Climate Change & Climate Disasters

Print ISSN: 2783-0551

University Zanjan

Behavioral Analysis of Micro-Climatic Regions in Central Iran Using Factor Analysis Method

Alimohammad Khorshiddoust [1] | Saeed Jahanbakhsh [2] | Farahnaz Khoramabadi [3]

1. 1- Professor Department of Climatology, University of Tabriz, Tabriz
2- Professor Department of Climatology, University of Tabriz, Tabriz
3- Mastrers Sciences Student Climatology Urban, University of Tabriz, Tabriz

Article Info:

Article type:
Research Article

history:
Received:
2024/4/25
Received:
2024/5/30
Accepted:
2024/7/20
Published:
2024/8/5

Keywords:

Micro-climatic zoning, Factor analysis, Cluster analysis, Central Iran

Abstract: The zoning of sub-regions and the recognition of the most important factors and elements affecting each area is one of the ways of recognizing the climate identity of the micro-climatic regions. Climatic zoning was carried out with the help of statistical methods such as factor analysis and clustering to obtain an accurate and comprehensive understanding of the central regions of Iran. To this end, 15 climatic variables were selected from 15 central synoptic stations. The results of the study by factor analysis showed that the climate of the studied area is affected by four factors, which are important, namely rainfall, temperature, humidity and thunderstorm. Among all extracted climatic factors, rainfall explains of 35.08% of total variance of data which has the most important role in determining the micro-climatic region conditions in the area. To sum up, these four factors have explained climate behavior in central Iran. The results of cluster analysis revealed four micro-climatic regions in the study area on the four climatic factors.

Cite this article: Khorshiddoust, A. Jahanbakhsh, S. Khoramabadi, F(2024). Behavioral Analysis of Micro-Climatic Regions in Central Iran Using Factor Analysis Method. Climat Chenge and Climat Disasters, 3(5), 206-228.
© The Author(s).

Homepage: cccd.znu.ac.ir **Publisher:** University of Zanjan

دگرگونی‌ها و مخاطرات آب و هوایی
شاپا چاپی: ۲۷۸۳-۰۵۵۱

رفتارشناسی خرده نواحی اقلیمی در ایران مرکزی با استفاده از روش تحلیل عاملی

علی محمدخورشیددوست[۱] | سعید جهانبخش[۲] | فرحناز خرم آبادی[۳]

۱.. استاد گروه اقلیم شناسی دانشگاه تبریز، تبریز
۲.. استاد گروه اقلیم شناسی دانشگاه تبریز، تبریز
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد آب‌هواشناسی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۳/۲/۶

بازنگری: ۱۴۰۳/۳/۱۰

پذیرش: ۱۴۰۳/۵/۲

انتشار: ۱۴۰۳/۵/۱۵

واژگان کلیدی:

پهنه‌بندی خرده نواحی اقلیمی، تحلیل عاملی، تحلیل خوشه‌ای، ایران مرکزی

چکیده: پهنه‌بندی خرده نواحی اقلیمی و شناخت مهم‌ترین عوامل و عناصر تأثیرگذار بر هر ناحیه، یکی از راه‌های شناخت خرده نواحی اقلیمی است. برای دریافت شناخت صحیح و جامع از خرده نواحی اقلیمی ایران مرکزی، پهنه‌بندی اقلیمی با روش‌های نوین آماری مانند تحلیل عاملی و خوشه‌بندی انجام شد. به این منظور، تعداد ۱۵ متغیر اقلیمی از ۱۵ ایستگاه سینوپتیک ایران مرکزی انتخاب گردید. نتایج بررسی با روش تحلیل عاملی نشان داد: که اقلیم منطقه مورد مطالعه متأثر از چهار عامل است که این عوامل به ترتیب اهمیت عبارت‌اند از: بارش، دما، رطوبت و توفان تندری. در بین کلیه عوامل اقلیمی استخراجی، عامل بارشی با تبیین ۳۵/۰۸۱ درصد واریانس کل داده‌ها، مهم‌ترین نقش را در تعیین خرده نواحی اقلیمی منطقه داشته است. در کل این چهار عامل حدود ۸۶/۲۰۷ درصد رفتار اقلیمی را در منطقه ایران مرکزی توجیه نموده‌اند. نتایج حاصله از تحلیل خوشه‌ای، روی چهار عوامل اقلیمی وجود چهار خرده نواحی اقلیمی را در منطقه موردمطالعه نشان داد.

استناد: خورشید دوست، علی محمد. جهانبخش، سعید. خرم آبادی، فرحناز (۱۴۰۳). رفتارشناسی خرده نواحی اقلیمی در ایران مرکزی با استفاده از روش تحلیل عاملی. دگرگونی ها و مخاطرات آب و هوایی, ۳(۵), ۲۰۶-۲۲۸.

© نویسندگان .

ناشر: دانشگاه زنجان.

Homepage: cccd.znu.ac.ir

مقدمه

بررسی و شناخت نوع اقلیم یک منطقه و عناصر غالب مؤثر بر آن تعیین‌کننده اقلیم هر منطقه است. به‌طوری‌که تعیین نواحی اقلیمی یک منطقه مستلزم شناخت عوامل ناهمگن آب‌وهوا در طول زمان و مکان است. اقلیم ترکیبی از عناصر هوا در هر ناحیه است که معمولاً برای دوره‌ای از چند دهه اندازه‌گیری می‌شود بنابراین، با استناد به دما، فشار، باد و یا میزان نم نسبی و بارندگی نمی‌توان به بررسی و شناخت اقلیم یک ناحیه پرداخت(جعفرپور، ۱۳۷۷: ۲۵۹). هدف اصلی در تقسیم‌بندی‌های آماری، بیشینه کردن تجانس درون‌گروهی و عدم تجانس برون گروهی است، یعنی نواحی آب و هوایی باید بیشترین تشابه و تجانس درونی و در همان حال بیشترین تفاوت را با همدیگر داشته باشند (کاویانی و علیجانی، ۱۳۷۸: ۳۵۳ و ۳۵۲). به‌طورکلی یک سیستم طبقه‌بندی اقلیمی، مجموع قواعدی است که با بکار گرفتن آن‌ها می‌توان مناطقی را که از نقطه‌نظرهای معین، ویژگی‌های مشترکی با هم دارند از یکدیگر مجزا نمود و نواحی با خصوصیات مشترک را در یک طبقه قرارداد(کوچکی، ۱۳۷۳: ۵۹). نیاز بشر به شناخت توان‌های محیطی جهت برنامه‌ریزی و بهره‌برداری بهینه از منابع، دامنه اطلاعات وی را در زمینه اقالیم مختلف افزایش داده و به دنبال آن طبقه‌بندی اقلیمی جهت استفاده مؤثر از این اطلاعات ضرورت یافته است. لذا شناخت نوع اقلیم یک منطقه و عناصر غالب مؤثر بر آن‌که تعیین‌کننده اقلیم آن منطقه است؛ پهنه-بندی اقلیمی (شناسایی پهنه-هایی که دارای آب‌وهوای یکسانی باشند) جهت دستیابی به توسعه همه‌جانبه در ابعاد مختلف مکانی-زمانی ضروری است. بنابراین اقلیم، چندبعدی (برداری) است و تنها منبع کسب داده‌ها نیست. ابعاد سه‌گانه اصلی سیستم اقلیم که مکعب سیستم اقلیمی را تشکیل می‌دهند عبارت از: زمان، مکان و درجه تفکیک هستند(محمدخورشید دوست و قویدل، ۱۳۸۳: ۷). قلمرو کم‌آبی (ایران مرکزی) دارای پراکنش وسیعی است، اما همه‌جا می‌توان ویژگی‌های مشابه و مشترکی چه در سیستم شکلی و چه در نمونه‌های ناهمواری‌های آن مشاهده نمود؛اما اشکال ناهمواری، از تنوع فراوانی برخوردار می‌باشند. با تکیه بر

این تنوع، می‌توان در قلمروهای کم‌آب نمونه‌های اصلی را از یکدیگر بازشناخت. ایران مرکزی محدوده مثلثی شکلی است که از شمال با رشته‌کوه‌های البرز و از طرف غرب و جنوب غرب به‌وسیله کوه‌های زاگرس، از سمت جنوب و شرق به ترتیب با رشته‌کوه‌های مکران و شرق ایران محدود می‌شود. وجود کوهستان‌های اطراف منطقه امکان نفوذ توده‌هواهای مرطوب را به ایران مرکزی محدود کرده و باعث ایجاد شرایط خشک در اغلب مساحت منطقه می‌شوند. نمود این موضوع کاهش نزولات جوی در اکثر نقاط و افزایش دامنه تغییرات دما بین شب و روز و فصول گرم و سرد سال است. در ایران مرکزی دما از شمال غرب به سمت جنوب شرق افزایش می‌یابد، چراکه در این مسیر هم‌عرض جغرافیایی افزایش می‌یابد و هم‌ارتفاع نسبی کمتر می‌شود. تغییرات بارش در منطقه جهت‌گیری اصلی ندارد و در ایستگاه‌های مرکزی به دلیل دوری از منابع آبی میزان بارندگی فصل زمستان کاهش می‌یابد (جعفری،۱۳۹۱، ۴۹ و ۵۰). یکی از روش‌هایی که در سال‌های اخیراً رواج یافته، استفاده از روش‌های چند متغیره آماری است. درزمینه پهنه‌بندی اقلیمی و خرده نواحی اقلیمی نیز مقالات متعددی با استفاده از روش‌های چند متغیره منتشرشده است : یونس،[1] (۲۰۱۱) جهت طبقه‌بندی آب‌وهوایی شبه‌جزیره مالزی از تحلیل عاملی و روش خوشه‌ای استفاده کرد نتایج تأثیر بسیار مناسب این روش‌ها بر روی طبقه‌بندی اقلیمی صورت گرفته است. ستیانارایانا و سیرینیواس[2] (۲۰۱۱)، به یاری خوشه‌بندی فازی به منطقه بندی بارش در هند پرداختند. یافته‌ها نشان داد که خوشه‌بندی فازی روشی مناسب برای پهنه‌بندی بارش به شمار می‌رود و یکی از مزایای آن به‌کارگیری پارامترهای مختلف (طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع) جهت پهنه‌بندی بارش است. براو کابررا [3]و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از داده‌های بارش ۳۵ تا ۴۰ سال برای ۳۴۹ ایستگاه مکزیک به روش تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی دو گروه بارشی را برای مکزیک شناسایی کرده‌اند. پانسرا [4] و

1 –Yunus

2– Satyanarayana and Sirnivas

3 - Bravo Cabrera

4 - Pansera

همکاران (۲۰۱۳)، با استفاده از روش‌های سلسله مراتبی و ترکیب آن‌ها با روش K-MEANS، خوشه‌بندی ۲۲۷ ایستگاه باران‌سنجی واقع در ایالت پارانا (کشور برزیل) را انجام داده‌اند. نتایج نشان داد که در بین روش‌های سلسله مراتبی، روش وارد بهترین خوشه‌بندی را انجام داده است. همچنین در ترکیب روش‌های سلسله مراتبی با روش K-Means نیز ترکیب روش‌های وارد و k-means نسبت به سایر ترکیب‌ها عملکرد بهتر داشته است. درنهایت، نیز با توجه به آزمون‌های همگنی، ترکیب روش وارد و k-means به‌عنوان کارآمدترین روش خوشه‌بندی ایستگاه‌های هواشناسی معرفی گردید.

گوجیک و تراجکویک[1] (۲۰۱۴) الگوهای مکانی- زمانی بارش صربستان را با استفاده از داده‌های بارش ماهانه ۲۹ ایستگاه همدید مورد ارزیابی قراردادند. در این تحقیق، تجزیه مؤلفه‌های اصلی (Pca) با چرخش واریماکس بر روی هفت متغیر بارش انجام شد. سپس بر اساس روش خوشه‌بندی وارد و به ازای مؤلفه‌های اصلی اول و دوم چرخش یافته، خوشه‌بندی صورت گرفت. درنهایت، صربستان به سه ناحیه همگن بارشی تفکیک گردید. نام[2] و همکاران (۲۰۱۵)، آنالیز فراوانی منطقه‌ای حداکثر بارش سالانه را با استفاده از داده‌های ۶۷ ایستگاه هواشناسی در کشور کره جنوبی انجام دادند. ایشان با استفاده از روش پروکراستس (PA) از کل ۴۲ متغیر در نظر گرفته‌شده، تعداد ۳۳ متغیر به‌عنوان متغیرهای مهم انتخاب کردند. سپس از این متغیرهای منتخب و روش‌های خوشه‌بندی وارد و فازی –C-means جهت تقسیم ایستگاه‌ها استفاده گردید که این روش‌ها پنج ناحیه همگن را برای بارش کره جنوبی مشخص نمود. عثمان[3] و همکاران (۲۰۱۵)، جهت شناسایی الگوی بارش روزانه، از داده‌های بارش ۸۹ ایستگاه در کشور مالزی و روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی (Pca) استفاده کردند. شش مؤلفه اول با ۵۳/۴۳ درصد واریانس کل، توسط روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی انتخاب گردید. نتایج نشان داد که مؤلفه‌های اول و دوم، مناطق شمال شرقی و جنوب غربی را

1 - Gocic and Trajkovic
2 - Nam et al
3 - Othman et al

که تحت تأثیر بادهای موسمی هستند را شامل می‌گردند. کاروالهو [1] و همکاران (۲۰۱۶)، با استفاده از اختلاف داده‌های حداقل و حداکثر دما و بارش روزانه، در این تحقیق از روش k-means با تعداد خوشه تعیین گردید. نتایج نشان داد هر یک از خوشه‌ها دریکی از سه پارامتر مورداستفاده دارای اختلاف معنی‌داری هستند. پائول و امرسون [2] (۲۰۱۷) به مطالعه شناسایی مناطق بارش همگن در حوضه‌ای آبخیز شرقی ایالت پارانا در برزیل از طریق خوشه‌بندی سلسله مراتبی وارد پرداخت. وی از داده‌های بارش ۵۴ ایستگاه تابلویی که در دوره‌ی آماری (۲۰۱۵-۱۹۷۹) استفاده کرد. ولش [3] و همکاران (۲۰۱۷)، به پهنه‌بندی آب‌وهوای انرژی ساختمان‌های ۵۴ کشور، به روش منطقه بندی اقلیدسی برای ساخت برنامه‌های بهره‌وری انرژی پرداخت. وی نشان داد از بین متغیرهای موردنظر دما بر روی درجه روز، ارتفاع بر روی رطوبت نسبی نیز، بیشترین تأثیر در بهره‌وری انرژی ساختمان دارد. بااین‌حال متغیرهای نام‌برده حدود ۸۰ درصد رفتار انرژی ساختمان‌ها را تبیین می‌کند. عبیرامیری و سعیدی [4] (۲۰۱۷)، در پژوهشی با استفاده از میانگین بارش سالانه (۱۹۹۱ تا ۲۰۱۵)، شاخص غلظت رسوب (pcl) و ضریب تنوع برای ارزیابی تغییرات مکانی بارندگی در شمال غربی ایران به مطالعه پرداخته است؛ و همچنین برای ناحیه و خرده نواحی بارشی از طریق تحلیل مؤلفه‌های اصلی (pca) استفاده کرده است.کنستانتین و کارپو [5](۲۰۱۸)، به مطالعه ناحیه اقلیمی و ساخت‌وساز در ایجاد آب‌وهوای معتدل شیلی پرداختند. ایشان سه منطقه خرده نواحی برای مناطق شیلی شناسایی کرد. در ایران نیز مطالعاتی انجام‌گرفته است ازجمله: جهان‌بخش و همکاران (۱۳۹۴)، در مطالعه‌ای به بررسی توزیع زمانی و مکانی بارش در شهرستان تبریز با روش تحلیل خوشه‌ای پرداختند. نتایج پژوهش آنان نشان داد که شهرستان تبریز ازلحاظ بارش به سه گروه مجزای بارش کم، متوسط و زیاد تفکیک شدنی است. گل‌کاریزد و همکاران (۱۳۹۵)، در مطالعه‌ی به

1- Carvalho et al
2- Paulo and Emerson
3- Walsh et al
4- Arab Amiri and Saadi Mesgari
5 -K. Veriche & Carpio

پهنه‌بندی اقلیمی استان خراسان جنوبی با روش تحلیل عاملی و خوشه‌ای پرداخته است. وی برای بهبود نتایج پهنه‌بندی اقلیمی از آمار ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک و کلیماتولوژی استفاده کرد. برای این امر ماتریس ۱۱*۳۴ شامل ۷ ایستگاه سینوپتیک و ۴ ایستگاه کلیماتولوژی و ۳۴ متغیر اقلیمی تشکیل داد. بررسی نتایج حاصل از تحلیل عاملی نشان داد که اقلیم استان متأثر از ۶ عامل است و همچنین از نتایج تحلیل خوشه وجود ۶ ناحیه آب و هوایی را در استان نشان داد. با توجه به وسعت زیاد ایران مرکزی، تعیین خرده نواحی اقلیمی ایران مرکزی می‌توان در برنامه‌ریزی‌های مختلف و توسعه پایدار و همه‌جانبه ایران مرکزی مؤثر واقع شود. هدف این تحقیق، تعیین خرده نواحی اقلیمی ایران مرکزی با استفاده از روش‌های نوین آماری چند متغیره است.

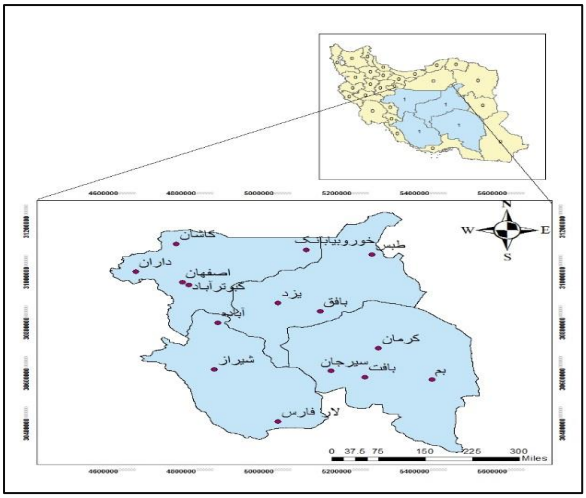
۱. داده‌ها و روش‌ها

۱.۱. منطقه موردمطالعه

مختصات جغرافیایی منطقه موردمطالعه بین عرض‌های جغرافیایی ۲۷ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۳ درجه ۵۷ دقیقه و مدار ۵۱ درجه و ۸۵ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۴ دقیقه است.

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

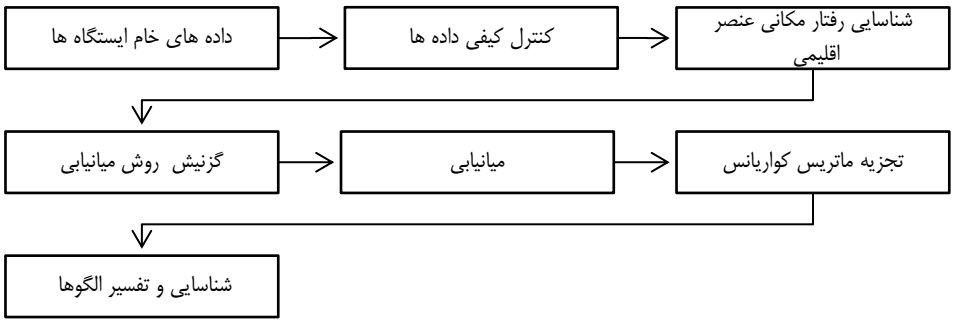
ردیف	ایستگاه	عرض جغرافیایی (درجه)	طول جغرافیایی (درجه)	ارتفاع سطح دریا (متر)	دوره مطالعاتی
۱	بافق	۳۱/۳۶	۵۵/۲۶	۹۹۱۱/۴	۱۹۹۳-۲۰۱۸
۲	شیراز	۲۹/۶	۵۲/۵۳	۱۵۰۰	۱۹۸۷-۲۰۱۸
۳	سیرجان	۲۹/۴۵	۵۵/۶۶	۱۷۵۰	۱۹۸۹-۲۰۱۸
۴	اصفهان	۳۲/۶۵	۵۱/۶۵	۱۵۸۵	۱۹۸۷-۲۰۱۸
۵	بافت	۲۹/۲۳	۵۶/۶۳	۲۲۵۰	۱۹۹۲-۲۰۱۸
۶	لار	۲۷/۶۸	۵۴/۳۳	۹۰۰	۱۹۹۰-۲۰۱۸
۷	کرمان	۳۰/۲۵	۵۶/۹۶	۱۷۵۴	۱۹۸۷-۲۰۱۸
۸	بم	۲۹/۱	۵۸/۴	۱۰۶۷	۱۹۸۹-۲۰۱۸
۹	طبس	۳۳/۶	۵۶/۹۱	۷۱۱	۱۹۸۷-۲۰۱۸
۱۰	داران	۳۲/۹۸	۵۰/۴۱	۲۳۰۰	۱۹۹۳-۲۰۱۸
۱۱	یزد	۳۱/۹	۵۴/۴	۱۲۳۰	۱۹۸۷-۲۰۱۸
۱۲	کاشان	۳۳/۹۸	۵۴/۴	۹۸۲	۱۹۸۷-۲۰۱۸
۱۳	خوروبیابانک	۳۳/۷۶	۵۵/۰۳	۹۲۱	۱۹۸۷-۲۰۱۸
۱۴	آباده	۳۱/۱۱	۵۲/۴۰	۲۰۳۰	۱۹۷۷-۲۰۱۸
۱۵	کبوتر آباد	۳۲/۵۱	۵۱/۸۵	۱۴۵۴	۱۹۸۷-۲۰۱۸



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه و ایستگاه‌های مورداستفاده در تحقیق

۲-۱. داده ها

با استفاده از روش‌های نوین آماری و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی طبقه‌بندی خرده نواحی اقلیمی برای ایران مرکزی انجام‌شده است بر این اساس با استفاده از نرم‌افزارهای ArcGis، SPSS و EXCEL اقدام به طبقه‌بندی خرده نواحی اقلیمی در سطح منطقه گردید. در این مطالعه پس از تهیه داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک در منطقه موردمطالعه از سازمان هواشناسی، ۱۵ متغیر اقلیمی از ۱۵ ایستگاه هواشناسی (جدول ۱) انتخاب شد و به‌وسیله روش‌های تحلیل عاملی و خوشه‌بندی به بررسی خرده نواحی اقلیمی منطقه و درنهایت به پهنه‌بندی آن اقدام شد.



شکل ۲: فرایند تحلیل‌های مکانی

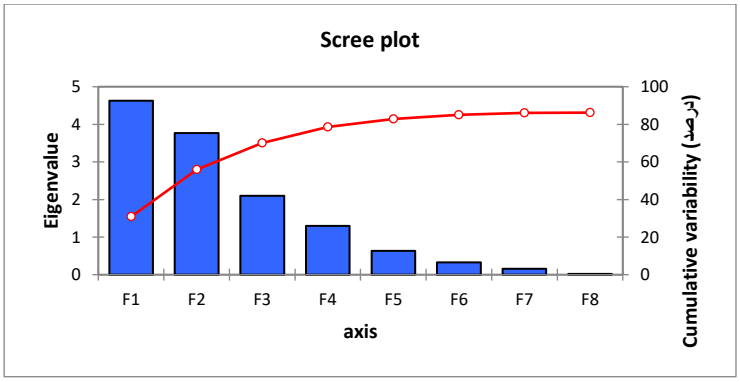
۳-۱.روش‌ها

روش تحلیل عاملی: تحلیل عاملی از تعدادی فنون آماری ترکیب‌شده و هدف آن ساده کردن مجموعه‌های پیچیده است (کلاین، ۱۳۸۰:۷). تحلیل عاملی منجربه شناسایی گروهی از مدل‌های تجربی که هریک نماینده‌ٔ یک الگوی زمانی-مکانی هستند می‌گردد.به‌علاوه این روش راهی است برای حجم کاهش داده‌ها و تبدیل متغیرهای اولیه‌به چند عامل محدود که بتوانند بیشترین پراش متغیرهای اولیه را توضیح دهد (غیور و منتظری، ۱۳۸۳:۲۱). امتیاز این روش در این است که ضمن این‌که تعداد متغیرها را کاهش می‌دهد، مقدار اولیه واریانس (تنوع یا پراش) موجود در داده‌ها را حفظ می‌کند (امیراحمدی و عباس نیا، ۱۳۸۹:۵۷). در این روش با توجه به همبستگی درونی متغیرهای اقلیمی، عناصر همبسته با یکدیگر ترکیب می‌شوند و متغیرهای جدیدی به نام عامل یا مؤلفه‌های اصلی به دست می‌آید که هرچند تعداد آن‌ها نسبت به متغیرهای اولیه کمتر است، اما بخش بزرگی از اطلاعات موجود در متغیرهای اولیه را منتقل می‌کنند. در این روش متغیری به‌عنوان عامل تعیین می‌شود که درصد بالایی از واریانس کل داده‌ها را تبیین کند.

تحلیل خوشه‌ای: به‌منظور تعیین مقدار گروه‌ها، ابتدا با استفاده از ماتریس امتیازات عاملی که میزان تأثیر هر یک از عوامل را در هر مکان نشان می‌دهد. ابتدا تحلیل خرده نواحی اقلیمی با روش خوشه‌بندی در چهار مرحله انجام گرفت؛ که عبارتند از: الف(تهیه ماتریس خام داده‌ها. ب) تعیین نمره عالی هر ایستگاه از تحلیل عاملی. ج) ادغام گروه‌ها به روش کمترین واریانس (وارد) و تعیین گروه‌بندی نهایی. دترسیم دندوگرام که حاصل ادغام گروه‌ها در چندین مرحله است. سپس از روش **k** میانگین تعداد خوشه‌ها تعیین و سپس با استفاده از تجزیه خوشه‌ای پایگانی (وارد) اقدام به گروه‌بندی محدود ایران مرکزی شد.

۲. یافته ها و نتایج

شکل (۴) به لحاظ ظاهری، شیب تندی رابین عامل‌های بزرگ و شیب تدریجی و کندی را در دنباله برای سایر عامل‌ها، نشان می‌دهد. نقطه‌ای که در آن، منحنی شروع به حرکت مستقیم و راست می‌کند، نشان‌دهنده حداکثر تعداد عامل‌های قابل‌استخراج است؛ یعنی، عامل‌هایی که بالاتر از این نقطه عطف قرار دارند، بامعنی منظور شده و آن‌هایی که پایین‌تر از این نقطه واقع هستند، فاقد مفهوم، محسوب می‌شوند.



شکل ۳: سنگ‌ریز ممتد مربوط به روش تحلیل عاملی

در ادامه جدول ۲ نشـــان داده می‌شـــود که مناســـب‌ترین تعداد برای عامل‌ها، چهار عامل است که هرکدام بیش از ۵ درصد از واریانس را توجیه کردهاند. ابتدا یک تحلیل بدون چرخش بر ماتریس دادهها اعمال شد و مشخص گردید که چهار عامل هرکدام بیش از ۵ درصـــد از واریانس دادهها را توجیه می‌کنند. جدول (۲) تعداد عامل‌های اســـتخراج‌شـــده، مقادیر ویژه (مجموع مربعات بارهای عاملی) هر عامل، درصد واریانس توجیه شده توسط هر عامل و واریانس نسبی تجمعی را پس از چرخش نشان می‌دهد. عامل اول با ویژه‌مقدار ۵/۲۶۳ به‌تنهایی بیش از ۳۵ درصـــد از واریانس خرده نواحی را توجیه کرده است. به همین ترتیب ویژه‌مقدار عامل‌های دوم، سوم و چهارم برابر با ۲۷/۳۰۰، ۱۵/۰۱۹ و ۸/۸۰۸ می‌باشـــند که درمجموع بیش از ۸۶ درصد از خرده نواحی اقلیمی منطقه را می‌توان با این چهار عامل تبیین کرد. نتایج بررســـی ضـــرایب عامل‌ها نشـــان می‌دهد که متغیرها به‌طور متفاوت در عامل‌ها بارگذاری شده‌اند. ولی درعین‌حال این پرســش مطرح می‌شـود که آیا روش تحلیلی بکار رفته توانســـته اســـت کلیه متغیرها را در این طبقه‌بندی بگنجاند؟ اگر جواب مثبت اســـت کدام متغیرها بیش از بقیه در طبقه‌بندی تأثیرگذار بودند؟ یافته‌های این پژوهش حاضـر پاسـخ این سـؤالات را به‌خوبی فراهم نموده اســـت. با توجه به جدول (۲)، ماتریس بار عاملی و ماتریس امتیازات عاملی مشخص می‌شود که اقلیم منطقه حاصل تعامل چهار عامل مختلف اســـت. این عوامل با مقادیر ویژه بیش از یک حدود ۸۶/۲۰۷ درصد از پراش کل را توجیه می‌کنند. از میان متغیرهای موردمطالعه، پارامترهای مربوط به بارش بیشـــترین درصـــد واریانس کل را به خود اختصـــاص داده اســـت، بنابراین اولین متغیر زمینه‌ای و مهم‌ترین عامل با عنوان عامل بارش تعیین گردید. این یافته گویای آن اســـت که عامل بارش نقش مهمی در تعیین مرزبندی

خرده نواحی اقلیمی ایران مرکزی دارد.

ردیف	پارامتر اقلیمی	F1	F2	F3	F4
۱	بارش	۰/۴۸۳	۰	۰/۱۳۹	۰
۲	حداکثر دما	۰	۰/۵۳۹	۰/۴۸۳	۰
۳	حداقل دما	۰	۰/۲۸۲	۰/۴۶۷	۰/۰۱۱
۴	میانگین دما	۰	۰/۷۳۷	۰	۰/۳۱۳
۵	میانگین سرعت باد	۰	۰	۰	۰/۳۰۴
۶	میانگین رطوبت نسبی	۰/۶۸۱	۰/۰۶۶	۰/۲۱۵	۰/۱۳۹
۷	حداقل رطوبت نسبی	۰	۰	۰	۰
۸	حداکثر رطوبت نسبی	۰/۶۹۶	۰/۰۲۰	۰/۱۹۰	۰/۰۵۵
۹	تعداد روزهای برف در هرماه	۰/۴۷۵	۰	۰/۰۵۵	۰/۲۰۳
۱۰	تعداد روزهای رعدوبرق در هرماه	۰/۳۶۲	۰/۴۱۷	۰/۰۹۵	۰/۰۵۱
۱۱	تعداد روزهای مه در هرماه	۰/۴۲۶	۰	۰	۰
۱۲	تعداد روزهای گردوخاک در هرماه	۰/۰۵۱	۰/۶۸۱	۰	۰/۰۶۱
۱۳	میانگین فشار بخارآب	۰/۲۰۷	۰/۷۴۳	۰/۲۴۸	۰
۱۴	میانگین دمای نقطه شبنم	۰/۱۴۵	۰/۷۴۹	۰/۲۲۷	۰
۱۵	روزهایی حداقل دید از ۲۰۰۰ متر پایین‌تر	۰/۳۶۰	۰/۰۲۲	۰	۰

جدول ۲: ویژه‌مقدار و درصد واریانس توجیه شده در آنالیز تحلیل عاملی در دوره آماری

ردیف	توضیحات	F1	F2	F3	F4
۱	ویژه‌مقدار	۵/۲۶۳	۴/۰۹۵	۲/۲۵۳	۱/۳۲۱
۲	واریانس	۳۵/۰۸۱	۲۷/۳۰۰	۱۵/۰۱۹	۸/۸۰۸
۳	درصد تجمعی واریانس	۳۵/۰۸۱	۶۲/۳۸۱	۷۷/۳۹۹	۸۶/۲۰۷

جدول ۳: بار عامل بر روی عناصر اقلیمی در ایستگاه‌های منتخب ایران مرکزی

بعد از تجزیه ماتریس‌ها عناصر آب‌وهوایی تلفیقی (ماتریس بار عاملی) به ابعاد ۱۵×۱۵ به دست آمد که نشان می‌دهد خرده نواحی ایران مرکزی، بیشتر حاصل عملکرد چهار عامل (بارش، دما، رطوبت و توفان تندری) است. مجموع این چهار عامل تقریباً ۸۶درصد رفتار خرده نواحی اقلیم ایران مرکزی را توجیه می‌کند جدول (۴).

جدول ۴: نام‌گذاری عامل و ارتباط آن‌ها همبستگی با پارامترهای اقلیمی

ردیف	نام عامل‌ها	همبستگی عامل‌ها با پارامترهای اقلیمی
۱	بارش	بارش (بارندگی و برف)، میانگین و حداکثر رطوبت نسبی، دید افقی، رعدوبرق، مه، میانگین فشار بخارآب
۲	دما	حداکثر و حداقل دما، میانگین دما، دید افقی، فشار بخارآب، دمای نقطه شبنم، تعداد رعدوبرق در ماه
۳	رطوبت	میانگین دما، بارش (بارندگی و برف)، حداقل و حداکثر دما، میانگین دمای نقطه شبنم، میانگین فشار بخارآب، حداکثر رطوبت نسبی، تعداد رعدوبرق در ماه
۴	توفان تندری	بارش (برف)، باد، حداقل دما، حداکثر رطوبت نسبی، رعدوبرق، گردوغبار

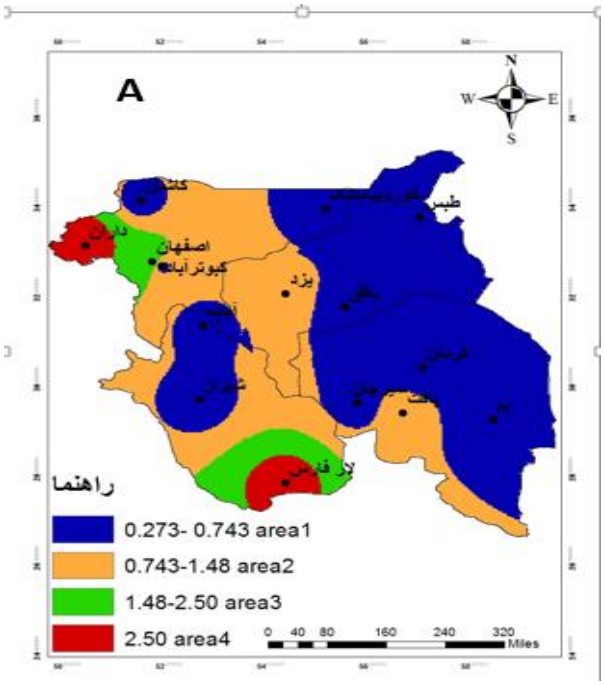
جدول ۶: بار عامل بر روی ایستگاه‌های منتخب ایران مرکزی

ردیف	ایستگاه	بارش	دما	رطوبت	توفان تندری
۱	داران	۲/۵۰۹	۰	۰/۰۳۲	۱/۱۸۴
۲	لار	۲/۰۹۰	۲/۴۸۶	۱/۰۰۹	۰
۳	اصفهان	۱/۵۷۱	۰	۰	۰
۴	بافت	۰/۵۰۶	۰	۱/۲۶۹	۰/۵۶۶
۵	بافق	۰	۰/۵۸۳	۰	۱/۴۳۰
۶	بم	۰	۰/۷۲۶	۰	۰/۰۷۱
۷	خوروبیابانک	۰	۰	۲/۳۷۱	۰
۸	سیرجان	۰/۰۸۶	۰	۱/۷۱۱	۰/۵۶۸
۹	شیراز	۰	۰/۷۳۳	۰	۰
۱۰	طبس	۰	۱/۶۴۱	۰	۲/۸۸۴
۱۱	آباده	۰	۰/۲۶۲	۰	۰
۱۲	کاشان	۰	۰/۳۳۹	۰/۹۹۳	۰
۱۳	کبوتر آباد	۰	۰	۰	۰
۱۴	کرمان	۰	۰	۰	۰/۲۵۸
۱۵	یزد	۰/۶۰۳	۰	۰	۰/۵۱۴

ناحیه کوهستانی و سرد«بارش»: این عامل به‌تنهایی حدود ۳۵/۸ درصد واریانس کل داده‌ها را تبیین می‌کند، بنابراین مهم‌ترین عامل مؤثر در اقلیم ناحیه است. با توجه به این‌که نام‌گذاری عامل‌ها (جدول ۵)؛ بر اساس عاملی با بار مثبت و بزرگ‌تر از ۰/۳۳ نشانگر آن است تقریباً ۱۰درصد از واریانس کل متغیرها، مربوط به این عامل است. به خاطر همین عامل بارشی به خود گرفته است. قلمروی حاکمیت عامل بارشی بیشتر در شمال غرب و جنوب غرب، یعنی ناحیه کوهستانی و نسبتاً سرد، محدوده ایستگاه‌های داران، بافت، شیراز و لار است.

جدول ۷: بعضی مشخصات توصیفی خرده نواحی اقلیمی «کوهستانی و سرد» در عامل اول

فرا سنج	میانگین حداقل	میانگین حداکثر	میانگین	انحراف معیار	چولگی	ضریب تغییرات	پراش
بارش	۴/۷۰۰	۳۳۱/۱۷۰	۱۴۴/۱۱۰	۹۷/۶۱۶	۰/۹۳۴	۰/۶۸۰	۹۴۳۵/۸۰۵
حداکثر رطوبت نسبی	۳۵/۵۹۰	۸۳/۸۶۰	۴۸/۱۰۱	۱۵/۲۱۶	۲/۱۱۶	۰/۳۰۱	۲۲۰/۲۹۲
برف	۰/۰۰	۲/۴۲۰	۰/۳۷۲	۰/۶۱۷	۳/۳۰۶	۱/۵۵۴	۰/۳۵۳
مه	۰/۲۷۰	۱/۲۳۰	۰/۶۳۱	۰/۳۱۸	۰/۸۶۵	۰/۴۷۷	۰/۰۹۴
رعدوبرق	۰/۰۱۰	۰/۷۴۰	۰/۲۲۸	۰/۲۲۱	۰/۸۸۵	۰/۸۸۵	۰/۰۴۵
میانگین فشار بخارآب	۴/۹۵۰	۱۱/۳۴۰	۶/۸۹۸	۱/۵۰۲	۲/۰۷۶	۰/۲۱۰	۲/۱۹۹
دید افقی کمتر از ۲۰۰	۰/۲۴۰	۱/۶۹۰	۰/۸۹۵	۰/۵۲۴	۰/۰۲۱	۰/۵۳۹	۰/۲۶۰
میانگین رطوبت نسبی	۵/۷۵۰	۴۷/۱۳۰	۱۳/۶۸۹	۱۳/۶۰۹	۲/۳۲۴	۰/۹۷۸	۱۷۶/۷۹۲

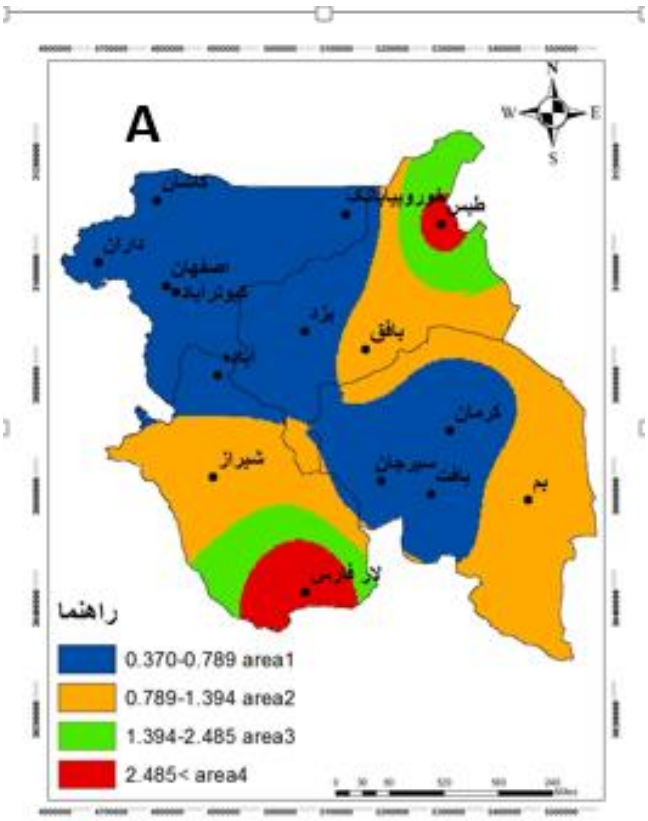


شکل ۴: تحلیل مکانی عامل اول (بارشی)

ناحیه نیمه‌خشک و نسبتاً سرد «دما»: این عامل که حدود ۲۷/۳۰۰ درصد واریانس کل داده‌ها را تبیین می‌کند عامل دما خوانده‌شده است. عامل دما دارای رابطه معکوس با متغیر باد است (جدول ۴). محدوده بیشینه حاکمیت این عامل در شمال غرب و جنوب غرب مخصوص ایستگاه‌های کبوتر آباد، یزد و لار است. درحالی‌که کم‌ترین آن در قسمت مرکزی و نیمه شمال‌شرقی، محدوده‌ای ایستگاه‌های گرم و خشک و بیابانی چون ایستگاه کرمان، داران، خوروبیابانک و بافق است.

جدول ۸: بعضی مشخصات توصیفی خرده نواحی اقلیمی «نیمه‌خشک و نسبتاً سرد» در عامل دوم

فرا سنج	میانگین حداقل	میانگین حداکثر	میانگین	انحراف معیار	چولگی	ضریب تغییرات	پراش
حداکثر دما	۱۴/۴۴۰	۳۶/۱۰۰	۲۶/۷۱۳	۸/۲۷۹	-۰/۴۸۳	۰/۳۰۹	۶۸/۵۳۸
حداقل دما	-۱/۱۸۰	۱۵/۸۵۰	۸/۰۴۶	۵/۳۷۶	-۰/۱۳۵	۰/۶۶۸	۲۸/۸۹۷
میانگین دما	۱۰/۷۰۰	۲۴/۰۳۰	۱۷/۳۸۱	۴/۰۴۹	۰/۳۷۴	۰/۲۳۲	۱۶/۳۹۶
دیداقفق کمتر از ۲۰۰۰	۰/۲۴۰	۱/۶۹۰	۰/۹۱۵	۰/۵۱۱	۰/۰۲۱	۰/۵۵۸	۰/۲۶۰
میانگین فشار بخارآب	۴/۹۵۰	۱۱/۳۴۰	۶/۸۱۴	۱/۴۸۳	۲/۰۷۶	۰/۲۱۷	۲/۱۹۹
دمای نقطه شبنم	-۳/۹۰۰	۷/۵۸۰	۰/۱۷۵	۲/۷۲۴	۱/۲۴۵	۱۵/۵۹۳	۷/۴۱۸
رعدوبرق	۰/۲۷۰	۱/۲۳۰	۰/۶۲۳	۰/۳۰۸	۰/۸۶۵	۰/۴۹۳	۰/۰۹۴

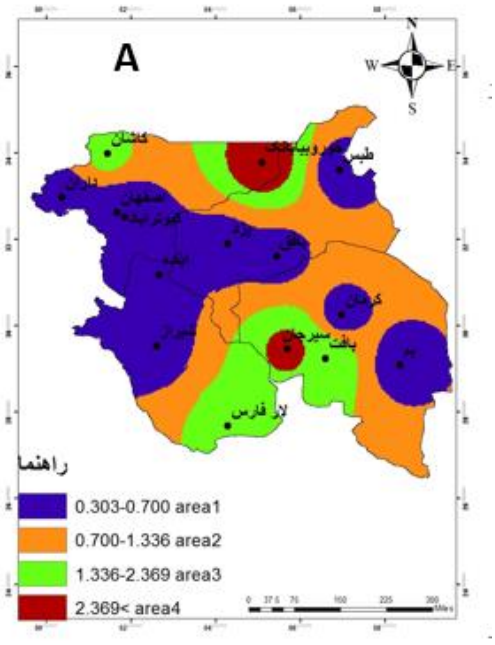


شکل ۵: تحلیل مکانی عامل دوم (دما)

ناحیه نیمه‌خشک و گرم مرطوب (رطوبت): این عامل حدود ۱۵/۰۱۹ درصد واریانس کل را تبیین می‌کند. برای عامل سوم یا عامل رطوبت، متغیر حداکثر رطوبت بیش‌ترین نقش را داشته‌اند. در حالی این عامل با متغیرهای حداکثر و میانگین دما، میانگین سرعت باد، حداقل رطوبت نسبی، تعداد روزهای مه در هرماه، تعداد روزهای گرد و بار در هرماه رابطه معکوس را نشان می‌دهد (جدول ۳). قلمرو بیشینه حاکمیت عامل رطوبت در کاشان، خوروبیابانک، سیرجان، بافت و لار قرار دارد و کمترین درجه تسلط آن در محدوده ایستگاه‌های آباده، اصفهان، شیراز، طبس، بافق، کبوتر آباد و کرمان است

جدول ۹: بعضی مشخصات توصیفی خرده نواحی اقلیمی «نیمه‌خشک و گرم مرطوب» در عامل سوم

فرا سنج	میانگین حداقل	میانگین حداکثر	میانگین	انحراف معیار	چولگی	ضریب تغییرات	پراش
بارش	۴/۷۰۰	۳۳۱/۱۷۰	۱۳۷/۸۵۱	۹۷/۱۳۸	۰/۹۴۳	۰/۷۰۴	۹۴۳۵/۸۰۵
حداکثر دما	۱۴/۴۴۰	۳۶/۱۰۰	۲۶/۷۱۳	۸/۲۷۹	-۰/۴۸۳	۰/۳۰۹	۶۸/۵۶۳
حداقل دما	-۱/۱۸۰	۱۵/۸۵۰	۸/۰۴۶	۳۷۶	-۰/۱۳۵	۰/۶۶۸	۲۸/۸۹۷
میانگین دما	۱۰/۷۰۰	۲۴/۰۳۰	۱۷/۳۸۱	۴/۰۴۹	۰/۳۷۴	۰/۲۳۲	۱۶/۳۹۶
برف	۰/۰۰	۲/۴۲۰	۰/۳۶۹	۰/۵۹۴	۳/۳۰۶	۱/۶۰۹	۰/۳۵۳
فشار بخارآب	۴/۹۵۰	۱۱/۳۴۰	۶/۸۱۴	۱/۴۸۳	۲/۰۷۶	۰/۲۱۷	۲/۱۹۹
دمای نقطه شبنم	-۳/۹۰۰	۷/۵۸۰	۰/۱۷۵	/۷۵۴	۱/۲۴۵	۱۵/۵۹۳	۷/۴۱۸
حداکثر رطوبت نسبی	۳۵/۵۹۰	۸۳/۸۶۰	۴۷/۵۰۷	۱۴/۸۴۲	۲/۱۱۶	۰/۳۱۲	۲۲۰/۲۹۲
رعدوبرق	۰/۲۷۰	۱/۲۳۰	۰/۶۲۳	۰/۳۰۸	۰/۸۶۵	۰/۴۹۳	۰/۰۹۴

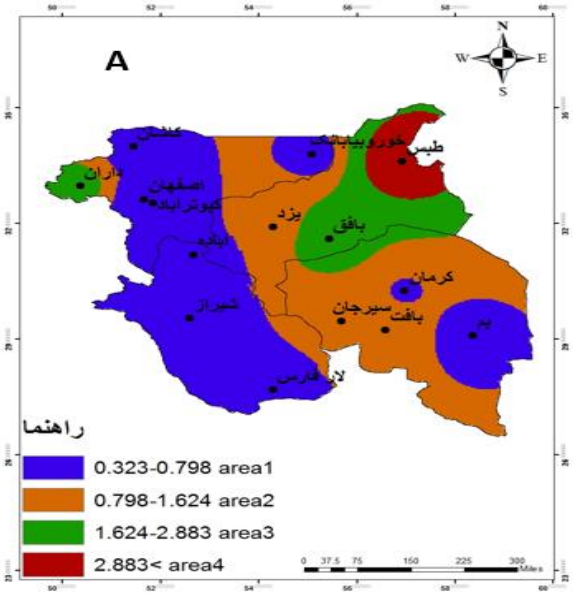


شکل ۶: تحلیل مکانی عامل سوم (رطوبت)

ناحیه گرم خشک و بیابانی (توفان تندری): عامل توفان تندری فقط حدود ۸/۸۰۸ درصد واریانس کل را تشکیل می‌دهد و در بین تمام عامل‌ها کم‌ترین اهمیت رادار است. بیش‌ترین درجه حاکمیت آن در محدوده ایستگاه‌های طبس، داران و بافق است و کم‌ترین درجه حاکمیت آن در محدوده ایستگاه کبوتر آباد، اصفهان، شیراز، آباده و خوروبیابانک به چشم می‌خورد.

جدول ۱۰: بعضی مشخصات توصیفی خرده نواحی اقلیمی «گرم و خشک و بیابانی» در عامل چهارم

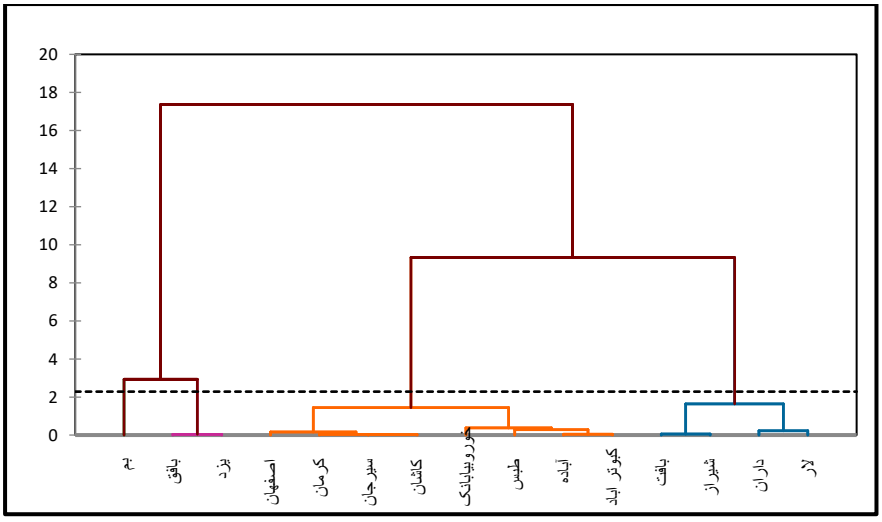
فرا سنج	میانگین حداقل	میانگین حداکثر	میانگین	انحراف معیار	چولگی	ضریب تغییرات	پراش
بارش	۴/۷۰۰	۳۳۱/۱۷۰	۱۳۷/۸۵۱	۹۷/۱۳۸	۰/۹۴۳	۰/۷۰۴	۹۴۳۵/۸۰۵
برف	۰/۰۰۰	۲/۴۲۰	۰/۳۶۹	۰/۵۹۴	۳/۳۰۶	۱/۶۰۹	۰/۳۵۳
میانگین سرعت باد	۰/۸۴۰	۳/۰۸۰	۲/۱۵۹	۰/۶۶۰	-۰/۳۰۱	۰/۳۰۵	۰/۴۳۵
کمینه دما	-۱/۱۸۰	۱۵/۸۵۰	۸/۰۴۶	۵/۳۷۶	-۰/۱۳۵	۰/۶۶۸	۲۸/۸۹۷
میانگین رطوبت نسبی	۵/۱۸۰	۴۷/۱۳۰	۱۳/۱۲۱	۱۳/۲۹۶	۲/۳۲۴	۱/۰۱۳	۱۷۶/۷۹۲
رعدوبرق	۰/۲۷۰	۱/۲۳۰	۰/۶۲۳	۰/۳۰۸	۰/۸۶۵	۰/۴۹۳	۰/۰۹۴
گردوخاک	۰/۱۶۰	۶/۱۲۰	۲/۷۷۱	۲/۱۷۱	۰/۴۴۶	۰/۷۸۳	۴/۷۱۴



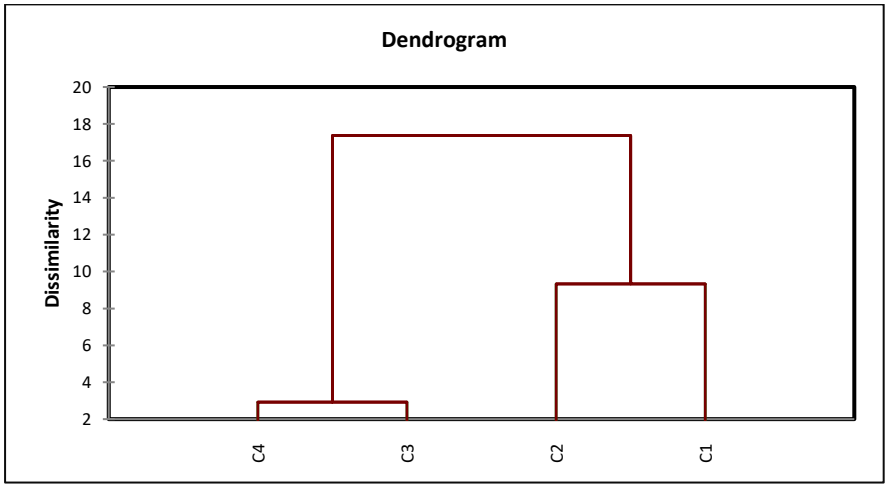
شکل ۷: تحلیل مکانی عامل چهارم (توفان تندری)

شـــکـل (۲)، نمودار درختی برای ۱۵ ایســتگاه ایران مرکزی که شـباهت‌های نســـبی بین متغیرها و همچنین گروه بیشـترین شـباهت‌ها را با گروه کم‌ترین شباهت‌ها را از هم نشان داده، در ستون عمودی ســـمـت چـپ ایســـتگـاه‌هـا (خوشـه‌ها) و در ستون افقی بالا فواصل بین خوشـه‌ها که بین صـفر تا ۱۷ اسـت را نشـــان می‌دهد. درواقع برای تعیین تعداد خوشـه‌ها از فواصـل بین خوشـه‌ها استفاده می‌شود. همان‌طور که در شکل (۲) مشخص‌شده در فواصل بین ۱۰ تا ۱۸ دو خوشه، فاصله ۵ تا ۹ سه خوشه و فاصـله ۲ تا ۴ چهار خوشـه به دسـت می‌آید.

الف) ناحیه اول، کوهستانی و سرد ایستگاه‌های نماینده: شیراز، بافت، لار فارس، داران فریدون، ب) ناحیه دوم، نیمه‌خشک و نسبتاً سرد ایستگاه‌های نماینده: سیرجان، اصفهان، کرمان، طبس، کبوتر آباد، خوروبیابانک، کاشان، ج) ناحیه سوم، نیمه‌خشک و گرم ایستگاه نماینده: بافق، یزد، د) ناحیه چهارم، گرم و خشک و بیابانی ایستگاه نماینده: بم



شکل ۸: دارنمای خرده نواحی اقلیمی منطقه موردمطالعه



شکل ۹: دارنمای چهار خرده نواحی اقلیمی تفکیک شده

جدول ۱۱: میانگین نمرات عاملی در خرده نواحی اقلیمی منطقه

ردیف	خرده نواحی اقلیمی	عامل بارش	عامل دما	عامل رطوبت	عامل توفان تندری
۱	کوهستانی و سرد	۷/۳۶	۳/۲۱	۲/۳۱	۱/۷۵
۲	نیمه‌خشک و نسبتاً سرد	۱/۶۵	۴/۷۲۸	۵/۰۷۵	۳/۷۱
۳	نیمه‌خشک و گرم	۰/۶۰۳	۰/۵۸۳	۰	۱/۱۹۴
۴	گرم خشک و بیابانی	۰	۰/۷۲۶	۰	۰/۰۷۱

نتیجه‌گیری

بررسی و شناخت نوع اقلیم یک منطقه و عناصر غالب مؤثر بر آن تعیین‌کننده اقلیم هر منطقه است. به‌طوری‌که تعیین نواحی اقلیمی یک منطقه مستلزم شناخت عوامل ناهمگن آب‌وهوا در طول زمان و مکان است. اقلیم ترکیبی از عناصر هوا در هر ناحیه است که معمولاً برای دوره‌ای از چند دهه اندازه‌گیری می‌شود بدین منظور با استفاده از روش‌های نوین آماری مانند تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای که نتایج قابل‌اطمینان‌تری نسبت به روش‌های سنتی دارند، پراکندگی عناصر اقلیمی در پهنه منطقه موردمطالعه ارزیابی قرار گرفت. پس از بررسی تحلیل عاملی بر روی ۱۵ عنصر اقلیمی، چهار عامل که بیشترین نقش را در خرده نواحی اقلیم منطقه داشتند، شناسایی‌شده و نقشه‌های مربوط به آن‌ها رسم شده و بررسی گردید. این عوامل به ترتیب اهمیت عبارت‌اند از: بارشی، دما، رطوبت و توفان تندری. در بین کلیه عوامل اقلیمی استخراجی، عامل بارشی با تبیین ۳۵/۰۸۱ درصد واریانس کل داده‌ها، مهم‌ترین نقش را در تعیین خرده نواحی اقلیمی منطقه داشته است. در کل این چهار عامل حدود ۸۶/۲۰۷ درصد رفتار اقلیمی را در منطقه ایران مرکزی توجیه نموده‌اند. بعدازاین مرحله، نقشه‌های تحلیل مکانی هر عامل تهیه شد و تأثیر این عوامل را در کل منطقه نشان داد. پس از شناسایی عامل‌ها و تعیین قلمروهای مکانی آن‌ها، درنهایت با روش خوشه‌بندی وارد اقدام به طبقه‌بندی ایستگاه‌های منطقه گردید. با توجه به نمودار درختی حاصله، چهار ناحیه اقلیمی تشخیص داده شد و خصوصیات هر ناحیه جداگانه بررسی گردید و میانگین هر یک از عوامل در خرده نواحی اقلیمی شناسایی‌شده به دست آورده شد.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی: این پژوهش هیچ کمک مالی از سازمان های تأمین مالی دریافت نکرده است.

تعارض منافع: طبق اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

برگرفته از پایان نامه/رساله: این مقاله برگرفته از پایان نامه/رساله نبوده است.

منابع

- امیر احمدی، ابوالقاسم؛ عباس‌نیا، محسن، (۱۳۸۹)، ناحیه بندی آب‌وهوایی استان اصفهان با استفاده از روش‌های نوین آماری، *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، شماره اول، صص ۶۸-۵۳
- جعفرپور، ابراهیم، (۱۳۷۷)، اقلیم‌شناسی، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران
- جعفری ندوشن، مهدی. (۱۳۹۱)، مطالعه تأثیر نمایه‌های اقلیمی بر تغییرات دما و بارش فصول سرد سال در ایران مرکزی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، گروه جغرافیا دانشگاه یزد
- جهان‌بخش، سعید؛ ابطحی، وحیده؛ قربانی، محمدعلی؛ معصومه، تدینی؛ والایی، اکرم. (۱۳۹۴)، بررسی توزیع زمانی و مکانی بارش شهرستان تبریز با روش تحلیل خوشه‌ای، پژوهشی فضایی جغرافیایی، شماره ۵۰، صص ۵۹ -۸۱
- علیجانی، بهلول. (۱۳۷۹)، اقلیم‌شناسی سینوپتیک، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران، ص ۱۳۵
- غیور، حسنعلی، منتظری، مجید؛ (۱۳۸۳)، پهنه‌بندی رژیم‌های دمایی ایران با مؤلفه‌های مبنا و تحلیل خوشه‌ای، مجله جغرافیا و توسعه، شماره پاییز و زمستان، صص ۲۲-۳۴
- کلاین، پاول. (۱۳۸۱)، راهنمای آسان تحلیل عاملی، ترجمه محمدولی علیای و سید محمد میر سندی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه امام حسین (ع).
- کوچکی، عوض؛ نصیری، مهدی؛ (۱۳۷۳)، اکولوژی گیاهان زراعی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد
- گل‌کارحمزیی‌یزد، حمیدرضا؛ رضایی‌نژاد، محمد؛ طاوسی، مجتبی. (۱۳۹۵)، پهنه‌بندی اقلیمی استان خراسان جنوبی با نرم‌افزار gis، نشریه حفاظت منابع آب‌وخاک، شماره اول، صص ۴۸-۵۷
- محمدخورشیددوست، علی؛ قویدل، یوسف. (۱۳۸۵)، آشکارسازی تغییرات بارش ماهانه ایستگاه اهر در ارتباط با للگوهای پیوند از دور، جغرافیایی سرزمین، شماره ۲۰، صص ۶۵ تا ۸۲
- مزیدی، احمد؛ شفیعی، شهاب؛ ابراهیمی، رضا. (۱۳۹۱)، تعیین نواحی اقلیمی استان‌های کردستان و همدان با استفاده از روش‌های آماری نوین و gis، اندیشه جغرافیایی، شماره ۱۲،

صص

- Ang_elica Walsh, Daniel C_ostola, Lucila Chebel Labaki, (2017), Review of methods for climatic zoning for building energy efficiency programs, Building and Environment 112 (2017) 337-350
- Arab Amiri, M and Saadi Mesgari, M. (2017), Modeling the Spatial and Temporal Variability of Precipitation in Northwest Iran, Journal of atmosphere, 8: 2-14
- Gocic, M and Trajkovic S, 2014. Spatio-temporal patterns of precipitation in Serbia. Theoretical and Applied Climatology 117(3-4): 419-431.
- Konstantin Verichev, Manuel Carpioc 2018, Climatic zoning for building construction in a temperate climate of Chile Sustainable Cities and Society Received 7 September 2017; Received in revised form 7 March 2018; Accepted 14 April 201840 352–364
- OthmanM, Ash'aari ZH and Mohamad ND, 2015. Long-term daily rainfall pattern recognition: Application of principal component analysis. Procedia Environmental Sciences 30: 127-132.
- Pansera WA, Gomes BM, Boas AV and Mello EL, 2013. Clustering rainfall stations aiming regional frequency analysis. Journal of Food, Agriculture & Environment 11(2): 877-885
- Paulo Miguel de Bodas Terassi and Emerson Galvani, Identification of Homogeneous Rainfall Regions in the Eastern Watersheds of the State of Paraná, Brazil, International Journal of Climate, (2017),5: 3-13
- Satyanarayana, P. and Sirnivas, V.V. 2011. Regionalization of precipitation in data sparse areas using large scale atmospheric variables – A fuzzy clustering approach. J. Hydrol. 405: 462-473.
- Yunus, Fariza(2011), ''Delineation of Climate Divisions for Peninsular Malaysia'', Geospatial World Forum, Dimensions and Directions of Geospatial Industry, Hyderabad, India