محصولات کشاورزی، باغی، فعالیت‌های گردشگری و اوقات فراغت مورد توجه محققان در طبقه‌بندی‌های اقلیمی بوده است. طبقه‌بندی اقلیمی دشت گرگان در شرق دریای خزر با مقایسه روش‌های سنتی آمبروزه، آمبروترمیک، تورنث‌ویت، کوپن و دمارتن^۴ (شاهکویی، ۱۳۷۸)، ارزیابی شرایط اقلیمی شهر بندر انزلی از منظر گردشگری با شاخص CIT (شمسی‌پور و همکاران، ۱۳۹۱)، طبقه‌بندی اقلیمی استان مازندران براساس روش لیتین‌اسکی (داوودی و همکاران، ۱۳۹۲)، پهنه‌بندی اقلیم ناحیه خزری با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره (منتظری و بای، ۱۳۹۱) و ارزیابی پتانسیل گردشگری ساحلی شمال ایران با شاخص‌های زیست اقلیمی (امیری، ۱۳۹۸) از مهم‌ترین آنها هستند. موقعیت جغرافیایی سواحل جنوبی دریای خزر موجب شکل‌گیری استعدادهای بالقوه لازم برای توسعه کشاورزی و اقتصادی شده است؛ از این رو، شناسایی پهنه‌های همگن آب‌وهوایی و قابلیت‌ها و محدودیت‌های اقلیم کشاورزی هر پهنه آب‌وهوایی نقش مؤثری در انجام پروژه‌ها و برنامه‌ریزی‌ها دارد.

1. Zhao et al.

2. Biabiany et al. 2020

3. Litynski

4. Emberger, Ambrothermic, Thornthwaite, Köppen & De Martonne

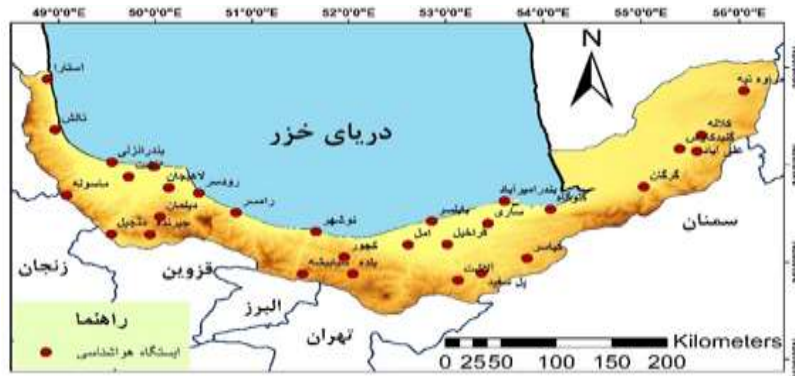
روش‌شناسی پژوهش

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش پرباران‌ترین و سرسبزترین منطقه کشور یعنی سواحل جنوب دریای خزر است. منطقه خزری به مساحت ۶۵۹۱۲ کیلومتر مربع در شمال کشور و بین طول جغرافیایی ۵۳° ۴۸' تا ۱۰° ۵۶' شرقی و عرض جغرافیایی ۴۷° ۳۵' تا ۲۷° ۳۸' شمالی قرار گرفته است و از نظر تقسیمات سیاسی سه استان شمالی (یعنی مازندران، گلستان و گیلان) را در برمی‌گیرد. در این پژوهش از تحلیل عاملی با دوران واریماکس برای شناخت عوامل مؤثر بر آب‌وهوای منطقه مورد مطالعه و روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی وارد در پهنه‌بندی اقلیمی آن استفاده شده است. بدین منظور از ۳۰ متغیر مؤثر بر فعالیت‌های کشاورزی شامل سه متغیر محیطی عرض جغرافیایی، ارتفاع و فاصله از دریا و همچنین ۲۷ متغیر آب‌وهوایی شامل بیشینه، کمینه و متوسط دما، متوسط دمای فصل‌های زمستان، بهار، تابستان و پاییز، تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سلسیوس و بیشتر و با دمای کمینه صفر و پایین‌تر، متوسط ساعات آفتابی، تعداد روزهای ابری کامل، نیمه‌ابری و آفتابی، ساعات‌های تابش، متوسط رطوبت نسبی و بارش سالانه، متوسط بارش فصل‌های زمستان، بهار، تابستان و پاییز، مجموع بارش سالانه روزهای با بارش بیش از ۱، ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌متر، متوسط تبخیر و تعرق و متوسط سرعت باد در ۳۰ ایستگاه هواشناسی هم‌دید منطقه با طول دوره آماری مناسب بین ۲۰۱۸-۲۰۰۲ در مقیاس زمانی روزانه بهره‌گرفته شد (شکل ۱). برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع از نرم‌افزار ETO Calculator و میزان تابش با استفاده از تابع آنگستروم-پریسکات (رابطه ۱) استفاده شد.

$$\text{Rg} = \text{RO} * \left(a + b \frac{n}{N} \right) \quad \text{رابطه ۱}$$

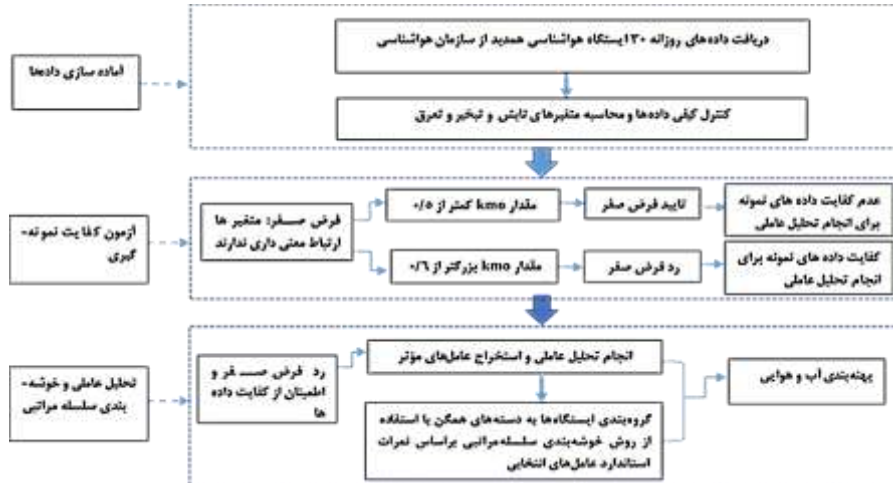
که در آن RO شدت تابش بالای جو (تابش فرازمینی)، n طول ساعات آفتابی و N طول روز هستند؛ همچنین a و b ضرایب تجربی خاصی هستند که از قبل برای هر منطقه مشخص شده‌اند. ضرایب a و b برای مناطق مختلف سواحل جنوبی دریای خزر به ترتیب ۰/۴۰ و ۰/۲۳ است (مرادی و کمالی، ۱۳۸۵: ۱۱۶). در پژوهش نخست، برای اطمینان از این مسئله که داده‌های موجود برای تحلیل عاملی استفاده می‌شوند، از آزمون بارتلت استفاده شد. با استفاده از آزمون بارتلت از کیفیت نمونه‌گیری اطمینان حاصل می‌شود. آزمون کیفیت نمونه‌گیری نشان می‌دهد که استفاده از تحلیل عاملی تا چه اندازه برای شناسایی ساختار عاملی مناسب است. این شاخص در دامنه صفر تا یک قرار دارد. اگر مقدار شاخص نزدیک به یک باشد، داده‌های مدنظر برای تحلیل عاملی مناسب هستند و در غیر این صورت نتایج تحلیل عاملی برای داده‌های مدنظر چندان مناسب نیست. پس از کسب اطمینان از مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی، با استفاده از چرخش واریماکس عامل‌ها استخراج شدند. شایان توجه است که استفاده از چرخش واریماکس سبب می‌شود که متغیرهای بارهای عاملی بزرگ به کمترین تعداد کاهش یابند و به این ترتیب بر تبیین‌پذیری عامل‌ها افزوده شود و الگوهای به‌دست‌آمده از نظر مکانی پایدار و همگن شوند (محب‌الحجه و همکاران، ۱۳۹۶: ۳۷۲). در مرحله بعد پس از انجام تحلیل عاملی و شناسایی عامل‌های اصلی که نقش مهمی در شکل‌گیری آب‌وهوای منطقه مورد مطالعه دارند، با استفاده از روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی وارد برای ادغام ایستگاه‌ها و معیار مربع فاصله اقلیدسی به منظور محاسبه درجه همانندی براساس نمرات استاندارد عامل‌های انتخابی ایستگاه‌های مورد مطالعه به

دسته‌های همگن گروه‌بندی شدند. به‌طور کلی در مطالعات آب‌وهوایی اغلب از روش ادغام وارد استفاده می‌شود؛ زیرا در این روش میزان واریانس درون گروهی به کمترین میزان خود و همگنی گروه‌های حاصله به حداکثر می‌رسد؛ همچنین از آنجا که معیار مربع فاصله اقلیدسی از هیچ معیار اختیاری یا قراردادی برای رسیدن به خوشه‌ها استفاده نمی‌کند و تمامی خوشه‌ها براساس محاسبه فواصل حقیقی آنها از همدیگر حاصل می‌شوند، اغلب در مطالعات آب‌وهوایی برای محاسبه درجه همانندی از معیار مربع فاصله اقلیدسی استفاده می‌شود (معروفی و همکاران، ۱۳۹۶: ۵۴؛ رضایی بنفشه و کاکولوند، ۱۳۹۳: ۴۳). در شکل (۲) روش‌شناسی مورد استفاده در این پژوهش نشان داده شده است.



شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده

Figure (1) Location of the study area and meteorological stations used



شکل (۲) روندنمای روش‌شناسی پژوهش

Figure (2) of the methodology of the research

یافته‌های پژوهش

برای اطمینان از مناسب بودن داده‌ها از آزمون کفایت نمونه‌گیری یا همان آزمون بارتلت و اندازه KMO استفاده شد که نتایج آن در جدول (۱) نشان داده شده است. با توجه به نتایج جدول (۱)، چون مقدار آزمون کفایت نمونه‌گیری بیشتر از ۰/۶ است، پس داده‌ها برای انجام تحلیل عاملی مناسب بوده و نتایج آن قابل تعمیم به جامعه آماری است؛

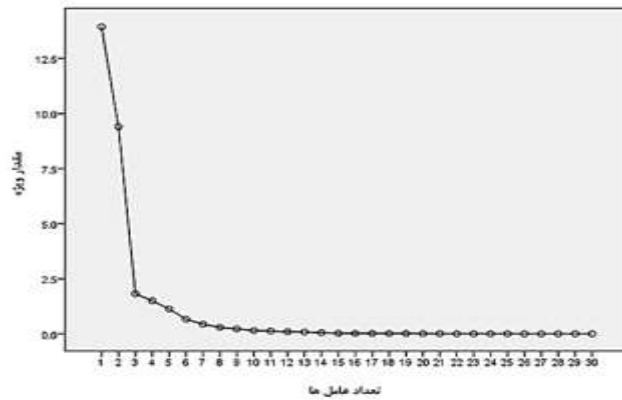
همچنین برای اطمینان از مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی از آزمون کرویت بارتلت استفاده شد. آزمون بارتلت این فرضیه را سنجید که متغیرها باهم رابطه ندارند. این امر از طریق معناداری آزمون کای دو به دست می‌آید. برای اینکه یک مدل عاملی مفید و دارای معنا باشد، لازم است متغیرها همبسته باشند. در غیر این صورت دلیلی برای تبیین مدل عاملی وجود ندارد. با توجه به جدول (۱)، سطح معناداری آزمون $0/000$ شده و این نشان‌دهنده آن است که همبستگی معنادار بین متغیرها وجود دارد و فرض مخالف تأیید می‌شود.

جدول (۱) آماره KMO و نتایج آزمون کرویت بارتلت

Table (1) KMO statistics and results of Bartlett's sphericity test Community Verified icon

آزمون بارتلت و اندازه KMO	
اندازه آزمون	۰/۶۴۰
آماره آزمون کای-اسکور	۲۵۷۶/۰۰۹
درجه آزادی	۴۳۵
مقدار احتمال	۰/۰۰۰

در جدول (۲) مقدار ویژه و واریانس متناظر با عامل‌ها نشان داده شده است. در ستون مقادیر ویژه اولیه، مقادیر برای هریک از عامل‌ها در قالب مجموع واریانس تبیین شده برآورد شد. مقدار ویژه هر عامل نسبتی از واریانس کل متغیرهاست که با آن عامل تبیین می‌شود. کم بودن این مقدار برای یک عامل به این معنی است که آن عامل نقش اندکی در تبیین واریانس متغیرها داشته است. در ستون مقادیر ویژه عامل‌های باقی‌مانده بدون چرخش واریانس تبیین شده، عامل‌هایی که مقادیر ویژه آنها بزرگ‌تر از یک باشد، نشان داده شده است؛ همان‌طور که ستون مقادیر ویژه نشان می‌دهد، تعداد ۵ عامل دارای واریانس بیش از یک هستند. به طوری که اگر عامل‌های به دست آمده با روش واریماکس، که یکی از روش‌های بسیار متداول دوران است، چرخش داده شود، عامل‌های اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم به ترتیب $42/3$ ، $32/1$ ، $6/5$ ، $5/8$ و $5/5$ و در مجموع $92/5$ درصد از واریانس را در بردارند؛ همچنین به منظور اطمینان از تعداد عامل‌های استخراج شده از نمودار اسکری‌گراف استفاده شد که در آن تغییرات مقادیر ویژه در ارتباط با عامل‌ها نشان داده شده است (شکل ۳). با توجه به شکل (۳)، پنج عامل اول بیشترین مقادیر ویژه را دارند و به تدریج از عامل پنجم به بعد شیب، افقی و مقادیر ویژه کم شده‌اند؛ بنابراین با توجه به نتایج جدول (۲) و شکل (۳) گفته می‌شود، آب و هوای منطقه حاصل تعامل ۵ عامل مختلف است و این ۵ عامل بیشترین نقش را در تبیین واریانس داده‌ها دارند و $92/5$ درصد از واریانس کل را توجیه می‌کنند.



شکل (۳) نمودار اسکری گراف برای تعیین تعداد عامل ها

Figure (3) Scatter graph to determine the number of factors Community Verified icon

جدول (۲) اندازه واریانس توضیح داده شده در تحلیل عاملی

Table (2) amount of explained variance in factor analysis Community Verified icon

عامل ها	مقادیر ویژه اولیه			مقادیر ویژه عامل های باقی مانده بدون چرخش			مقادیر ویژه عامل های باقی مانده با چرخش		
	مقدار ویژه	درصد واریانس	واریانس تجمعی	مقدار ویژه	درصد واریانس	واریانس تجمعی	مقدار ویژه	درصد واریانس	واریانس تجمعی
	۱	۱۳/۹۳۶	۴۶/۴۵۳	۴۶/۴۵۳	۱۳/۹۳۶	۴۶/۴۵۳	۴۶/۴۵۳	۱۲/۷۱۹	۴۲/۳۹۵
۲	۹/۴۰۲	۳۱/۳۳۹	۷۷/۷۹۲	۹/۴۰۲	۳۱/۳۳۹	۷۷/۷۹۲	۹/۶۵۷	۳۲/۱۹۱	۷۴/۵۸۶
۳	۱/۸۱۹	۶/۰۶۲	۸۳/۸۵۴	۱/۸۱۹	۶/۰۶۲	۸۳/۸۵۴	۱/۹۵۷	۶/۵۲۲	۸۱/۱۰۸
۴	۱/۴۹۷	۴/۹۹۱	۸۸/۸۴۴	۱/۴۹۷	۴/۹۹۱	۸۸/۸۴۴	۱/۷۶۷	۵/۸۹۰	۸۶/۹۹۸
۵	۱/۱۲۴	۳/۷۴۸	۹۲/۵۹۳	۱/۱۲۴	۳/۷۴۸	۹۲/۵۹۳	۱/۶۷۸	۵/۵۹۵	۹۲/۵۹۳
۶	۰/۶۶۵	۲/۲۱۷	۹۴/۸۱۰						
۷	۰/۴۳۶	۱/۵۴۵	۹۶/۲۶۴						
۸	۰/۲۹۰	۰/۹۶۵	۹۷/۲۲۹						
۹	۰/۲۲۶	۰/۷۵۲	۹۷/۹۸۲						
۱۰	۰/۱۵۰	۰/۵۰۲	۹۸/۴۸۳						
۱۱	۰/۱۲۶	۰/۴۲۱	۹۸/۹۰۴						
۱۲	۰/۰۹۶	۰/۳۲۱	۹۹/۲۲۵						
۱۳	۰/۰۸۰	۰/۲۶۷	۹۹/۴۹۳						
۱۴	۰/۰۵۱	۰/۱۷۰	۹۹/۶۶۲						
۱۵	۰/۰۲۴	۰/۰۸۱	۹۹/۷۴۳						
۱۶	۰/۰۲۱	۰/۰۶۹	۹۹/۸۱۲						
۱۷	۰/۰۱۴	۰/۰۴۷	۹۹/۸۵۹						
۱۸	۰/۰۱۲	۰/۰۴۱	۹۹/۹۰۱						
۱۹	۰/۰۱۱	۰/۰۳۶	۹۹/۹۳۷						
۲۰	۰/۰۰۶	۰/۰۲۱	۹۹/۹۵۸						
۲۱	۰/۰۰۴	۰/۰۱۴	۹۹/۹۷۲						
۲۲	۰/۰۰۴	۰/۰۱۲	۹۹/۹۸۴						
۲۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۹۹/۹۹۰						
۲۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۹۹/۹۹۳						
۲۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۹۹/۹۹۶						
۲۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۹۹/۹۹۸						
۲۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۹۹/۹۹۹						
۲۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۱۰۰/۰۰۰						
۲۹	۵/۹۱۷	۰/۰۰۰	۱۰۰/۰۰۰						
۳۰	۳/۵۴۲	۰/۰۰۰	۱۰۰/۰۰۰						

در جدول (۳) ماتریس همبستگی بین متغیرها و عامل‌های استخراج‌شده بعد از چرخش واریماکس نشان داده شده است. با توجه به نتایج این جدول هر متغیر در عاملی قرار می‌گیرد که بیشترین همبستگی را داشته باشد؛ همچنین در شکل (۴) ماتریس نمرات عاملی بر روی منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. میانگین نمرات عاملی در هر منطقه، اثرات عوامل سازنده آب‌وهوا را نشان می‌دهد؛ بنابراین براساس مقادیر بزرگ مثبت که نشان‌دهنده درجه اهمیت و غلبه عوامل در منطقه است، بیشترین تأثیر هر عامل در منطقه مشخص می‌شود.

جدول (۳) ماتریس نمرات عاملی برای متغیرها

Table (3) factor score matrix for variables

ردیف	متغیر	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	عامل پنجم
۱	متوسط دمای بیشینه	-۰/۲۳۷	۰/۹۴۳	-۰/۰۵۵	۰/۰۳۲	۰/۰۹۸
۲	متوسط دمای کمینه	۰/۲۵۱	۰/۹۳۷	۰/۰۶۴	-۰/۱۱۶	-۰/۰۵۱
۳	متوسط دما	۰/۰۱۸	۰/۹۹۷	۰/۰۰۸	-۰/۰۴۵	۰/۰۲۰
۴	متوسط دمای فصل زمستان	۰/۱۶۱	۰/۹۶۴	-۰/۰۵۳	-۰/۱۰۳	-۰/۰۳۴
۵	متوسط دمای فصل بهار	-۰/۱۶۸	۰/۹۷۶	۰/۰۱۹	-۰/۰۷۲	۰/۰۴۵
۶	متوسط دمای فصل تابستان	-۰/۰۷۴	۰/۹۷۶	۰/۰۲۵	-۰/۰۶۲	۰/۱۱۷
۷	متوسط دمای فصل پاییز	۰/۱۲۲	۰/۹۸۶	۰/۰۲۶	۰/۰۳۱	-۰/۰۴۸
۸	تعداد روزهای با دمای ماکزیمم ۳۰ درجه سلسیوس و بیشتر	-۰/۱۶۱	۰/۸۲۰	-۰/۰۵۹	۰/۴۱۷	۰/۲۴۷
۹	تعداد روزهای با دمای حداقل صفر درجه سلسیوس و پایین‌تر	-۰/۲۹۲	-۰/۹۰۱	-۰/۰۱۲	۰/۱۹۴	۰/۰۱۱
۱۰	متوسط ساعات آفتابی	-۰/۷۴۶	۰/۱۴۳	۰/۰۵۰۷	-۰/۰۶۱	۰/۱۹۹
۱۱	تعداد روزهای ابری کامل	۰/۸۴۸	۰/۱۲۶	-۰/۲۲۰	۰/۳۲۱	-۰/۰۹۱
۱۲	تعداد روزهای نیمه‌ابری	۰/۶۶۸	۰/۱۶۹	-۰/۱۱۱	۰/۵۹۲	-۰/۰۵۸
۱۳	تعداد روزهای آفتابی	۰/۰۶۷	-۰/۳۲۴	۰/۱۰۸	۰/۸۷۳	۰/۰۳۴
۱۴	ساعات‌های تابش	-۰/۷۷۷	۰/۱۰۲	۰/۴۹۹	-۰/۰۴۴	۰/۰۸۷
۱۵	متوسط رطوبت نسبی	۰/۷۴۴	۰/۳۷۸	-۰/۲۱۶	۰/۰۰۴	-۰/۴۱۰
۱۶	متوسط بارش سالانه	۰/۹۸۵	۰/۰۸۵	-۰/۰۵۶	-۰/۰۵۷	-۰/۰۴۳
۱۷	متوسط بارش فصل زمستان	۰/۹۱۶	۰/۱۸۴	-۰/۰۲۲	۰/۰۰۵	-۰/۰۹۹
۱۸	متوسط بارش فصل بهار	۰/۷۳۲	-۰/۱۸۶	-۰/۳۷۸	-۰/۰۴۰	۰/۳۷۸
۱۹	متوسط بارش فصل تابستان	۰/۹۲۷	-۰/۰۲۲	-۰/۱۵۶	-۰/۰۳۳	-۰/۰۱۸
۲۰	متوسط بارش فصل پاییز	۰/۹۶۵	۰/۱۲۲	۰/۰۳۸	-۰/۱۲۹	-۰/۱۱۰
۲۱	مجموع بارش سالانه روزهای با بارش بیش از ۱ میلی‌متر	۰/۹۶۷	۰/۱۲۰	-۰/۰۵۴	-۰/۱۱۵	-۰/۰۲۴
۲۲	تعداد روزهای با بارش بیش از ۱ میلی‌متر	۰/۸۴۳	-۰/۲۶۳	-۰/۳۰۱	۰/۲۹۷	۰/۰۲۹
۲۳	تعداد روزهای با بارش بیش از ۵ میلی‌متر	۰/۹۵۹	-۰/۰۱۴	-۰/۲۰۷	۰/۱۵۲	۰/۰۲۱
۲۴	تعداد روزهای با بارش بیش از ۱۰ میلی‌متر	۰/۹۷۸	۰/۱۰۰	-۰/۱۰۹	۰/۰۴۳	-۰/۰۳۲
۲۵	تعداد روزهای با بارش بیش از ۲۰ میلی‌متر	۰/۹۶۶	۰/۱۴۷	۰/۰۳۱	-۰/۰۴۹	-۰/۰۸۹
۲۶	متوسط تبخیر و تعرق	-۰/۴۷۱	۰/۱۲۱	۰/۵۵۳	۰/۱۳۰	۰/۵۴۶
۲۷	متوسط سرعت باد	-۰/۳۸۹	-۰/۱۸۹	۰/۸۱۹	۰/۰۴۶	۰/۰۴۷
۲۸	عرض جغرافیایی	۰/۴۰۱	۰/۴۱۶	۰/۰۳۴	-۰/۳۰۱	۰/۵۹۹
۲۹	ارتفاع	-۰/۳۲۵	-۰/۹۲۳	۰/۰۷۹	۰/۰۹۹	۰/۰۸۱
۳۰	فاصله از دریا	-۰/۵۴۴	۰/۰۳۰	۰/۱۰۲	۰/۱۶۱	۰/۷۱۷

از این رو، با توجه به جدول‌ها و بار عاملی ایجاد شده بر روی متغیرها و ایستگاه‌ها عامل‌های اصلی به صورت زیر هستند:

• عامل اول، بارشی-رطوبتی

عامل اول، حدود ۴۲/۳ درصد واریانس کل داده‌ها را تبیین می‌کند؛ بنابراین گفته می‌شود، مهم‌ترین عامل مؤثر در آب‌وهوای منطقه است. با توجه به نمرات عاملی متغیرها (جدول ۳)، متغیرهای متوسط بارش سالانه، فصل‌های زمستان، بهار، تابستان و پاییز، مجموع بارش سالانه در روزهای با بارش بیش از ۱۰ و ۲۰ میلی‌متر، تعداد روزهای با بارش بیش از ۱ و ۵ میلی‌متر و با بارش سنگین بیش از ۱۰ و ۲۰ میلی‌متر، تعداد روزهای ابری کامل و نیمه‌ابری و متوسط رطوبت نسبی بیشترین ضریب همبستگی را با عامل اول داشتند و با توجه به اینکه نام‌گذاری عامل‌ها براساس بیشترین مقادیر ضرایب همبستگی انجام می‌شود، به عنوان عامل بارشی-رطوبتی نام‌گذاری شد؛ همچنین این عامل با متغیرهای متوسط ساعات آفتابی و تابش رابطه معکوسی نشان داد. با توجه به شکل (۴) این عامل بیشتر در بخش‌های غربی منطقه به‌ویژه در ایستگاه‌های آستارا، بندر انزلی، لاهیجان، رشت، تالش، رامسر و نوشهر غلبه دارد. درجه ناپایداری، میزان رطوبت و ضخامت هوای مرطوب خزری تابع مسیری است که هوا بر بستر دریا طی می‌کند و چون جریان هوا در امتداد محور شمال شرق-جنوب غرب زیادتر است، سواحل جنوب غربی بیشتر نقاط ساحلی دیگر از رطوبت هوا بهره می‌گیرد؛ همچنین نفوذ الگوهای همدید چرخند و واچرخند، ورود پرفشار سیبری و نیز استقرار مراکز پرفشار مهاجر، نقش کوهستان‌ها در صعود هوا به‌ویژه در بخش غربی این ناحیه باعث رخداد بارش‌های شدید می‌شود (مرادی، ۱۳۸۳: ۱۷۹).

• عامل دوم، دما

این عامل ۳۲ درصد از واریانس کل داده‌ها را تبیین می‌کند. در این عامل متغیرهای متوسط دماهای کمینه، بیشینه و متوسط دمای روزانه، متوسط دماهای فصل‌های زمستان، بهار، تابستان و پاییز و تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سلسیوس و بالاتر بیشترین بار عاملی و وزن را داشتند؛ از این رو، به عنوان عامل دما نام‌گذاری شد؛ همچنین این عامل همبستگی منفی زیادی با ارتفاع و تعداد روزهای با دمای کمینه صفر درجه سلسیوس و پایین‌تر داشت. محدوده بیشینه غلبه عامل دما اغلب در بخش‌های شرقی سواحل جنوبی دریای خزر محاسبه شد. کمترین میزان غلبه این عامل در ایستگاه پل سفید مشاهده شد (شکل ۴). با توجه به شکل (۴) میزان غلبه این عامل از ایستگاه‌های جلگه‌ای به سمت ایستگاه‌های مرتفع و کوهستانی مانند سیاه‌بیشه، آلاشت، بلده، کجور و ماسوله کاهش می‌یابد. در منطقه جلگه‌ای یا ساحلی به دلیل تأثیرپذیری از رژیم دریای خزر و وجود رطوبت زیاد، نوسان شبانه‌روزی و فصلی دما پایین است؛ اما به سمت منطقه کوهستانی که پوشیده از درختان جنگلی است، اختلاف بین دمای شب و روز و سردترین و گرم‌ترین ماه سال چشمگیر است.

• عامل سوم، باد

این عامل ۶/۵ درصد از واریانس کل داده‌ها را تبیین می‌کند و نظر به اینکه متغیر متوسط سرعت باد بیشترین ضریب همبستگی را با این عامل داشت، به عنوان عامل باد نام‌گذاری شد؛ همچنین این عامل رابطه مستقیمی با متغیر تبخیر و تعرق مرجع دارا بود. با توجه به شکل (۴)، عامل سوم بیشتر در ایستگاه منجیل و تا حدودی ایستگاه‌های بندر ترکمن، بندر انزلی، پل سفید و بندر امیرآباد غلبه دارد. براساس نتایج پژوهش نیک‌اندیش و اکبری قمصری (۱۳۹۷) تضاد آب‌وهوایی میان محدوده شمالی (بندر انزلی و رشت)، کوهستانی (منجیل و رودبار)، دشت قزوین تحت شرایط الگوهای همدیدی و مؤلفه‌های ژئومورفولوژیکی دریای خزر-دلتای سفیدرود و سفیدرود-دشت قزوین موجب شکل‌گیری باد منجیل به‌عنوان

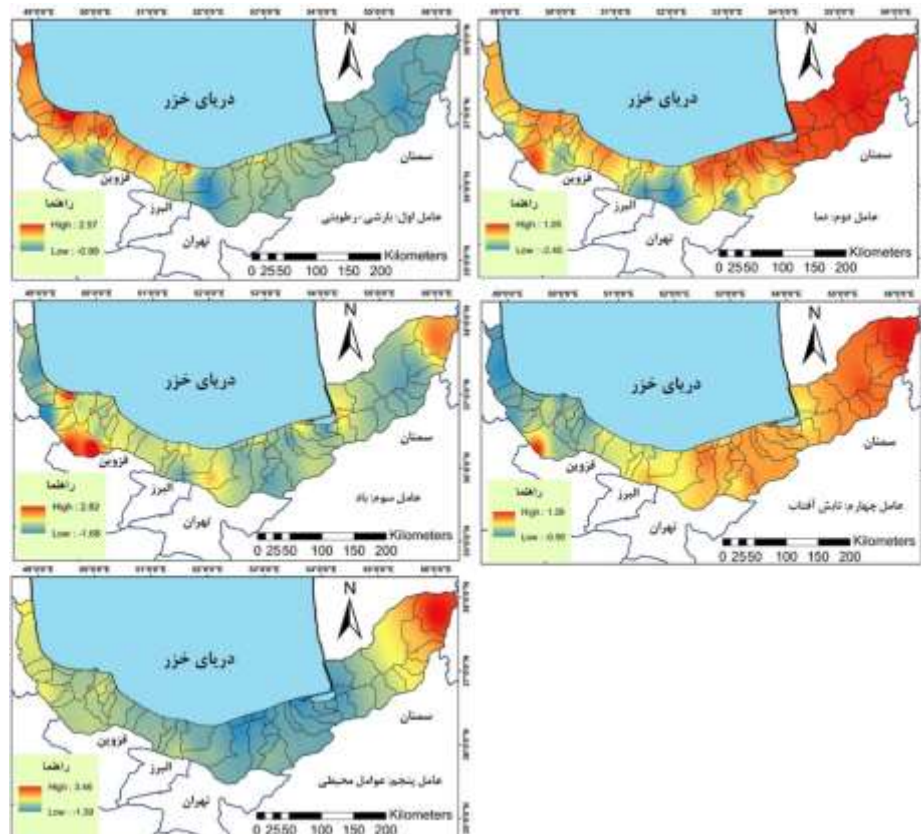
یکی از شدیدترین بادهای ایران و جهان شده است. باد به واسطه افزایش تعرق در گیاهان، تبادل حرارت و رطوبت، شکنندگی و ریزش برگ‌ها در شرایط باد شدید و دیگر موارد بر عملکرد محصولات زراعی مؤثر است.

• عامل چهارم، تابش آفتاب

عامل چهارم، تنها ۵/۸ درصد از واریانس تغییرات داده‌ها را تبیین می‌کند. با توجه به اینکه متغیر تعداد روزهای آفتابی بیشترین ضریب همبستگی را با این عامل داشت، به‌عنوان عامل تابش آفتاب نام‌گذاری شد. محدوده بیشینه غلبه عامل تابش آفتاب اغلب مربوط به بخش‌های شرقی منطقه و بخش‌های محدودی از منجیل و رودبار در جنوب استان گیلان بود (شکل ۴).

• عامل پنجم، عوامل محیطی

عامل پنجم تنها ۵/۵ درصد از واریانس تغییرات داده‌ها را تبیین می‌کند. با توجه به اینکه در این عامل متغیرهای فاصله از دریا و عرض جغرافیایی بیشترین بار عاملی و وزن را داشتند، به‌عنوان عامل محیطی نام‌گذاری شد. عرض جغرافیایی دیگر متغیرها مانند دما، تابش و طول روز را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به شکل (۴) این عامل بیشتر در بخش‌های شرقی منطقه مورد مطالعه به‌ویژه در ایستگاه‌های گنبدکاووس، مراوه‌تپه و کلالة غلبه دارد.

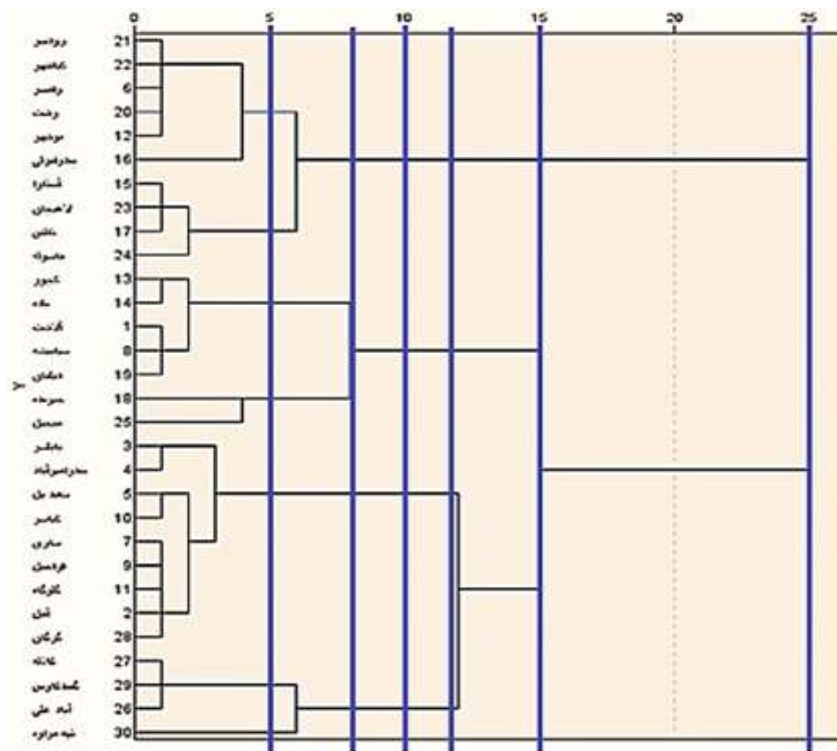


شکل (۴) توزیع مکانی عامل اول، رطوبتی - بارشی؛ عامل دوم، دما؛ عامل سوم، باد؛ عامل چهارم، تابش آفتاب؛ عامل پنجم، عوامل محیطی

Figure (4) spatial distribution of the first factor, humidity-precipitation; The second factor, temperature; The third factor, wind; The fourth factor, sunlight; The fifth factor, environmental factors

پهنه‌بندی آب‌وهوایی منطقه با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای

پس از انجام تحلیل عاملی و شناسایی عامل‌های اصلی، این عامل‌ها با استفاده از خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی به روش وارد و معیار مربع فاصله اقلیدسی دسته‌بندی شدند. براساس نمرات استاندارد پنج عامل انتخابی، درجهٔ همانندی ایستگاه‌های مورد مطالعه آزمون و پهنه‌بندی اقلیمی انجام شد. در شکل (۵) درخت خوشه‌بندی نشان داده شده است. در شکل (۵) در ستون عمودی سمت چپ خوشه‌ها و در ستون افقی بالا فاصلهٔ بین خوشه‌ها واقع شده که بین صفر تا ۲۵ است. به‌طور کلی برای تعیین تعداد خوشه‌ها از فاصلهٔ بین خوشه‌ها استفاده می‌شود که اغلب روش قطعی در این زمینه برای تعیین تعداد خوشه‌ها وجود ندارد و به این دلیل محل برش نمودار درختی و انتخاب خوشه‌ها از سوی پژوهشگر تعیین می‌شود؛ همان‌طور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود، در فاصلهٔ بین ۱۵ تا ۲۵ دو خوشه، در فاصلهٔ ۱۵ تا ۱۳ سه خوشه، در فاصلهٔ ۱۲ تا ۸ چهار خوشه و در فاصلهٔ ۵ هفت خوشه تشکیل شده است. از آنجا که نزدیک بودن شرایط آب‌وهوایی و همچنین ویژگی‌های توپوگرافی به یکدیگر برای مناطق مختلف از لحاظ کشاورزی مهم است، نمودار در فاصلهٔ ۸ قطع شد. با توجه به نمودار درخت خوشه‌بندی به‌دست‌آمده و محل برش نمودار، ۴ خوشه تشخیص داده شد. به‌منظور بررسی و مقایسهٔ آب‌وهوای خوشه‌های به‌دست‌آمده، مقدار متوسط متغیرها و عامل‌های مؤثر در آب‌وهوای منطقه با متوسط‌گیری از ایستگاه‌ها محاسبه که در جدول (۴) نشان داده شده است.



شکل (۵) نمودار درخت خوشه‌بندی ایستگاه‌های مورد مطالعه

Figure (5) clustering tree diagram of the studied stations

جدول (۴) میانگین مقادیر عاملی در خوشه‌ها

Table (4) average factor values in clusters Community Verified icon

خوشه چهارم	خوشه سوم	خوشه دوم	خوشه اول	متغیر	ردیف
۲۳/۹	۲۱/۵	۱۷/۳	۱۹/۸	متوسط دمای بیشینه	۱
۱۲/۸	۱۲/۴	۷/۲	۱۲/۶	متوسط دمای کمینه	۲
۱۸/۳	۱۶/۹	۱۲/۳	۱۶/۲	متوسط دما	۳
۸/۵	۷/۸	۳/۱	۷/۷	متوسط دمای فصل زمستان	۴
۱۶/۸	۱۵/۵	۱۱/۸	۱۴/۳	متوسط دمای فصل بهار	۵
۲۸/۶	۲۵/۸	۲۰/۸	۲۵	متوسط دمای فصل تابستان	۶
۱۹/۶	۱۸/۵	۱۳/۴	۱۷/۸	متوسط دمای فصل پاییز	۷
۱۵۹۵	۹۹۹	۳۴۵	۶۳۱	تعداد روزهای با دمای ماکزیمم ۳۰ درجه سلسیوس و بیشتر	۸
۲۰۵	۲۶۷	۹۵۴	۱۵۷	تعداد روزهای با دمای حداقل صفر درجه سلسیوس و پایین‌تر	۹
۶/۷	۵/۷	۶/۵	۴/۸	متوسط ساعات آفتابی	۱۰
۵۸۳	۷۰۸	۳۴۴	۹۶۷	تعداد روزهای ابری کامل	۱۱
۸۷	۸۸	۵۱	۹۶	تعداد روزهای نیمه‌ابری	۱۲
۳۸۹۵	۳۹۵۰	۴۰۹۲	۳۵۱۷	تعداد روزهای آفتابی	۱۳
۱۵/۵	۱۵/۱	۱۵/۵	۱۴/۴	ساعات‌های تابش	۱۴
۶۵/۱	۷۶/۱	۶۰/۶	۸۰	متوسط رطوبت نسبی	۱۵
۴۹۴	۶۳۲/۸	۳۶۲	۱۲۷۵/۵	متوسط بارش سالانه	۱۶
۱۷۰/۵	۲۰۳/۳	۱۰۰/۱	۳۳۴/۳	متوسط بارش فصل زمستان	۱۷
۱۴۱/۹	۱۱۲/۳	۱۱۹/۸	۱۹۰/۵	متوسط بارش فصل بهار	۱۸
۶۹/۲	۸۲/۳	۵۲	۱۵۴	متوسط بارش فصل تابستان	۱۹
۱۱۴/۲	۲۴۳/۹	۹۰/۲	۵۹۶/۶	متوسط بارش فصل پاییز	۲۰
۴۸۴/۲	۶۲۱/۲	۳۴۵	۱۲۵۳/۴	مجموع بارش سالانه روزهای با بارش بیش از ۱ میلی‌متر	۲۱
۷۷۲	۸۸۱	۷۵۷	۱۲۰۲	تعداد روزهای با بارش بیش از ۱ میلی‌متر	۲۲
۴۰۷	۴۴۸	۲۹۵	۷۲۰	تعداد روزهای با بارش بیش از ۵ میلی‌متر	۲۳
۲۰۴	۲۵۳	۱۲۸	۴۶۸	تعداد روزهای با بارش بیش از ۱۰ میلی‌متر	۲۴
۶۲	۱۰۳	۳۴	۲۴۲	تعداد روزهای با بارش بیش از ۲۰ میلی‌متر	۲۵
۱۶۷۷/۷	۹۹۸	۱۳۶۲/۵	۸۹۱	متوسط تبخیر و تعرق	۲۶
۲/۲	۲/۲	۳/۴	۱/۸	متوسط سرعت باد	۲۷
-۰/۴۹	-۰/۱۶	-۰/۶	۱/۴	عامل اول، بارشی رطوبتی	۲۸
۰/۸۱	۰/۳۸	-۱/۴	-۰/۰۵	عامل دوم، دما	۲۹
-۰/۲۷	-۰/۳۰	۰/۵۴	-۰/۰۶	عامل سوم، باد	۳۰
۰/۹۴	۰/۷۸	۰/۲۶	-۰/۴۳	عامل چهارم، آسمان صاف	۳۱
۱/۷	-۰/۸۴	-۰/۰۲	۰/۱۸	عامل پنجم، عوامل محیطی	۳۲

بحث و تجزیه و تحلیل

با توجه به یافته‌های به‌دست‌آمده چهار خوشه برای منطقه تشخیص داده شد که در ادامه مشخصات اقلیمی و ایستگاه‌های مربوطه در هر خوشه شرح داده شده است (شکل ۶).

• خوشه اول

در بخش‌های شمالی استان گیلان تا جلگه‌های غربی و مرکزی استان مازندران اقلیم مرطوب حاکم است. در این اقلیم متوسط بارش سالانه ۱۲۷۵ میلی‌متر است. در ناحیه خزری بیشینه بارش در مرتفع‌ترین نقاط مجاور دیده نمی‌شود، بلکه برعکس هسته اصلی بارندگی در دهانه دره سفیدرود و ناحیه بسیار کم‌ارتفاع البرز قرار دارد؛ به همین دلیل در توجیه بارندگی‌های این ناحیه علاوه بر صعود اوروگرافیک، علت دیگری نیز باید جستجو کرد و آن عامل فرارفت است (مرادی، ۱۳۸۳: ۱۷۸). در برخی موارد وقوع بیشینه بارش در منتهی‌الیه جنوب غربی دریای خزر ناشی از شکل‌گیری یک جبهه محلی در زمان گسترش بادهای شمالی در دره سفیدرود دانسته یا استقرار یک جبهه محلی موسوم به جبهه نسیم دریا عامل اصلی وقوع بیشینه مقادیر بارش در حد فاصل خشکی و دریا بیان شده است (مفیدی و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۴؛ عزیزی و همکاران، ۱۳۸۹: ۳۰). خط ساحلی نقش بیشتری طی مراحل اولیه (شروع) نفوذ نسیم دریا به داخل خشکی دارد. چنین استدلال می‌شود که نسیم دریا در سواحل جنوبی دریای خزر موازی با ساحل به داخل خشکی نفوذ نمی‌کند. بیشترین نفوذ آن به داخل خشکی در دلتای سفیدرود به سبب شکل محدب خط ساحلی است که گرادیان دمایی بین خشکی-دریا بالاست (معصوم‌پور سماکوش و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۳۹). در عین حال، سه نوع سیستم فشاری از فرابار سبیری، سامانه‌های کم‌فشار و واچرخندهای مهاجر در ریزش بارش سواحل جنوبی دریای خزر مؤثرند. کم‌فشارهای مدیترانه‌ای از طریق ترکیه و دریای سیاه به ناحیه دریای خزر می‌رسند. سیستم کم‌فشار مهاجر ایسلند از طریق جبهه قطبی (یا شمالگان) به دریای خزر وارد و سبب هجوم هوای سرد و بارش فراوان به‌ویژه در پاییز با سازوکار همرفت وزشی بر سواحل شمال کشور می‌شود. در عین حال، جبهه‌های سرد چرخندهای برون حاره و پرفشار سبیری در وقوع بارش‌های خزری به‌ویژه بارش‌های فصل پاییز مؤثرند (مرادی، ۱۳۸۳: ۱۷۶). موقعیت ساحل جنوب دریای خزر و جهت خط ساحل نسبت به سامانه‌های ورودی و مسافت گذر سامانه‌ها از روی دریای خزر موجب وقوع بارش‌های چشمگیری در بخش غربی سواحل جنوبی دریای خزر می‌شود. در مجموع رخداد بارش شدید برای هر دو گروه بارشی در بخش‌های غربی و مرکزی ناحیه خزری (گیلان و مازندران) بسیار بیشتر از بخش‌های شرقی ناحیه (گلستان) رخ می‌دهد (حسینجانی و عساکره، ۱۳۹۷: ۱۷۲).

این مناطق به دلیل دارا بودن دمای مناسب، نبود سرمای شدید و طولانی در پاییز و زمستان و تابستان‌های به نسبت گرم برای رشد محصولات زراعی بسیار مناسب هستند. مجموع شرایط مساعد آب‌وهوایی و همچنین ارتفاع کم از سطح دریا کشت برنج را در این مناطق امکان‌پذیر کرده است. پایین بودن میزان تشعشع خورشیدی و ساعات آفتابی مهم‌ترین عامل محدودکننده آب‌وهوایی برای رشد محصولات زراعی در این خوشه آب‌وهوایی به حساب می‌آید. ایستگاه‌های رامسر، نوشهر، آستارا، بندر انزلی، تالش، رشت، رودسر، کیاشهر، لاهیجان و ماسوله نماینده این خوشه آب‌وهوایی هستند و عامل اصلی تعیین‌کننده آب‌وهوا در این خوشه، عامل اول یعنی بارشی-رطوبتی است. در مجموع این خوشه آب‌وهوایی با توجه به شرایط خاص جغرافیایی و آب‌وهوایی امکان تولید محصولات زراعی را با راندمان بالا دارد (شکل ۶).

• خوشه دوم

این خوشه آب‌وهوایی از بخش‌های شرقی و مرکزی استان مازندران تا بخش‌های از مناطق غربی و جنوبی استان گیلان و بخش‌های غربی استان گلستان حاکم است. در این خوشه آب‌وهوایی بیشترین میزان بارش در فصل پاییز و زمستان رخ می‌دهد و میزان بارش تابستانه آن کمتر از خوشه اول است. در این خوشه آب‌وهوایی متوسط بارش سالانه بین ۴۸۰ تا ۹۰۰ میلی‌متر متغیر است. به دلیل وجود دریای خزر میزان رطوبت نسبی در این مناطق زیاد بوده است و تأثیر مهمی بر کیفیت پوشش گیاهی دارد (۷۶ درصد)؛ همچنین تعادل دمای زمستانی عملکرد محصولات زراعی را بهبود می‌دهد. از جمله مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد محصولات زراعی تنش گرمایی و بارش کم در مراحل پایانی رشد است که این شرایط بیشتر در دشت گرگان و بخش‌های شرقی استان مازندران بروز می‌کند. ایستگاه‌های آمل، بابل‌سر، بندر امیرآباد، پل سفید، قراخیل، کیاسر، گلوگاه و گرگان نماینده این خوشه آب‌وهوایی هستند (شکل ۶).

• خوشه سوم

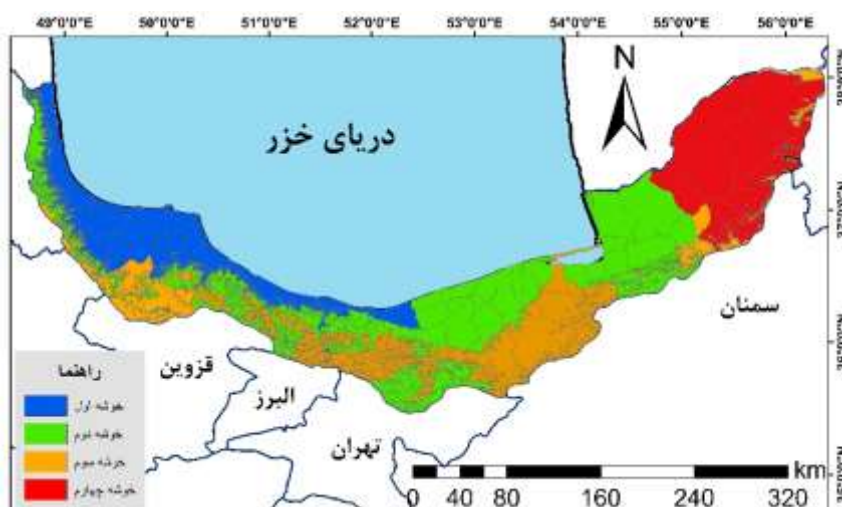
خوشه آب‌وهوایی سوم، در بخش‌های جنوبی سواحل جنوبی دریای خزر حاکم است. این شرایط آب‌وهوایی به دلیل وجود کوهستان تالش با جهت شمالی-جنوبی و البرز با امتداد غربی-شرقی است. این مناطق ارتفاع بیشتری نسبت به دیگر مناطق سواحل جنوبی خزر دارد و دارای زمستان‌های به نسبت سردتری است؛ همچنین به دلیل اینکه فاصله بیشتری از نوار ساحلی دریای خزر دارند، رطوبت کمتری را دریافت می‌کنند. درجه ناپایداری، میزان رطوبت و ضخامت هوای مرطوب خزری تابع مسیری است که هوا بر بستر دریا طی می‌کند و چون جریان هوا در امتداد محور شمال شرق-جنوب غرب زیادتر است، سواحل جنوب غربی بیشتر از دیگر نقاط ساحلی از رطوبت هوا بهره می‌گیرد. علاوه بر این، بارندگی در ارتفاعات البرز مستقل از بارش‌های ساحلی است. به این معنی که در اثر عوامل محلی دریای خزر در مناطق مرتفع محسوس نیست؛ زیرا توده‌های هوایی که رطوبت خود را از آب‌های این دریا دریافت می‌کنند تا رسیدن به این نواحی قسمت اعظم بخار آب خود را از دست می‌دهند. بیشینه اصلی زمستانه، بیشینه فرعی پاییز و فصل خشک تابستان، که از ویژگی‌های رژیم‌های بارندگی مدیترانه‌ای است، در ارتفاعات البرز محسوس است (مرادی، ۱۳۷۳: ۱۸۰).

در این خوشه آب‌وهوایی متوسط دمای فصل زمستان $3/10$ درجه سلسیوس بوده است و تعداد روزهای یخبندان بیشتری دارد؛ همچنین در این خوشه آب‌وهوایی تعداد روزهای ابرناکی کمتر بوده و نوسان سالانه دما زیاد است. وزش بادهای سرد در دوره سرما و بادهای گرم در مرحله رسیدگی محصولات زراعی موجب بروز تنش محیطی و کاهش عملکرد می‌شود. در این خوشه آب‌وهوایی متوسط بارش سالانه بین ۲۹۰ تا ۵۱۸ میلی‌متر است و بارش کم در مراحل پایانی رشد موجب کاهش شدید وزن هزار دانه می‌شود. در دو فصل بهار و تابستان مناطق جلگه‌ای و کوهستانی کمترین میزان بارش را دریافت می‌کنند. در فصل بهار دریای خزر در سردترین حالت خود به سر می‌برد و همچنان سیستم‌های سرد در منطقه باقی می‌ماند و به علت اختلاف کم حرارتی صعود همرفت وزشی را به وجود نمی‌آورد. منابع بارش‌ها در فصل تابستان صعودهای همرفتی است که براساس امواج غربی و رطوبت دریای مدیترانه در این موقع از سال به سواحل خزر آورده می‌شود و رطوبت دریای خزر که از طریق نسیم دریا تأمین می‌شود

(حکیم دوست و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۹۹). از عوامل محدودکننده تولید محصولات زراعی در این خوشه آب و هوایی سرمای زمستانه بدون پوشش برف، سرمای دیررس بهاره، خشکی اول و آخر فصل رشد است. در مجموع با توجه به شرایط آب و هوایی در این منطقه، دستیابی به عملکرد زیاد محصولات زراعی مانند گندم تنها از طریق راهکارهایی مانند تعیین تاریخ کشت بهینه امکان پذیر است؛ همچنین در این مناطق به جهت سرعت و چگالی زیاد باد، امکان نصب توربین های بادی و تولید انرژی وجود دارد. ایستگاه های آلاشت، سیاه بیشه، کجور، بلده، جیرنده، دیلمان و منجیل نماینده این خوشه آب و هوایی هستند (شکل ۶).

• خوشه چهارم

با توجه به شکل (۶) در بخش های شرقی و شمال شرقی استان گلستان به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص خود، جهت قرارگیری نسبت به دریا و مجاورت با بیابان های قره قوم و قزل قوم رطوبت کمتری نسبت به سایر نواحی سواحل دریای خزر دارند و شرایط آب و هوایی خوشه چهارم حاکم است. متوسط دمای سالانه در این آب و هوا ۱۸/۳ درجه سلسیوس و دارای زمستان های معتدل، تابستان گرم و طولانی و تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سلسیوس و بیشتری است. نوسان دمای سالانه در این منطقه آب و هوایی زیاد است (۱۱/۱ درجه سلسیوس). متوسط بارش سالانه در این ناحیه آب و هوایی ۴۹۰ میلی متر بوده است و امکان رشد محصولات زراعی دیم در این منطقه وجود دارد. غالب اراضی دیم استان گلستان در مناطق خشک و نیمه خشک آن قرار دارد. گرما و خشکی، مهم ترین عوامل محدودکننده رشد محصولات زراعی در این ناحیه آب و هوایی است و تنها با به کارگیری راهکارهای مناسب مدیریت به زراعی، عملکرد مناسب به دست می آید. ایستگاه های کلاله، مراوه تپه، گنبدکاووس و علی آباد نماینده این خوشه آب و هوایی هستند. شهرستان های کلاله، آق قلا و گنبدکاووس از نظر بارش بهاره و اردیبهشت ماه برای توسعه زراعت دیم محدودیت دارند (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۸: ۵۷۹). عامل اصلی تعیین کننده آب و هوا در این خوشه، عامل پنجم یعنی محیطی است. متغیرهای اقلیمی در هر منطقه خود تابعی از عوامل محیطی مانند عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، دوری و نزدیکی به دریا و دوری یا نزدیکی به کوه ها و دیگر عوامل محیطی است. مجموع عوامل محیطی و به بیان دیگر مختصات مکانی خاص موجب شده است، در این نواحی توزیع بارش نسبت به بخش های ساحلی یکنواخت تر باشد. در بخش های ساحلی توزیع بارش متمرکزتر و محدود به فصل خاصی از سال است (شکل ۶).



شکل (۶) طبقه‌بندی آب‌وهوایی منطقه مورد مطالعه

Figure (6) climate classification of the studied area Community Verified icon

نتیجه‌گیری

استقرار رشته‌کوه‌های مرتفع و توپوگرافی متنوع، وجود دریای خزر به‌عنوان منبع اصلی رطوبت و الگوهای گردش بزرگ‌مقیاس منطقه برون حاره شامل پرفشار سیبری (بارش‌های همرفتی)، کم‌فشارهای دینامیکی و واچرخندهای مهاجر و همچنین جنبه نسیم دریا به‌ویژه در نیمه غربی سواحل جنوبی خزر در طول سال موجب شکل‌گیری تنوع آب‌وهوایی در سواحل جنوبی دریای خزر شده است. متغیرهای اقلیمی بر عملکرد محصولات زراعی مؤثر است و از این رو، شناخت پهنه‌های اقلیمی هر منطقه پیش‌نیاز مطالعات آمایش سرزمین و برنامه‌ریزی منطقه‌ای کشت است. بدین منظور در این پژوهش، با استفاده از روش‌های نوین آماری مانند تحلیل خوشه‌ای پهنه‌های همگن آب‌وهوایی در سواحل جنوبی دریای خزر شناسایی شد. خروجی این پژوهش چهار خوشه آب‌وهوایی برای منطقه مورد مطالعه بود که با مطالعه نظم‌فر و گلدوست (۱۳۹۴) متفاوت است که در پژوهش خود پیرامون پهنه‌بندی آب‌وهوای شمال و شمال غرب کشور، سه ناحیه آب‌وهوایی را برای ناحیه شمالی تشخیص دادند. در مطالعه آنها ناحیه آب‌وهوایی اول با تأثیر عامل بارش در جنوب غرب دریای خزر و ناحیه آب‌وهوایی دوم با تأثیر عامل دما در قسمت‌هایی از سواحل جنوبی دریای خزر و دامنه‌های شمالی رشته‌کوه البرز واقع شده بود. پس پژوهش حاضر، پهنه‌های اقلیمی مشخص‌تر و دقیق‌تری ارائه کرده است. در سواحل جنوبی دریای خزر بارش به‌عنوان مهم‌ترین متغیر آب‌وهوایی و پدیده جوی، توزیع زمانی و مکانی پیچیده‌ای دارد و در این پژوهش نیز عامل بارش با ۴۲/۳ درصد واریانس کل داده‌ها مهم‌ترین عامل مؤثر در آب‌وهوای منطقه شناخته شد. یافته‌های این پژوهش با پژوهش منتظری و بای (۱۳۹۱) مطابقت دارد. منتظری و بای (۱۳۹۱) در پژوهش خود نشان دادند که استان مازندران در دو ناحیه آب‌وهوایی مرطوب و نیمه سرد کم بارش، استان گیلان در دو ناحیه مرطوب و نیمه مرطوب و استان گلستان در چهار ناحیه آب‌وهوایی مرطوب، نیمه مرطوب، سرد کم بارش و نیمه سرد کم بارش قرار دارد؛ همچنین یافته‌های این پژوهش با یافته‌های پژوهش فلاح قاهره‌ای و همکاران (۱۳۹۴) در زمینه ناحیه‌بندی آب‌وهوایی استان گیلان مطابقت داشت. اغلب بارش‌های بخش

جنوب شرقی خزر تا حدودی از رژیم بارش‌های داخلی فلات ایران (رژیم قاره‌ای) تبعیت می‌کند و بدین دلیل در بخش چشمگیری از این نواحی به‌ویژه در استان گلستان اقلیم خشک و نیمه‌خشک حاکم است. در همین زمینه ساری صراف و امام‌قلی‌زاده (۱۳۸۵) براساس روش SIAP نشان دادند که استان گلستان در اقلیم نیمه‌خشک قرار دارد؛ همچنین آنها براساس روش SIAP برای استان گیلان یک ناحیه آب‌وهوایی مرطوب و برای استان مازندران در دو ناحیه آب‌وهوایی مرطوب و نیمه مرطوب تشخیص دادند که در پژوهش حاضر نیز یافته‌های مشابهی به دست آمد.

منابع

- امیر احمدی، ابوالقاسم، عباس‌نیا، محسن (۱۳۸۹). ناحیه‌بندی آب‌وهوایی استان اصفهان با استفاده از روش‌های نوین آماری، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، دوره ۱، شماره ۱، ۶۸-۵۳.
- امیری، آریتا (۱۳۹۸). ارزیابی پتانسیل گردشگری ساحلی شمال ایران با استفاده از شاخص‌های نسل دوم و سوم زیست اقلیمی، برنامه‌ریزی و توسعه گردشگری، دوره ۸، شماره ۳۰، ۲۲۶-۲۱۳.
- حاتمی بهمن بیگلو، خداکرم، خوشحال دستجردی، جواد (۱۳۸۹). نواحی اقلیمی استان فارس به روش تحلیل عاملی، فضای جغرافیایی، دوره ۱۰، شماره ۳۲، ۱۵۰-۱۳۵.
- حسینجانی، لیلا، عساکره، حسین، (۱۳۹۷). الگوسازی روابط مکانی فراوانی رخداد ماهانه بارش‌های شدید (فصول سرد) ناحیه خزری، جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۴، شماره ۲۸، ۱۸۲-۱۶۵.
- حکیم دوست، یاسر، پورزیدی، علی‌محمد، گرامی، محمد صالح (۱۳۹۶). تحلیل مکانی بارش رگباری استان مازندران در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۶، شماره ۱۰۲، ۲۰۳-۱۹۱.
- حیدری، حسن، علیجانی، بهلول (۱۳۷۸). طبقه‌بندی اقلیمی ایران با استفاده از تکنیک‌های آماری چند متغیره، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۷، شماره ۰، ۷۴-۵۷.
- حیدری، حسن، سعیدآبادی، رشید (۱۳۸۸). طبقه‌بندی اقلیمی چند معیاری نواحی کشت انگور در ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۱، شماره ۶۸، ۷۰-۵۹.
- خورشید دوست، علی‌محمد، آرم، کامل (۱۳۹۴). شناسایی نواحی دمایی شمال غرب ایران، فضای جغرافیایی، دوره ۱۵، شماره ۵۱، ۱۹۰-۱۷۱.
- دارند، محمد، امان‌اللهی، جمیل، کریمی، سمیه (۱۳۹۶). طبقه‌بندی توده‌های هوای ایستگاه ارومیه به کمک تحلیل خوشه‌ای و نمایه‌های کنترل کیفیت پراش درون گروهی، علوم و مهندسی آبیاری، دوره ۴۰، شماره ۲، ۱۹۸-۱۸۳.
- داودی، محمود، بای، ناصر، ابراهیمی، امید (۱۳۹۲). طبقه‌بندی اقلیمی استان مازندران براساس روش لیتین اسک، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۲، شماره ۸۸، ۱۰۵-۱۰۰.
- رضایی بنفشه درق، مجید، کاکولوند، یوسف (۱۳۹۳). ناحیه‌بندی استان لرستان با استفاده از تحلیل خوشه‌ای. جغرافیای طبیعی، دوره ۷، شماره ۲۶، ۵۰-۴۱.

- ساری صراف، بهروز، امام قلی‌زاده، معصومه (۱۳۸۵). بررسی اجمالی اقلیم ایران با تأکید به روش SIAP، فضای جغرافیایی، شماره ۱۵، ۳۸-۵۵.
- شاهکویی، اسماعیل (۱۳۷۸). طبقه‌بندی اقلیمی شرق دریای خزر دشت گرگان، اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۸، شماره ۲۹، ۵۸-۶۴.
- شمسی‌پور، علی اکبر، سعید نجفی، محمد، اروچی، حسن، علیزاده، محمد، حسن پور، محمود (۱۳۹۱). ارزیابی شرایط اقلیمی شهر بندر انزلی از منظر گردشگری براساس شاخص اقلیم - گردشگری CIT، برنامه‌ریزی و توسعه گردشگری، دوره ۱، شماره ۲، ۷۴-۹۱.
- شیرانی، فرزانه، خداقلی، مرتضی (۱۳۸۸). پهنه‌بندی اقلیمی استان یزد با روش‌های آماری چند متغیره، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، دوره ۷، شماره ۱۳، ۱۳۹-۱۳۰.
- عباس‌نیا، محسن، باعقیده، محمد، (۱۳۹۴). ناحیه‌بندی آب‌وهوایی استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از تکنیک‌های نوین آماری، پژوهش آب ایران، دوره ۹، شماره ۲، ۱۲۶-۱۲۱.
- عزیزی، قاسم (۱۳۸۰). طبقه‌بندی رقومی ایستگاه‌های اقلیمی منتخب در ایران به روش لیتین اسکی، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۳، شماره ۴۱، ۳۹-۵۱.
- عزیزی، قاسم، معصوم‌پور سماکوش، جعفر، خوش‌اخلاق، فرامرز، رنجبر، عباس، زواررضا، پیمان (۱۳۸۹). شبیه‌سازی عددی نسیم دریا در سواحل جنوبی خزر بر مبنای مشخصه‌های اقلیمی، نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، دوره ۱، شماره ۱، ۲۱-۳۹.
- غیور، حسنعلی، منتظری، مجید (۱۳۸۳). پهنه‌بندی رژیم‌های دمایی ایران با مؤلفه‌های مینا و تحلیل خوشه‌ای، جغرافیا و توسعه، دوره ۲، شماره ۴، ۳۴-۲۱.
- فلاح قاهری، غلام عباس، اسدی، مهدی، انتظاری، علیرضا (۱۳۹۴). ناحیه‌بندی آب‌وهوایی استان گیلان با روش‌های چند متغیره، جغرافیا و برنامه‌ریزی، دوره ۱۹، شماره ۵۴، ۲۵۱-۲۳۵.
- کاظمی، حسین، فرهادیان عزیزی، شیوا، سلطانی، افشین (۱۳۹۸). ارزیابی مکفی بودن بارش‌های مؤثر در زراعت دیم به منظور توسعه کشت غلات پاییزه در اراضی شهرستان‌های آق‌قلا، کلاله و گنبدکاووس (استان گلستان) با استفاده از تحلیل‌های مکانی GIS، بوم‌شناسی کشاورزی، دوره ۱۱، شماره ۲، ۵۷۹-۵۹۹.
- گرامی مطلق، علیرضا، شبانکاری، مهران (۱۳۸۵). پهنه‌بندی اقلیمی استان بوشهر، علوم انسانی، دوره ۲۰، شماره ۱، ۱۸۷-۲۱۰.
- لشنی زند، مهران، پروانه، بهروز، بیرانوند، فتانه (۱۳۹۰). پهنه‌بندی اقلیمی استان لرستان با استفاده از روش‌های آماری و تعیین مناسب‌ترین روش تجربی، جغرافیای طبیعی، دوره ۴، شماره ۱۱، ۸۹-۱۰۱.
- محب‌الجه، علیرضا، خان سالاری، سکینه، رضیعی، طیب، احمدی گیوی، فرهنگ (۱۳۹۶). شناسایی الگوهای گردش جوی پدیدآورنده بارش‌های مهم همراه با بی‌هنجاری سرد در تهران: مقایسه دو روش خوشه‌بندی، فیزیک زمین و فضا، دوره ۴۳، شماره ۲، ۳۸۴-۳۶۹.

- مرادی، اسحاق، کمالی، غلامعلی (۱۳۸۵). تابش خورشید (اصول و کاربردها در کشاورزی و انرژی‌های نو)، چاپ اول. نشر پژوهشکده هواشناسی، قرن ۲۱.
- مرادی، حمیدرضا (۱۳۸۳). نقش دریای خزر در شرایط بارشی سواحل شمال کشور، مجله علوم و فنون دریایی ایران، دوره ۳، شماره ۲-۳، ۷۷-۸۷.
- مسعودیان، ابولفضل (۱۳۸۲). نواحی اقلیمی ایران، جغرافیا و توسعه، دوره ۱، شماره ۲، ۱۷۱-۱۸۴.
- معروفی، صفر، سقایی، صبا، فتح‌فرناز، ارشاد (۱۳۹۶). بررسی توزیع مکانی سرعت باد با استفاده از روش‌های زمین‌آماري و کلاسه‌بندی آن براساس تحلیل خوشه‌ای، علوم مهندسی آبیاری، دوره ۴۰، شماره ۱، ۴۹-۵۹.
- معصوم‌پور سماکوش، جعفر، عزیز، قاسم، خوش اخلاق، فرامرز، رنجبر سعادت‌آبادی، عباس (۱۳۹۳). تأثیر شارش‌های هم‌دید بر روی نسیم دریا در سواحل جنوبی دریای خزر، فصلنامه جغرافیای طبیعی، دوره ۷، شماره ۲۶، ۱۴۰-۱۲۱.
- مفیدی، عباس، زرین، آذر، قبادی، جانباز (۱۳۹۰). شناسایی الگوهای هم‌دید بارش‌های شدید زمستانه در سواحل جنوبی دریای خزر، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۲۲، شماره ۲، ۲۳-۴۰.
- منتظری، مجید، بای، ناصر (۱۳۹۱). پهنه‌بندی اقلیم خزری با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره، تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۷، شماره ۲، ۷۷-۹۰.
- موحدی، سعید، حیدری ناصرآباد، بهروز، هاشمی‌عنا، کرامت، رنجبر، فیروز (۱۳۹۱). پهنه‌بندی نواحی اقلیمی استان خوزستان، فضای جغرافیایی، دوره ۱۲، شماره ۴۰، ۷۳-۶۴.
- ناظم‌السادات، سید محمدجعفر، قاسمی، احمدرضا (۱۳۸۲). بارندگی شش‌ماهه سرد مناطق مرکزی و جنوب غربی ایران و ارتباط با پدیده ال نینو، علوم آب و خاک، دوره ۷، شماره ۳، ۱-۱۳.
- نظم‌فر، حسین، گلدوست، اکبر (۱۳۹۴). پهنه‌بندی آب‌وهوایی شمال و شمال غرب ایران با استفاده از تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای، فضای جغرافیایی، دوره ۱۴، شماره ۴۸، ۱۶۱-۱۴۷.
- نیک‌اندیش، نسرين، اکبری قمصری، هدیه (۱۳۹۷). تحلیل عوامل ژئومورفورکلیمایی در آفرینش باد محلی منجیل. فصلنامه جغرافیای طبیعی، دوره ۱۱، شماره ۴۲، ۱۴۰-۱۲۵.
- Biabiany, E., Bernard, D., Page, V & Paugam-Moisy, H. (2020). **Design of an expert distance metric for climate clustering: The case of rainfall in the lesser Antilles**, Computers & Geosciences, 145, 1-15.
- Carvalho, M., Melo-Gonçalves, P., Teixeira, J & Rocha, T. (2016). **Regionalization of Europe based on a K-Means Cluster Analysis of the climate change of temperatures and precipitation**, Physics and Chemistry of the Earth, 94, 22-28.
- Schmidt, G. (2019). **The Ecological relevance of parameter choice in describing climate**, The Ecological relevance of parameter choice in describing climate, 6, 1-26.
- Tapiador, F., Moreno, R & Navarro, A. (2019). **Consensus in climate classifications for present climate and global warming scenarios**, Atmospheric Research, 216, 26-36.
- Yang, L., Bai, L., Song, B & Liu, N. (2020). **A new approach to develop a climate classification for building energy efficiency addressing Chinese climate characteristics**, Energy, 195, 1-14.
- Zhao, j., Xia, B., Han, j & Liang, K. (2020). **Technological adaption zone of passive evaporative cooling of China, based on a clustering analysis**, Sustainable Cities and Society, 66, 1-10.

