

Spatial analysis of climatic sub-regions in Central Iran using statistical techniques

Ali Mohammad Khorshidoost¹  | Saeid Jahanbakhsh asl¹  | Khalil Valizadeh Kamran²  | Farahnaz Khoramabadi³ 

1, Professor, Department of climatology, University of Tabriz

2, Associate Professor, Department of Remote Sensing, University of Tabriz

3, Student Masters Degrii Urban climate, University of Tabriz

Article Info:

Article type:

Research Article

history:

Received: 2021/12/3

Received: 2021/1/11

Accepted: 2022/3/6

Published: 2022/6/5

Keywords:

climatic sub-regions

factor analysis

cluster analysis

Central Iran

Abstract: Topographic features and various natural land covers are among the most crucial factors influencing the climate in any geographic region. Conversely, the climatic conditions of a specific area play a pivotal role in the distribution of humans, animals, and plants. Therefore, successful planning and activities in economic, agricultural, or industrial development fields necessitate a comprehensive understanding of the climatic characteristics. This study employs statistical methods, such as factor analysis and cluster analysis, to identify the climatic sub-regions of Central Iran, known for its diverse climatic features. Five climatic variables were selected from seven stations spanning three decades (1987-2016) to establish 15x15 km pixel grids using the Kriging interpolation method. Factor analysis with Varimax rotation and hierarchical cluster analysis were utilized to reduce data matrix dimensions and determine climatic sub-regions. The findings indicate that humidity, sunshine hours, precipitation, and cloudiness play a significant role in defining the four identified climatic sub-regions in Central Iran.

Cite this article: Khorshidoost, A. M., Jahanbakhsh asl, S., & Valizadeh Kamran, KH. (2022). Spatial analysis of climatic sub-regions in Central Iran using statistical techniques. *Climat Change and Climat Disasters*, 1(1), 39-59.

© The Author(s).

Homepage: cccd.znu.ac.ir

Publisher: University of Zanjan





واکاوی فضایی خرده نواحی اقلیمی در ایران مرکزی با استفاده از

تکنیک‌های آماری

علی محمد خورشید دوست ^۱ | سعید جهان بخش اصل ^۲ | خلیل ولیزاده کامران ^۳
فرحناز خرم‌آبادی ^۴

۱. استاد گروه آب‌وهواشناسی دانشگاه تبریز

۲. استاد گروه آب‌وهواشناسی دانشگاه تبریز

۳. دانشیار گروه سنجش از دور دانشگاه تبریز

۴. دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش آب‌وهواشناسی شهری دانشگاه تبریز

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۰/۹/۱۲

بازنگری: ۱۴۰۰/۱۰/۲۱

پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۵

انتشار: ۱۴۰۱/۳/۱۵

واژگان کلیدی:

خرده نواحی آب‌وهوایی

تحلیل عاملی

تحلیل خوشه‌ای

ایران مرکزی

چکیده: در این پژوهش، برای شناسایی خرده نواحی آب و هوایی این منطقه، از روش‌های آماری تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. بدین منظور ۵ متغیر آب‌وهوایی از ۷ ایستگاه هواشناسی ایران مرکزی در یک دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۷-۲۰۱۶) انتخاب شده است. به منظور کاهش ابعاد ماتریس داده‌ها از روش تحلیل عاملی با چرخش واریماکس (عمودی) و از روش تحلیل خوشه‌ای پایگانی به طریق وارد جهت تعیین خرده نواحی آب‌وهوایی استفاده شد. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که 75% واریانس خرده‌نواحی آب‌وهوای ایران مرکزی ساخته چهار عامل به ترتیب رطوبت، ساعات آفتابی، بارش و ابرناکی است با استفاده از تحلیل خوشه‌ای که بر روی متغیرهای مورد نظر، وجود چهار خرده نواحی آب‌وهوایی در ایران مرکزی مشخص شد.

استناد: خورشید دوست، علی محمد، جهان بخش اصل، سعید، ولیزاده کامران، خلیل و خرم‌آبادی، فرحناز. (۱۴۰۱). واکاوی فضایی خرده نواحی اقلیمی در ایران مرکزی با استفاده از تکنیک‌های آماری. دگرگونی ها و مخاطرات آب و هوایی، (۱۱)، ۳۹-۵۹

© نویسندگان .

ناشر: دانشگاه زنجان

Homepage: cccd.znu.ac.ir



مقدمه

کسب داده‌ها نیست. ابعاد سه گانه‌ی اصلی سیستم اقلیم، که معکب سیستم اقلیمی را تشکیل می‌دهند عبارت از: زمان، مکان و درجه تفکیک هستند (خورشید دوست و قویدل، ۱۷۵: ۱۳۸۳). بر این اساس عمده‌ترین مساله فراروی توسعه و پیشرفت استان‌های اصفهان، کرمان، یزد، شیراز و آبادیه واقع در ایران مرکزی وقوع خشکسالی‌های فراگیر و بحرانی شدن وضعیت منابع آب و به چالش کشیده شدن حیات طبیعی و انسانی در این مناطق است. آن چه امروزه در مدیریت خشکسالی به منظور حداقل رساندن اثرات سو آن مورد توجه است، انتقال مدیریت بحران به مدیریت ریسک به عنوان امری اجتناب ناپذیر است. امروزه با پیدایش فن‌آوری رایانه و پیشرفت علم آمار شرایط مناسب را برای افزایش مبانی اطلاعات در زمینه‌ی پهنه‌بندی اقلیمی فراهم کرده است. شمار تحقیقاتی که به کمک تحلیل‌های چند متغیره (طبقه-بندی آماری) انجام گرفته، در ادبیات اقلیم شناسی جهان بسیار زیاد است. در

تقسیم‌بندی‌های آب و هوایی و شناخت مهم‌ترین عوامل و عناصر تاثیر گذار بر هر ناحیه یکی از راه‌های شناخت شناسنامه‌ی اقلیمی نواحی است. آب و هوای هر ناحیه مرکب از کلیه‌ی عوامل و عناصر آب و هوایی آن ناحیه است و هنگام تقسیم‌بندی باید همه‌ی آن عوامل و عناصر در نظر گرفته شود. تمام پدیده‌های روی زمین که در زندگی انسان موثر هستند، در قلمرو مطالعه و تحقیق جغرافیا قرار می‌گیرند، آب و هوا یکی از مهم‌ترین و موثرترین این پدیده‌ها در زندگی انسان است. بشر امروز جهت توسعه‌ی مراکز شهری و صنعتی، افزایش منابع غذایی نیازمند افزایش اطاعات خود در زمینه‌ی متفاوتی اقلیمی است (سلیقه و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۰۲). به طوری که تعیین نواحی اقلیمی مستلزم شناخت عواملی ناهمگنی آب و هوا در طول زمان و مکان می‌باشد فقدان اطلاع از خرده اقلیم‌های نواحی، برنامه‌ریزی‌های اقتصادی و کشاورزی انسان را با شکست مواجه می‌سازد (زابل عباسی و همکاران، ۱۳۸۳: ۱۹). بنابراین اقلیم، چند بعدی (برداری) است و تنها منبع

به ناحیه‌بندی ژریم بارشی در کشور چین پرداخت. و از بین روش‌های مختلفی که برای ارزیابی موجود، روش EOF با چرخش متعامد (ازانواع روهای تحلیل عاملی) و حداکثر بارگذاری استفاده و نهایت ۱۳ منطقه بار مداوم تا حدی زیاد به هم پیوسته شد. بررسی‌ها نشان داد که ناحیه‌بندی بارش بستگی به توزیع زمانی و مکانی داده‌های بارش دارد. ژنگ^۵ و همکاران، (۲۰۱۰)، به کمک داده‌های روزانه متغیرهای اقلیمی منتخب از ۶۰۹ ایستگاه هواسنجی کشور چین طی دروه ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰ این کشور را به ۱۲ ناحیه دمایی، ۲۴ ناحیه رطوبتی و ۵۶ زیرناحیه اقلیمی تفکیک نمودند. هیس^۶ و همکاران، (۲۰۱۰) با بهره‌گیری از روش‌های زمین آماری ثو تحلیل عاملی و خوشه‌ای نشان دادند که سه عامل نواحی اطراف رودخانه پیرل خلیج لینگ‌دینگ‌یانگ در جنوب چین را به خوبی ناحیه‌بندی کرده است. یونس^۷، (۲۰۱۱) جهت طبقه‌بندی آب و هوایی شبه جزیره مالزی از تحلیل عاملی و روش خوشه‌ای

چند دهه اخیر، پیندا^۱ و همکاران (۲۰۰۷)، با اعمال تحلیل مولفه اصلی بر روی داده‌های دما و بارش ماهانه (دوره ۳۰ ساله) در ۱۷۳ ایستگاه هواشناسی، قلمروهای اقلیمی بخش‌های مرکزی و شمال شرقی این کشور را منطبق بر ویژگی‌های توپوگرافی و پوشش گیاهی ارائه دادند و با استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، قلمروهای زیست اقلیمی مختلف مبتنی بر پوشش گیاهی هر ناحیه اقلیمی را تشریح نمودند. فیلیپ^۲ (۲۰۰۸)، الگوهای رزانه دما و فشار را در سطح اروپا مورد مطالعه قرار داد. بر اساس روش خوشه‌بندی این الگوها را به صورت ماهانه طبقه‌بندی کرده است. بورلاند^۳ و همکاران (۲۰۰۸)، برای شناسایی نواحی و رژیم‌های باد در کورسیکای فرانسه از اندازه‌گیری‌های سه ساله‌ی سرعت باد در ۱۱ ایستگاه محلی در محیط جزیره استفاده نمودند. ایشان برای انجام این تحقیق از روش تحلیل خوشه‌ای بهره گرفته و سه ناحیه‌ی مجزا را شناسایی نمودند. لی^۴ و همکاران، (۲۰۰۹)، در پژوهشی

5. Zheng et al

6. Heise et al

7. Yunus

1. Pineda

2. Philip

3. Burlando et al

4. Lee et al et al

می‌کند. لیگ^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۷) برای ارزیابی شاخص‌های آب و هوایی کشورهای بالتیک (استونی، لتونی، لیتوانی) از تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA)^{۱۲} در بازه زمانی (۱۹۹۰-۱۹۶۱) استفاده کرد. وی نشان داد متغیرهای آب‌وهوایی مورد نظر حدود ۹۲٪ درصد رفتار اقلیمی در کشورهای بالتیک را تبیین می‌کند. کنستانتین و کارپو^{۱۳} (۲۰۱۸)، به مطالعه ناحیه‌بندی اقلیمی و ساخت‌ساز در ایجاد آب و هوای معتدل شیلی پرداختند. ایشان سه منطقه خرده نواحی برای مناطق شیلی شناسایی کرد.

همگام با تلاش‌های جهانی در زمینه‌ی پهنه‌بندی اقلیمی در ایران نیز پژوهش‌ها پیگیری شده که از آن جمله به این موارد می‌توان اشاره نمود: منتظری^{۱۳} (۱۳۹۴)، به مطالعه نقش ناهمواری‌ها در شکل‌گیری خرده نواحی اقلیمی استان کهگیلویه و بویر احمد پرداخت. وی به منظور شناسایی خرده نواحی از داده‌های متوسط سالانه ۳۶ عنصر اقلیمی مربوط به ۱۵ ایستگاه همدید در داخل و اطراف استان

استفاده کرد نتایج تاثیر بسیار مناسب این روش‌ها بر روی طبقه‌بندی اقلیمی صورت گرفته است. براو کابرا^۸ و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از داده‌های بارش ۳۵ تا ۴۰ سال برای ۳۴۹ ایستگاه مکزیکی به روش تحلیل خوشه-ای سلسله مراتبی دو گروه بارشی را برای مکزیکی شناسایی کرده‌اند. پائول و امرسون^۹ (۲۰۱۷) به مطالعه شناسایی مناطق بارش همگن در حوضه‌ای آبخیز شرقی ایالت پارانا در بزریل از طریق خوشه‌بندی سلسله مراتبی وارد پرداخت. وی از داده‌های بارش ۵۴ ایستگاه تابلویی که در دوره‌ی آماری (۲۰۱۵-۱۹۷۹) استفاده کرد. ولش^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۷)، به پهنه بندی آب-وهوای انرژی ساختمان‌های ۵۴ کشور، به روش منطقه‌بندی اقلیدسی برای ساخت برنامه‌های بهره‌وری انرژی پرداخت. وی نشان داد از بین متغیرهای مورد نظر دما بر روی درجه روز، ارتفاع بر روی رطوبت نسبی نیز، بیشترین تاثیر در بهره‌وری انرژی ساختمان دارد. با این حال متغیرهای نام‌برده حدود ۸۰ درصد رفتار انرژی ساختمان‌ها را تبیین

11. Liga et al

12. principal component analysis

13. K. Veriche & Carpio

8. Bravo Cabrera

9. Paulo and Emerson

10. Walsh al et

اقلیمی ایران مرکزی، از اهداف اصلی این پژوهش تلقی می‌گردد.

۲- داده ها و روش ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

مختصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه بین عرض-های جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۳ درجه ۵۹ دقیقه و مدار ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۵ دقیقه می‌باشد. برای بررسی «واکاوای فضایی خرده نواحی اقلیمی ر ایران مرکزی با استفاده از تکنیک‌های آماری» از داده‌های روزانه با دوره آماری مشترک (۱۹۸۷-۲۰۱۶)، ایستگاه‌های آباده، اصفهان، خور و بیابانک، کاشان، کرمان، یزد، فارس و شیراز استفاده گردید.

۲-۲- داده ها

در این پژوهش با استفاده از روش‌های نوین آماری سیستم اطلاعات جغرافیایی، طبقه‌بندی اقلیمی برای ایران انجام شده است. براین اساس با استفاده از نرم‌افزارهای EXCEL، ARC GIS، Minitab و XLSTAT اقدام به طبقه‌بندی عناصر اقلیمی در سطح ایران مرکزی شد. در این پژوهش پس از تهیه داده‌های ایستگاه‌های منتخب همدیدی ایران

کهگیلویه و بویراحمد استفاده کرد. در پژوهشی گل‌کار و همکاران (۱۳۹۵)، به پهنه‌بندی اقلیمی استان خراسان جنوبی پرداخت. ایشان که با استفاده از تحلیل عاملی و خوشه‌بندی استان خراسان جنوبی به ۶ پهنه اقلیمی متفاوت تقسیم کرد. بررسی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که در مناطق مختلف جهان و ایران طبقه‌بندی‌های آب و هوایی و بررسی ویژگی‌های عناصر آن مورد توجه محققان قرار داشته و روش‌های مختلفی در این مطالعات استفاده شده است. با توجه به ضرورت تعیین شرایط آب و هوایی هر منطقه‌ای با استفاده از حداکثر عناصر و عوامل آب و هوایی، و این که تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای یکی از روش‌هایی است که در آن می‌توان حداکثر مولفه‌های آب و هوایی را در تعیین شرایط آب و هوایی دخیل داد. با توجه به ویژگی لانه‌گزینی اقلیم، ضرورت شناخت خرده نواحی اقلیمی که در دل نواحی اقلیمی کلان وجود داشته ولی در مقیاس‌های مطالعاتی کلان به چشم نمی‌آیند، مشخص می‌گردد. تفکیک مکانی و شناسایی ویژگی‌های خرده نواحی

مرکزی از سازمان هواشناسی کشور ۵ متغیر اقلیمی از ۷ ایستگاه سینوپتیک طی بازه زمانی بین ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶ انتخاب شد. به این که هدف از این تحقیق ناحیه بندی آب و هوایی برای ایران مرکزی براساس ارتفاعات بود از یک لایه رقومی ارتفاع (DEM) با توان تفکیک ۹۰ متری نیز استفاده گردید.

۲-۳- روش ها

در ادامه برای ناحیه بندی، یک رابطه رگرسیونی بین پارامترها اقلیمی و ارتفاع گرفته و اقدام به پهنه بندی آن شد. برای اینکه خرده نواحی آب و هوایی مشخص گردد. داده های رستری حاصل از پهنه بندی به نقطه تبدیل شدند. و براساس روش تحلیل مولفه های اصلی، عوامل حاکم بر اقلیم ایران مرکزی شناسایی شدند. در این تحقیق سعی شد تا توان تفکیک هر یک از پیکسل ها ۱۵×۱۵ کیلومتر انتخاب شوند که باعث شدند تا یک ماتریس ۹×۹۵۸×۱۰ تهیه گردد. در نهایت با انتقال این ماتریس به نرم افزار XLSTAT، به خوشه بندی به روش وارد اقدام گردید. تحلیل عاملی از تعدادی فنون آماری ترکیب شده و هدف آن ساده کردن مجموعه ها پیچیده داده هاست (کلاین، ۱۳۸۰: ۷). تحلیل عاملی منجر به شناسایی

گروهی از مدهای تجربی که هریک نماینده- ی یک الگوی زمانی-مکانی هستند می- گردد. به علاوه این روش راهی است برای کاهش حجم داده ها و تبدیل متغیرهای اولیه به چند عامل محدود که بتواند بیشترین پراش متغیرهای اولیه را توضیح دهد. نکته دیگری که در تحلیل عاملی باید توجه داشت آزمون مناسب بودن داده ها برای انجام تحلیل عاملی می باشد. مقدار آماره KMO^{14} با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود. (فرشادفر: ۱۳۸۴: ۳۸۵):

$$KMO = \frac{\sum_i \sum_j r_{ij}^2}{\sum_i \sum_j r_{ij}^2 + \sum_i \sum_j q_{ij}^2}$$

در این فرمول r_{ij}^2 مجذور ضریب همبستگی ساده پیرسون بین دو متغیر X_i و X_j می باشد، q_{ij}^2 مجذور ضریب همبستگی جزئی یا خالص بین X_i و X_j است. مقدار بالای ۰/۶ این آماره حاکی از مناسب بودن تحلیل می باشد. روش تحلیل خوشه ای از روش های آماری است که در قلمرو روش- های چند متغیره قرار می گیرد. علت چنین نام گذاری به تحلیل آن بر روی داده های مربوط می شود که بیش تر از یک نوع اندازه- گیری یا متغیر در آن وجود دارد) محمد خورشیددوست و بیورانی، ۱۳۹۰: ۲۸۹). به منظور تعیین مقدار گروه ها، ابتدا استفاده از ماتریس امتیازات عاملی که میزان

متغیری اقلیمی ایستگاه‌ها می‌باشد. مقرر شد عامل‌هایی که بیش از ۵ درصد از واریانس (تغییرات) را تبیین می‌کنند انتخاب شوند و ابتدا یک تحلیل بدون چرخش بر ماتریس اعمال شد و مشخص گردید که چهار عامل بیش از ۷۵ درصد از واریانس را تبیین می‌کنند و همچنین شاخص KMO برابر ۰/۹۴۵ به دست آمد که نشان می‌داد عامل‌ها می‌توانند نماینده شایسته‌ای از متغیرها باشند. جدول (۲) آزمون کروی بودن بارتلت کفایت و بسندگی ماتریس همبستگی را مورد آزمون قرار می‌دهد. این آزمون مقدار ۶۰۸۵۹۲/۸۸۲ و سطح معنی‌داری متناظر کوچکتر از ۰/۰۰۱ را فراهم کرد؛ بنابراین، این فرضیه که ماتریس همبستگی، یک ماتریس واحد است، رد می‌شود؛ یعنی، ماتریس همبستگی دارای همبستگی‌های معنی‌داری حداقل در بین چند متغیر است.

تاثیر هر یک از عوامل را در هر مکان نشان می‌دهد. ابتدا تحلیل خرده‌نواحی آب‌وهوایی ایران مرکزی با روش خوشه‌بندی در ۴ مرحله انجام گرفت، عبارتند از: (۱) تهیه ماتریس خام داده‌ها (۲) تعیین نمره عالی هر ایستگاه با استفاده از تحلیل عاملی (۳) ادغام گروه‌ها به روش کم‌ترین واریانس (وارد) و تعیین گروه‌بندی نهایی (۴) ترسیم دندوگرام که حاصل ادغام گروه‌ها در چندین مرحله است. سپس با روش k میانگین تعداد خوشه‌ها تعیین و سپس با استفاده از تجزیه خوشه‌ای پایگانی (وارد) اقدام به گروه‌بندی محدوده ایران مرکزی شد.

۳- یافته‌ها و نتایج

ابتدا یک ماتریس از نمرات استاندارد به ابعاد ۳۵*۱۰۹۵۸ با ارایش تشکیل شد. در اینجا ۱۰۹۵۸ تعداد ردیف‌های ماتریس می‌باشد، که هر ردیف شامل (روز) می‌باشد. ۳۵ تعداد ستون‌های ماتریس که هرستون شامل

جدول ۲- آماره بارتلت و شاخص کیزر

شاخص کفایت نمونه‌گیری (KMO)	۰/۹۴۵
آزمون بارتلت	۶۰۸۵۹۲/۸۸۲
درجه آزادی (df)	۵۹۵
سطح معنی‌داری	۰/۰۰۰

واریانس کل توجیه شده توسط هر عامل و درصد تراکمی واریانس کل توجیه شده توسط عامل‌ها را نشان می‌دهد.

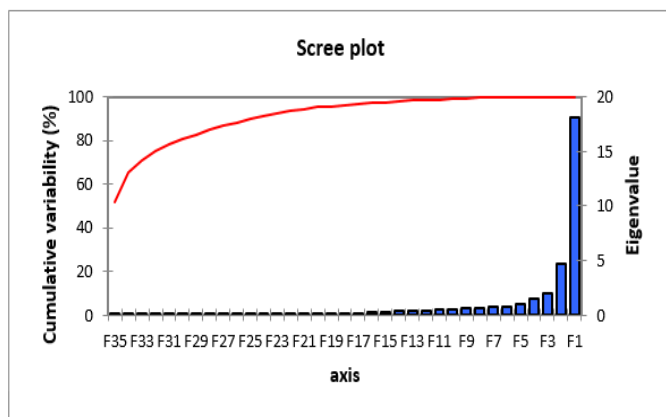
جدول (۳) بخش واریانس کل تبیین شده، تعداد عامل‌های مشترک استخراج شده، ویژه مقدار همراه با عامل‌ها، درصد

با توجه به آنکه میزان همبستگی یافته-ها و ارتباط درونی متغیرها چنان که در حول یک عامل تجمع پیدا کنند، به-صورت ارتباط مثبت و بالعکس بصورت ارتباط منفی متجلی می‌گردد؛ لذا براین اساس نیز می‌توان عامل‌ها را نیز نام-گذاری نمود. در ادامه نقشه تغییرپذیری فضایی امتیازات تک تک عامل‌ها ترسیم و مورد بررسی قرار می‌گیرد.

عامل اول با ویژه مقدار ۱۸/۰۴۳ به تنهایی بیش از ۵۱۶٪ درصد از واریانس اقلیم ایران مرکزی توجیه کرده است. به همین ترتیب مقادیر ویژه عامل‌های دوم، سوم و چهارم برابر با ۴/۷۱۹، ۲/۰۵۵ و ۱/۵۳۰ می‌باشند که در مجموع بیش از ۷۵۴٪ درصد از تغییرات اقلیم منطقه را می‌توان با این چهار عامل تبیین کرد.

جدول ۳- ویژه مقدار و درصد واریانس توجیه شده در آنالیز تحلیل عاملی در دوره آماری

FCR4	FCR3	FCR2	FCR1	توضیحات
۱/۵۳۰	۲/۰۵۵	۴/۷۱۹	۱۸/۰۴۳	ویژه مقدار ۱۵
۰/۰۴۴	۰/۰۵۹	۰/۱۳۵	۰/۵۱۶	درصد واریانس
۰/۷۵۴	۰/۷۱	۰/۶۵۱	۰/۵۱۶	درصد تراکمی واریانس



شکل ۱- نمودار سنگریز ممتد مقادیر ویژه مربوط به تحلیل عاملی

عامل اول با عوامل بارش، رطوبت نسبی و منفی دارد. به همین خاطر این عامل را عامل ابرناکی رابطه مثبت و با فراسنج‌هایی از قبیل ساعات آفتابی و دما که اثر رطوبت نسبی، ابرناکی و بارش را تضعیف می‌کنند همبستگی نام‌گذاری می‌شود.

جدول ۴- بار مولفه‌های اصلی بر روی عناصر اقلیمی در ایستگاه‌های منتخب ایران مرکزی

متغیرهای اقلیمی	F1	F2	F3	F4	متغیرهای اقلیمی	F1	F2	F3	F4
دمای اصفهان	-۰/۰۴۵	-۰/۱۱۴	۰/۰۳۴	-۰/۰۰۸	بارش اصفهان	۰/۰۱۹	-۰/۰۶۳	۰/۱۸۱	۰/۱۵۵
ساعات آفتابی اصفهان	-۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۱۲۲	-۰/۰۸۹	رطوبت نسبی اصفهان	۰/۰۴۸	۰/۰۳۳	۰/۰۲۷	۰/۰۶۴
ابرناکی اصفهان	۰/۰۳۷	-۰/۱۱۰	-۰/۱۳۷	۰/۰۹۳	میانگین دما آباده	-۰/۰۴۴	-۰/۱۱۷	۰/۰۲۶	۰/۰۰۹
بارش آباده	۰/۰۱۸	-۰/۰۵۹	۰/۲۶۳	-۰/۰۴۳	بارش شیراز	۰/۰۲۵	-۰/۰۵۸	۰/۲۰۸	-۰/۱۹۰
بارش کاشان	۰/۰۱۹	-۰/۰۴۷	۰/۱۵۳	۰/۳۱۲	بارش خورویپابانک	۰/۰۱۵	-۰/۰۳۱	۰/۲۳۵	۰/۲۶۵
ساعات آفتابی آباده	-۰/۰۴۲	۰/۰۷۶	۰/۰۹۵	۰/۰۷۱	رطوبت نسبی آباده	۰/۰۴۹	۰/۰۲۱	۰/۰۵۳	-۰/۰۵۹
ابرناکی آباده	۰/۰۳۶	-۰/۱۲۴	-۰/۱۱۱	-۰/۰۷۵	دما خورویپابانک	۰/۰۴۴	-۰/۱۱۷	۰/۰۲۸	-۰/۰۱۶
ساعات آفتابی خورویپابانک	-۰/۰۴۲	۰/۰۳۹	۰/۰۲۸	-۰/۱۱۶	رطوبت نسبی خورویپابانک	۰/۰۴۳	۰/۰۵۹	۰/۰۹۷	۰/۰۹۵
ابرناکی خورویپابانک	۰/۰۴۱	-۰/۰۹۱	-۰/۰۵۷	۰/۱۲۱	دمای شیراز	-۰/۰۴۵	-۰/۱۰۹	۰/۰۴۱	۰/۰۱۷

ادامه جدول ۴- بار مولفه‌های اصلی بر روی عناصر اقلیمی در ایستگاه‌های منتخب ایران مرکزی

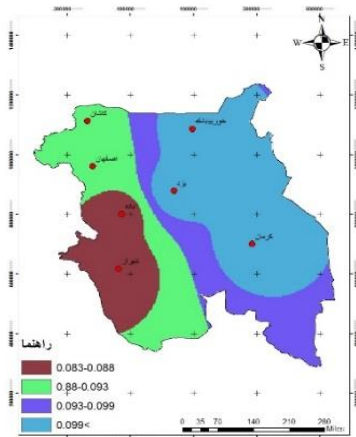
ساعات آفتابی شیراز	۰/۰۴۳	۰/۰۵۴	۰/۰۴۳	۰/۱۸۲	رطوبت نسبی شیراز	۰/۰۴۸	۰/۰۲۵	۰/۰۲۹	۰/۱۲۸
ابرناسی شیراز	۰/۰۳۶	۰/۰۹۹	۰/۰۷۷	۰/۱۷۴	دمای کاشان	۰/۰۴۶	۰/۱۰۷	۰/۰۳۷	۰/۰۲۰
ساعات آفتابی کاشان	۰/۰۴۳	۰/۰۴۴	۰/۱۱۶	۰/۱۹۰	رطوبت نسبی کاشان	۰/۰۴۷	۰/۰۴۳	۰/۰۲۲	۰/۱۱۹
ابرناسی کاشان	۰/۰۳۸	۰/۰۸۹	۰/۱۱۴	۰/۱۹۵	دمای کرمان	۰/۰۴۲	۰/۱۲۴	۰/۰۴۲	۰/۰۱۷
بارش کرمان	۰/۰۱۹	۰/۰۲۸	۰/۲۰۲	۰/۲۵۷	ساعات آفتابی کرمان	۰/۰۴۲	۰/۰۳۶	۰/۰۴۹	۰/۱۹۹
رطوبت نسبی کرمان	۰/۰۴۴	۰/۰۴۸	۰/۰۹۷	۰/۱۶۰	دمای یزد	۰/۰۴۵	۰/۱۱۸	۰/۰۲۶	۰/۰۱۱
بارش یزد	۰/۰۱۹	۰/۰۴۴	۰/۲۷۷	۰/۰۸۹	ساعات آفتابی یزد	۰/۰۴۷	۰/۰۵۶	۰/۰۳۷	۰/۰۱۵
رطوبت نسبی یزد	۰/۰۴۷	۰/۰۴۴	۰/۱۰۱	۰/۰۴۲	ابرناسی یزد	۰/۰۴۱	۰/۱۱۰	۰/۰۷۸	۰/۰۰۸

دارد. به همین دلیل عامل دوم را می-توان عامل ساعات آفتابی نام‌گذاری کرد.

عامل سوم که بیش از ۲/۲۴ درصد از واریانس کل را توجیه می‌کند. این عامل با متغیرهای رطوبت نسبی، بارش،

عامل دوم بیش از ۰/۵۸۶ درصد از واریانس کل را تبیین می‌کند. این عامل با متغیرهای مربوط به ساعات آفتابی و رطوبت نسبی همبستگی مثبت و با متغیرهای تضعیف کننده آن از قبیل بارش، دما و ابرناکی همبستگی منفی

درک بهتر شرایط اقلیمی منطقه با استفاده از یک روش گرسیونی وزنی بر مبنای مدل رقومی ارتفاع (DEM) برای تعمیم نتایج و معادلات حاصل از این روش در جدول (۵) آورده شده است. جهت استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای به منظور ناحیه‌بندی اقلیمی ایران مرکزی، برای ایستگاه‌های منتخب آمار سالانه میانگین رطوبت نسبی، ابرناکی، دما، بارش و ساعات آفتابی انتخاب شدند. با توجه به ستون‌ها که داده‌ها عناصر اقلیمی استاندارد شده و سطرها که نقاط گره‌گاه‌ها را تشکیل داده‌اند، به طور جداگانه هر یک از پارامتر اقلیمی ماتریسی با ابعاد 7×30 برای تحلیل خوشه‌ای مورد استفاده قرار گرفته است.

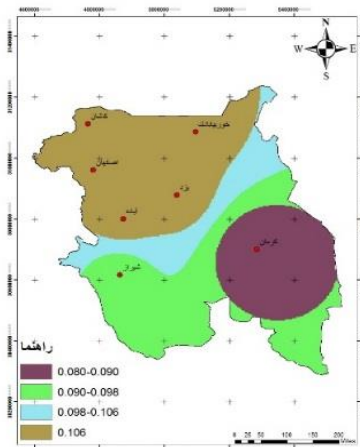


شکل ۳- پراکندگی فضایی امتیازات عاملی ساعات آفتابی

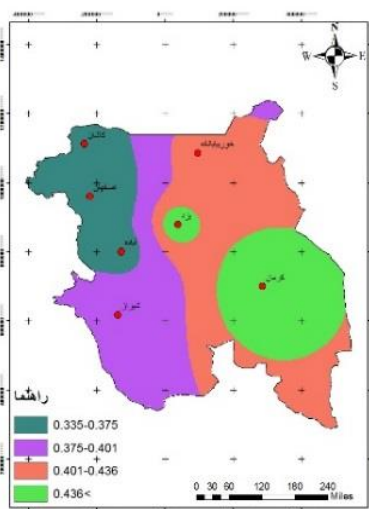
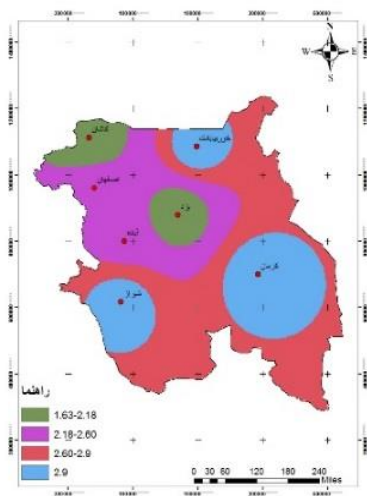
ساعات آفتابی و دما همبستگی مثبت و با متغیر ابرناکی همبستگی منفی دارد. عامل بارش به عنوان نماینده عامل سوم در نظر گرفته می‌شود.

عامل چهارم بیش از ۲/۰۶ درصد از واریانس کل را تبیین می‌کند. این عامل با متغیرهای مربوط به رطوبت نسبی و ابرناکی همبستگی مثبت و با متغیرساعات آفتابی، بارش و دما تضعیف‌کننده همبستگی منفی دارد. به همین علت عامل چهارم را می‌توان عامل ابرناکی نامید.

همان‌طور که اشاره شد، در این تحقیق از ۵ متغیر آب و هوایی جهت تعیین نواحی و خرده اقلیمی در ایران مرکزی استفاده شده است. بدین منظور و برای



شکل ۲- پراکندگی فضایی امتیازات عاملی رطوبت



شکل ۵- پراکندگی فضایی امتیازات عاملی ابرناکی

شکل ۴- پراکندگی فضایی امتیازات عاملی بارش

جدول ۵- مدل رگرسیونی وزنی برای تبیین متغیرهای اقلیمی با ناهماری در ایران مرکزی

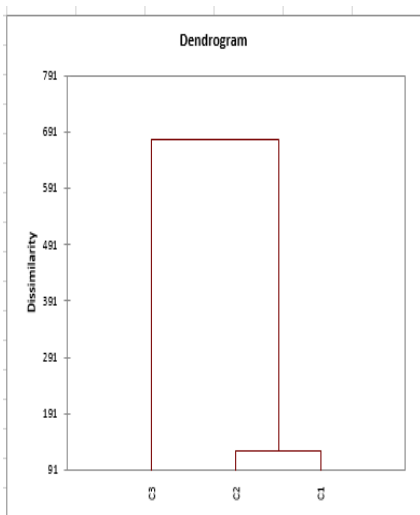
ردیف	متغیر اقلیمی	معادله رابطه مدل رگرسیونی وزنی
۱	ابرناکی کرمان	$۲/۱۲۰ - ۰/۰۰۰۲۸۱(H)$
۲	ساعات آفتابی کاشان	$۶/۷۷۱ + ۰/۰۰۰۷۸۸(H)$
۳	دمای خورویبایانک	$۱۳/۹۱ + ۰/۰۰۴۷۸۹(H)$
۴	بارش خورویبایانک	$-۰/۱۷۱ + ۰/۰۰۰۳۹۹(H)$
۵	رطوبت نسبی یزد	$۳۵/۴۴ - ۰/۰۰۱۸۶(H)$

جدول ۶- امتیازات فضایی عاملی در سه خرده نواحی دما شناسایی شده در ایران مرکزی

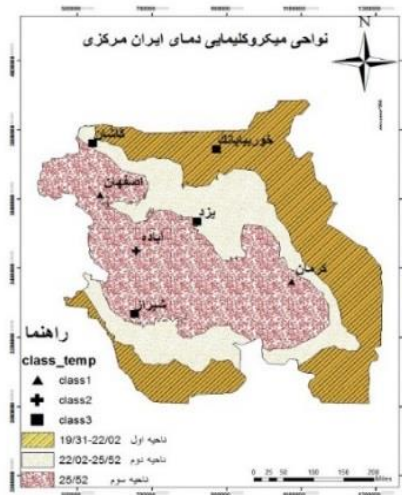
نوع اقلیمی	عامل رطوبت	عامل ساعات آفتابی	عامل بارش	عامل ابرناکی
دما کم	-۰/۰۸۷	-۰/۰۱	۰/۰۷۶	-۰/۰۰۹
دما متوسط	-۰/۰۴۴	-۰/۱۱۷	۰/۰۲۶	۰/۰۰۹
دما زیاد	-۰/۰۹۲	-۰/۴۵۱	۰/۱۳۲	-۰/۰۳

با توجه به دارنمای (نمودار خوشه‌ای) حاصله و محل قطع خوشه‌ها و با توجه به فاصله آن‌ها گروه‌های متفاوتی برای هریک پارامتر مورد نظر تشخیص داده شده است. نام‌گذاری پهنه‌های خرده نواحی براساس خوشه‌های دارنمای هریک پارامترهای مورد نظر صورت

گرفته است و همچنین امتیازات عاملی در هریک پهنه‌های خرده نواحی به طور کامل مشخص شده است زیرا امتیازات عاملی نشان می‌دهد که کدام یک عوامل در هر از پهنه خرده نواحی نمود بیشتری دارد.



شکل ۷- دارنمای ۳ ناحیه دمایی تفکیک شده سالانه



شکل ۶- نمونه‌ای از رابطه رگرسیونی بر روی پارامتر دما

جدول ۷- امتیازات فضایی عاملی در چهار خرده نواحی ساعات آفتابی شناسایی شده

عامل	عامل	عامل ساعات	عامل	نوع اقلیمی
ابرنمایی	بارش	آفتابی	رطوبت	
-۰/۰۹۷	۰/۱۵۹	۰/۱۰۱	-۰/۰۹۲	ساعات آفتابی کم
-۰/۰۴۵	۰/۱۲۳	۰/۱۰۴	-۰/۰۸۴	ساعات آفتابی متوسط
۰/۱۸۲	۰/۰۲۹	۰/۰۵۴	-۰/۰۴۳	ساعات آفتابی نسبتاً زیاد
۰/۰۱۵	۰/۰۳۷	۰/۰۴۴	-۰/۰۴۴	ساعات آفتابی زیاد

جدول ۸- امتیازات فضایی عاملی در چهار خرده نواحی بارش شناسایی شده

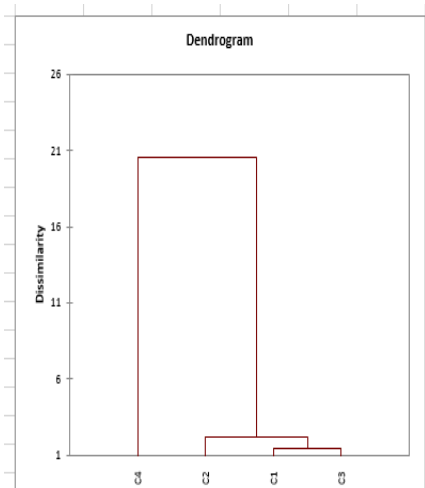
نوع اقلیمی	عامل رطوبت	عامل ساعات آفتابی	عامل بارش	عامل ابرناکی
بارش کم	۰/۰۳۴	-۰/۳۵۲	۰/۵۱۲	۰/۳۵۴
بارش متوسط	۰/۰۲۵	-۰/۲۷۵	۰/۲۰۸	-۰/۱۹۰
بارش نسبتاً زیاد	۰/۰۵۷	-۰/۶۲۵	۰/۵۳۶	-۰/۵۵۶
بارش زیاد	۰/۰۱۸	-۰/۲۷۷	۰/۲۶۳	۰/۰۰۹

جدول ۹- امتیازات فضایی عاملی در سه خرده نواحی ابرناکی شناسایی شده در ایران مرکزی

نوع اقلیمی	عامل رطوبت	عامل ساعات آفتابی	عامل بارش	عامل ابرناکی
ابرناکی کم	۰/۰۷۹	-۰/۱۹۹	۰/۱۹۲	۰/۱۸۷
ابرناکی متوسط	۰/۰۷۴	-۰/۰۹۹	۰/۰۷۷	-۰/۱۷۴
ابرناکی زیاد	۰/۱۱۴	۰/۳۲۵	-۰/۱۵۱	۰/۱۳۹

جدول ۱۰- امتیازات فضایی عاملی در سه خرده نواحی رطوبت نسبی شناسایی شده

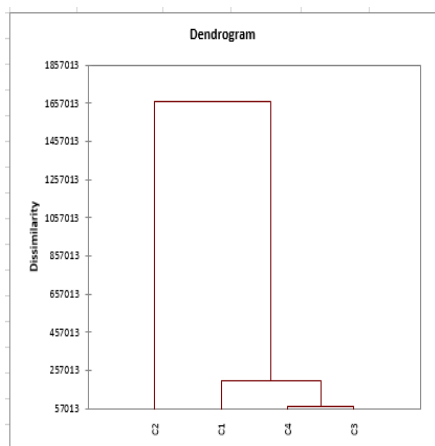
نوع اقلیمی	عامل رطوبت	عامل ساعات آفتابی	عامل بارش	عامل ابرناکی
رطوبت نسبی کم	۰/۰۴۷	۰/۰۴۴	۰/۱۰۱	۰/۰۴۲
رطوبت نسبی نسبتاً متوسط	۰/۱۸۴	۰/۱۶۱	۰/۳۱۸	-۰/۰۶
رطوبت نسبی زیاد	۰/۰۹۱	۰/۰۶۸	۰/۰۵۱	۰/۱۴۸



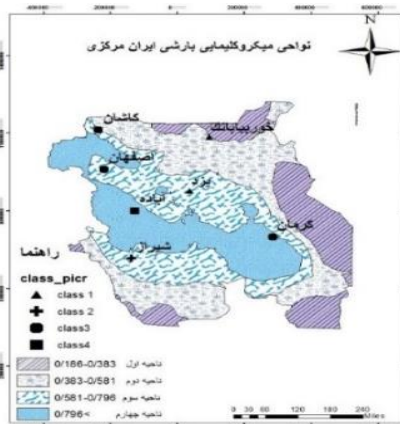
شکل ۹- دارنمای ۴ ناحیه ساعات آفتابی سالانه



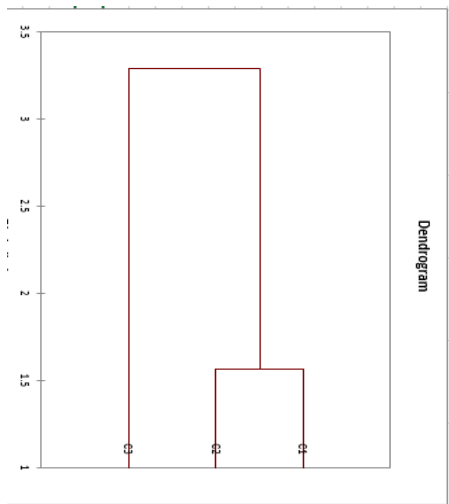
شکل ۸- نمونه‌ای از رابطه رگرسیونی بر روی پارامتر ساعات آفتابی



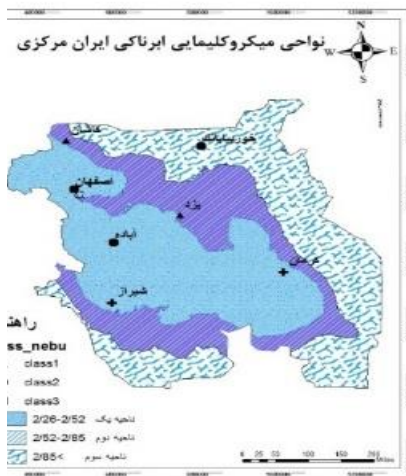
شکل ۱۱- دارنمای ۴ ناحیه بارش سالانه



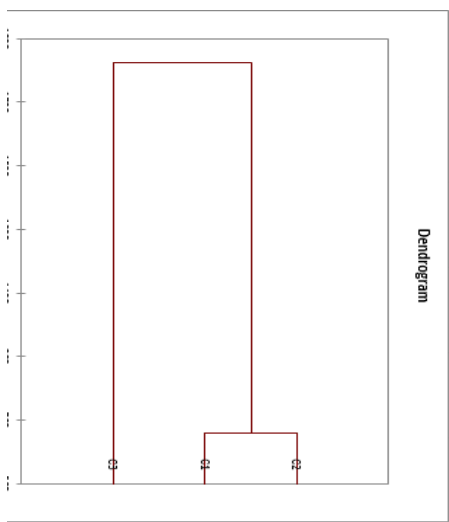
شکل ۱۰- نمونه‌ای از رابطه رگرسیونی بر روی پارامتر بارش



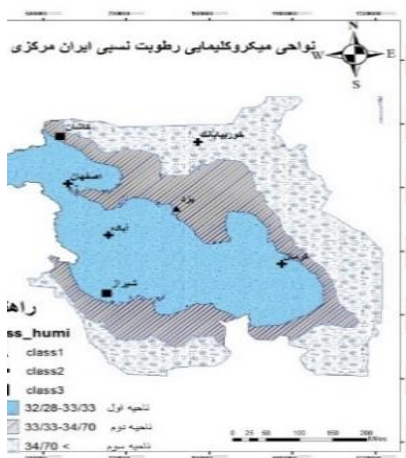
شکل ۱۳- دارنمای ۳ ناحیه ابرناکی سالانه



شکل ۱۲- نمونه‌ای از فرآیند رابطه رگرسیونی بر روی پارامتر ابرناکی روزانه



شکل ۱۵- دارنمای ۳ ناحیه رطوبت نسبی سالانه



شکل ۱۴- نمونه‌ای از فرآیند رابطه رگرسیونی بر روی رطوبت نسبی

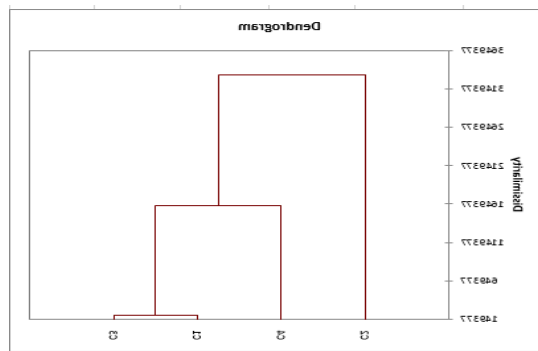
۴ مولفه حاصل از اعمال تحلیل عاملی، در معرض تحلیل خوشه‌ای پایگانی

در این مرحله جهت بدست آوردن خوشه‌های مکانی اقلیمی، نمرات مکانی

(۲) گرم و نیمه خشک، شامل ایستگاه‌های بارش شیراز
(۳) گرم و نسبتاً خشک، شامل ایستگاه‌های بارش کرمان، بارش کاشان و بارش اصفهان
نیمه‌مرطوب و بسیار گرم، شامل دما، ابرناکی، ساعات آفتابی و رطوبت نسبی ایستگاه‌های یزد، اصفهان، کاشان، کرمان و شیراز و خوروبابانک

ترکیب تریبی و روش ادغام وارد قرار گرفت. با استناد به دارنمای درختی، ۴ خرده اقلیمی ایران مرکزی شناسایی شد. خرده نواحی اقلیمی فوق‌الذکر تطبیق زیادی با واحدهای توپوگرافی و اکولوژیک ایران مرکزی دارند. با توجه به دندوگرام حاصله و محل قطع کلاسترها با توجه به فاصله‌ی آن‌ها، چهار گروه تشخیص داده شده است:

(۱) گرم و خشک، شامل ایستگاه‌های بارش یزد، بارش خوروبابانک



شکل ۱۶- دارنمای ۴ ناحیه اقلیمی سالانه

اما اشکال ناهمواری، از تنوع فراوانی برخوردار می‌باشند. با تکیه بر این تنوع، می‌توان در قلمروهای کم‌آب نمونه‌های اصلی را از یکدیگر باز شناخت. به همین منظور، با استفاده از روش‌های نوین آماری، پراکندگی فضایی خرده‌نواحی در پهنه ایران مرکزی مورد ارزیابی قرار

نتیجه‌گیری

قلمرو کم‌آبی (ایران مرکزی) دارای پراکنش وسیعی است، اما همه جا می‌توان ویژگی‌های مشابه و مشترکی چه در سیستم شکل‌زایی و چه در نمونه‌های ناهمواری‌های آن مشاهده نمود و

جداگانه آب و هوایی در منطقه مورد مطالعه شد. با توجه به نمودار درختی حاصله ۴ ناحیه اقلیمی تشخیص داده شد و خصوصیات هر ناحیه جداگانه بررسی گردید. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار در تعیین اقلیم ایران مرکزی به ترتیب اهمیت بارش، رطوبت، ابرناکی و ساعات آفتابی می‌باشد.

گرفت. پس از بررسی تحلیلی عاملی بر روی ۵ متغیر آب و هوایی ایران مرکزی، ۴ عامل که بیشترین نقش را داشتند، شناسایی شده که این عوامل به ترتیب رطوبت، ساعات آفتابی، بارش و ابرناکی می‌باشد. در بین این عوامل، عامل اول با دارا بودن ویژه مقدار $۱۸/۰۴۳$ به تنهایی بیش از $۵۱۶/۰$ درصد از واریانس اقلیم ایران مرکزی توجیه کرده است. این عامل در نیمه‌ی شمال شرق و جنوب غرب منطقه مورد مطالعه بیشتر مشاهده می‌شود. در کل این چهار عامل حدود $۷۵/۰$ درصد رفتار اقلیمی در ایران مرکزی توجیه نموده‌اند. بعد از این مرحله، نقشه‌های تحلیل مکانی هر عامل تهیه شد و تاثیر این عوامل را در کل منطقه مورد مطالعه نشان داد. پس از شناسایی عامل‌ها و تعیین قلمروهای مکانی آن‌ها، در نهایت با روش خوشه-بندی وارد اقدام به طبقه‌بندی پارامترهای اقلیمی و تاثیر آن بر روی نواحی گردید. بدین صورت که با تهیه نقشه‌ها پهنه‌بندی حاصل از رابطه رگرسیونی بین پارامترها اقلیمی و لایه ارتفاعی، داده‌های ۴۰۰ یاخته‌ای که با توان تفکیک $۱۵*۱۵$ کیلومتر انتخاب شده بود، اقدام به تفکیک خرده‌نواحی

منابع

- مسعودیان، ابوالفضل. ۱۳۸۴. شناسایی ژریم‌های بارش ایران به روش تحلیل خوشه‌ای، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۲.
- مسعودیان، ابوالفضل. ۱۳۹۴. بررسی نقش ناهمواری‌ها در شکل‌گیری خرده‌نواحی اقلیمی استان کهگیلویه و بویر احمد، جغرافیا و توسعه، ۴: ۱-۱۸.
- نصیری، رسول، ۱۳۸۷. آموزش گام به گام SPSS، چاپ اول، انتشارات گستر، تهران.
- Bethere, L.; Sennikovs, J. and Bethers, U., 2017. Climate indices for the Baltic states from principal component analysis. *Earth System Dynamics*, 8(4):951-962.
- Burlando, M.; Antonelli, M. and Ratto, C.F. 2008. Mesoscale wind climate analysis: identification of anemological regions and wind regimes. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 28(5): 629-641.
- Heise, B.; Bobertz, B. and Harff, J. 2010. Classification of the Pearl River Estuary via principal component analysis and regionalization. *Journal of Coastal Research*, 769-779.
- جعفرپور، ابراهیم. ۱۳۷۷. اقلیم‌شناسی، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران.
- زابل عباسی، فاطمه؛ پور اصغریان، آرزو و سی‌سی‌پور، مرضیه. ۱۳۸۵. طبقه‌بندی اقلیمی استان هرمزگان، سایت مجله نیوار.
- سلیقه، محمد؛ بریمانی، فرامرز و اسمعیل نژاد، مرتضی. ۱۳۸۷. پهنه‌بندی اقلیمی استان سیستان و بلوچستان، جغرافیا و توسعه، ۱۲: ۱۰۱-۱۱۶.
- کلاین، پل. ۱۳۸۰. راهنمای آسان تحلیل عاملی، ترجمه سید جلال صدرالسادات اصغر مینایی، تهران، انتشارات سمت.
- گل‌کارحمزی یزد، حمیدرضا؛ رضایی نژاد، محمد و طاوسی، مجتبی. ۱۳۹۵. پهنه‌بندی اقلیمی استان خراسان جنوبی با نرم‌افزار، نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۱: ۴۸-۵۹.
- محمدخورشیددوست، علی و بیورانی، حسین. ۱۳۹۰. آمار کاربردی برای پژوهشگران محیط‌زیست و زیست‌شناسی، انتشارات دانشگاه تبریز، ۱۷۵ ص.
- محمدخورشیددوست، علی و قویدل-رحیمی، یوسف. ۱۳۸۳. آشکارسازی تغییرات بارش ماهانه ایستگاه اهر در ارتباط با الگوهای پیوند از دور، جغرافیایی سرزمین، ۲۰: ۶۵-۸۲.

- Paraná, Brazil. *Climate*, 5(3): 53.
- Verichev, K. and Carpio, M. 2018. Climatic zoning for building construction in a temperate climate of Chile. *Sustainable cities and society*, 40:352-364.
 - Walsh, A.; Cóstola, D. and Labaki, L.C. 2017. Review of methods for climatic zoning for building energy efficiency programs. *Building and Environment*, 112:337-350.
 - Yunus, F. 2011. Delineation of climate divisions for Peninsular Malaysia. In *Geospatial World Forum, Dimensions and Directions of Geospatial Industry*, Hyderabad, India.
 - Zheng, J.; Yin, Y. and Li, B. 2010. A new scheme for climate regionalization in China. *Acta Geographica Sinica*, 65(1): 3-12.
 - Lee, J. and Wong, D.W. 2001. *Statistical analysis with ArcView GIS*. John Wiley & Sons.
 - Philipp, A. 2009. Comparison of principal component and cluster analysis for classifying circulation pattern sequences for the European domain. *Theoretical and Applied Climatology*, 96(1-2): 31-41.
 - PINEDA-MARTÍNEZ, L.F.; Carbajal, N. and MEDINA-ROLDÁN, E., 2007. Regionalization and classification of bioclimatic zones in the central-northeastern region of México using principal component analysis (PCA). *Atmósfera*, 20(2):133-145.
 - Puvanneswaran, M. 1990. Climatic classification for Queensland using multivariate statistical technique. *International Journal of Climatology*, 10: 591 -608
 - Terassi, P.M.D.B. and Galvani, E. 2017. Identification of Homogeneous Rainfall Regions in the Eastern Watersheds of the State of