جغرافیا و روابط انسانی، تابستان ۱۴۰۳، دوره۷، شماره۱، صص۵۱۷-۴۹۸

اقلیم‌شناسی مناطق خشک و نیمه خشک ایران مرکزی

سید محمد حسینی[1*]، فرحناز خرم‌آبادی[2]، سعید ذوالفقارزاده[3]

۱- دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیدجمال‌الدین اسدآبادی، اسدآباد، ایران.h.climate@yahoo.com

۲- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

۳- کارشناس‌ارشد آب و هواشناسی‌محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۱۰/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸

چکیده

امروزه شناسایی نوع اقلیم یک منطقه با استفاده از عناصر مهم و اثرگذار، می‌تواند نقش کلیدی در شناخت و بازخوانی یک پهنه‌جغرافیایی داشته باشد. لذا هدف اصلی پژوهش‌حاضر، اقلیم‌شناسی مناطق خشک و نیمه خشک در ایران‌مرکزی با استفاده از روش‌های آماری تحلیل‌عاملی و تحلیل‌خوشه‌ای است. بدین‌منظور، از داده‌های ۱۳ متغیراقلیمی در ۱٤ ایستگاه‌سینوپتیک در بازه‌زمانی ٤٤ ساله از سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۸شمسی استفاده شد و ماتریسی به ابعاد ۱٤×۱۳ که سطرها؛ عناصر اقلیمی و ستون‌ها؛ تعداد ایستگاه‌ها هستند، ایجاد گردید. جهت تعمیم داده‌های ایستگاهی به پهنه‌ای نیز، شبکه‌ای با یاخته‌های km ۱۵×۱۵ در ایران‌مرکزی تشکیل شد و ماتریسی با ابعاد ٤٤٦×۱٤ که سطرها؛ یاخته‌های رقومی و ستون‌ها؛ تعداد ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد، به‌دست آمد که مبنای محاسبات در تحلیل‌عاملی با چرخش واریماکس و تحلیل‌خوشه‌ای با ادغام وارد، بوده است. نتایج حاصل از ارتباط‌سنجی ارتفاع با متغیرهای‌اقلیمی حاکی از این است که در ایران‌مرکزی، رابطه مستقیم و معنی‌داری بین این دو عامل برقرار است اما به علت تأثیر عوامل‌محلی و کلان‌مقیاس‌اقلیمی، این ارتباط در سرتاسر پهنه یکسان نیست و گاهاً لانه‌گزینی‌اقلیمی را به وجود می‌آورد. همچنین نتایج نشان داد که ٤ عامل اصلی و اثرگذار که اقلیم ایران‌مرکزی را می‌سازند به ترتیب عبارتند از: بارش، دما، رطوبت و توفان گردوخاک. این عوامل، ۸٦/۲٪ از رفتاراقلیمی این پهنه را تبیین می‌کنند. بارش با ۳۵٪، مهمترین عنصراقلیمی‌اثرگذار در این پهنه است که غالباً در مناطق سردکوهستانی و ارتفاعات حاکمیت دارد. دما با ۲۷/۳٪ در بیابان‌های مرکزی و کناره‌های کویرلوت در کاشان، خوروبیابانک، بم و لار نقش‌آفرین است. رطوبت با ۱۵/۳٪ در بخش‌هایی از مناطق گرم‌ومرطوب جنوبی در بافت، آباده و داران اصفهان موثر است. توفان‌های گردوخاک با ۸/۸٪، کم‌ترین عامل اثرگذار در اقلیم ایران‌مرکزی است که به صورت پراکنده در خوروبیابانک، بافق، یزد و کاشان رخنمون بیشتری دارد. همچنین با انجام تحلیل-خوشه‌ای، ٤ ناحیه اقلیمی متمایز در ایران‌مرکزی تحت عنوان ناحیه‌بارشی؛ ناحیه‌سردکوهستانی؛ ناحیه‌گرم‌وخشک؛ ناحیه‌بسیارگرم-وخشک‌بادی شناسایی گردید.

واژگان کلیدی: اقلیم‌شناسی، مناطق خشک و نیمه خشک، تحلیل‌عاملی؛ تحلیل‌خوشه‌ای؛ ایران‌مرکزی.

شاپا الکترونیکی:3851-645 doi: 10.22034/GAHR.2024.435076.2028

مقدمه

امروزه اقلیم، یکی از مهمترین عوامل تعیین‌کننده در میزان و نحوه عملکرد فعالیت‌های انسانی در محیط‌زیست است (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۷). به طوری که؛ آگاهی دقیق از شرایط اقلیمی یک منطقه می‌تواند در همه ابعاد مربوط به زندگی بشر خصوصاً در بعد برنامه‌ریزی‌های اقتصادی، نقش تعیین‌کننده داشته باشد (خورشیددوست و سلمان‌پور، ۱۳۸۷). این در حالی است که کشور ایران از یک سو به لحاظ موقعیت جغرافیایی ویژه و از سویی دیگر؛ همجواری با اقلیم گرم و خشک عرض‌های پایین، بخش‌های وسیعی از مناطق مرکزی و داخلی آن را تحت تاثیر قرار داده است و بیابان‌ها و کویرهای وسیع ایران را در خود جای داده است. این مناطق همچنین دارای تنوع شکل‌زایی و ناهمواری هستند که البته سبب تنوع اقلیمی نیز شده است (حلی‌ساز و همکاران، ۱۳۹۷). با تکیه بر این تنوع، می‌توان در قلمرو کم‌آب و بیابانی داخلی کشور، خرده نواحی اقلیمی را از یکدیگر باز شناخت (خورشیددوست و قویدل، ۱۳۸۵). به‌طورکلی یک سیستم طبقه‌بندی اقلیمی، مجموعه قواعدی است که با به کار گرفتن آن‌ها می‌توان مناطقی را که ازنقطه‌نظرهای معین، ویژگی‌های مشترکی دارند از یکدیگر مجزا نمود و نواحی با خصوصیات مشترک را در یک طبقه قرار دارد (Umirbekov et al., 2022). طبقه‌بندی اقلیمی یک منطقه، زمانی به‌خوبی انجام می‌گیرد که با استفاده از متغیرهای بسیار زیاد انجام شود. اگر چه تعداد زیاد این متغیرها، نیازمند تکنیک‌هایی است که هم تعداد متغیرها و حجم داده‌ها را کاهش دهد و هم روابط بین آن‌ها را حفظ کند. از تکنیک‌های بسیار پرکاربرد در این زمینه می‌توان روش‌های آماری چند متغیره مانند تحلیل مولفه‌های اصلی[1] و تحلیل‌خوشه‌ای[2] را نام برد که به‌خوبی و به‌صورت کمی، پهنه‌های اقلیمی مختلف را شناسایی و تفکیک می‌کنند و جایگزین مناسبی برای روش‌های سنتی و ایستا محسوب می‌شوند (Singh, 1999؛ Ahmad et al., 2002).

در چند دهه اخیر، به‌کارگیری روش‌های تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای در پژوهش‌های اقلیمی بسیار رایج است (Anyadike,1987؛ Ahmed, 1997؛ Fernandez-cancio et al., 2007؛ مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۰؛ آروین و همکاران، ۱۳۹۱؛ جهانبخش اصل و همکاران، ۱۳۹٤؛ ناظری‌تهرودی و همکاران، ۱۳۹۵؛ خورشیددوست و همکاران، ۱۳۹۸) و مطالعات متعددی در سطح جهان و ایران با این دو تکنیک آماری انجام شده است. برای نمونه می‌توان به؛ شناسایی ۸ ناحیه اقلیمی متمایز در پنینسولای مالزی (Bishop, 1948)؛ تعیین ۷ ناحیه اقلیمی در ایالت آلاباما آمریکا (Kalkstian et al., 1987)؛ تشخیص ۳ ناحیه مجزا و متمایز از رژیم باد در کوریسکای فرانسه (Burlando et al., 2008)؛ تعیین ٦ گونه آب‌وهوایی در آتن و تسولانیکی (Michailidou et al., 2009)؛ شناسایی ۱۳ منطقه بارشی در کشور چین (Lee & Wong, 2009)؛ تعیین ٤ ناحیه اکوهیدرولوژی در گوانجیوی چین (Wang et al., 2010)؛ پهنه‌بندی بارش در هند (Satyanarayana

[1] - Principal Component Analysis (PCA)
[2] - Cluster Analysis (CA)

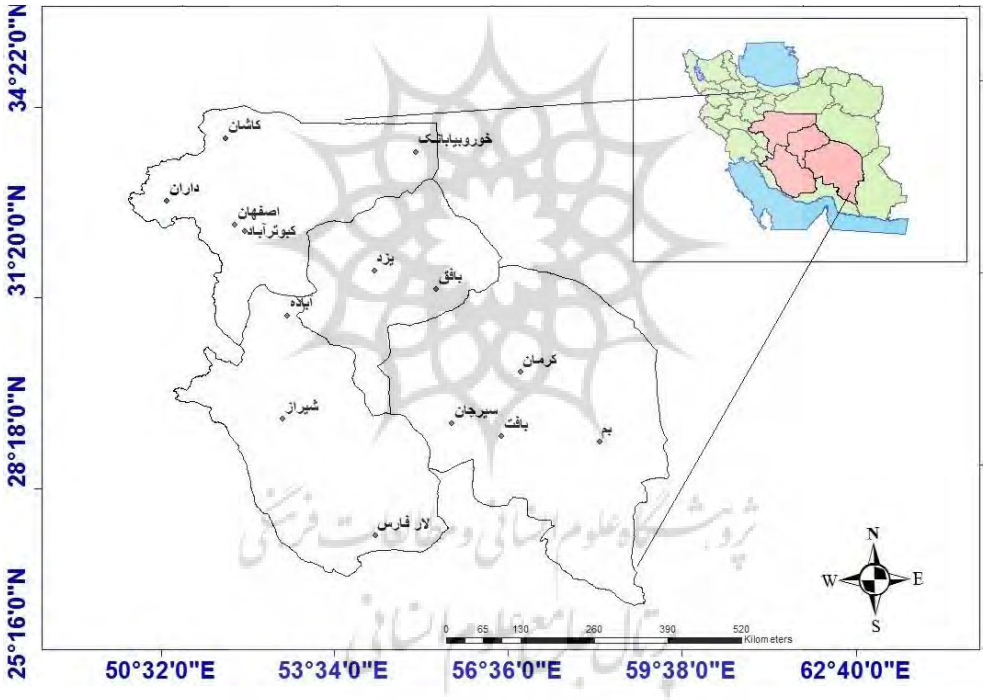
& Sirnivas, 2011)؛ شنا سایی دو گروه بار شی همگن در مکزیک (Bravo Cabrera et al., 2012)؛ خو شه‌بندی ای ستگاه‌های باران سنجی واقع در ایالت پارانای ک شور برزیل (Pansera et al., 2013)؛ تعیین ۳ ناحیه همگن بار شی در صرب ستان (Gocic & Trajkovic, 2014)؛ شنا سایی ۵ ناحیه همگن بار شی در کره جنوبی (Nam et al., 2015)؛ تعیین ٦ ناحیه خرد اقلیمی در قاره اروپا (Carvalho et al., 2016)؛ شناسایی ۳ خرده ناحیه اقلیمی در شیلی (Konstantin & Carpio, 2018)؛ تعیین ۷ ناحیه بار شی در ر شته‌کوه‌های آ سیای مرکزی (Umirbekov et al., 2022). ا شاره نمود. همچنین از این تکنیک‌های آماری در پژوهش‌های ایرانی نیز ا ستفاده شده ا ست که به عنوان نمونه می‌توان؛ شنا سایی ۷ پهنه آب‌وهوایی در ا ستان یزد(شیرانی و همکاران،۱۳۸۸)؛ تعیین ٤ منطقه آب‌وهوایی در ا ستان لر ستان(ل شنی‌زند و همکاران،۱۳۹۰)؛ ت شخیص ۷ پهنه اقلیمی متمایز در ا ستان مرکزی(خ سروی و آرامش،۱۳۹۰)، پهنه‌بندی آب‌وهوایی شمال و شمال‌غرب ایران با ۱۸ عنصر اقلیمی و ۵ عامل ا صلی(نظم‌فر و گلدو ست،۱۳۹۳)؛ تفکیک آب و هوای ا ستان کهگیلویه و بویراحمد به ۷ خرده ناحیه اقلیمی(منتظری،۱۳۹٤)؛ شنا سایی ۷ پهنه همگن بار شی در ایران(خام‌چین،۱۳۹٤)؛ طبقه‌بندی اقلیمی استان همدان با ۲۳ عنصر اقلیمی در ۵ عامل ا صلی و شناسایی ٦ ناحیه اقلیمی متمایز(باعقیده و همکاران،۱۳۹٤)؛ شناسایی ٦ ناحیه آب‌وهوایی در پهنه‌بندی اقلیمی استان خراسان جنوبی(گل‌کار و همکاران،۱۳۹۵)؛ تعیین ٦ ناحیه بار شی همگن و متمایز در پهنه‌بندی زمانی-مکانی اقلیم بارش ایران(عی سی‌زاده و دین‌پژوه،۱۳۹۷)؛ طبقه‌بندی اقلیمی کشور ایران و شناسایی ۲۷ طبقه اقلیمی(طاووسی و همکاران،۱۳۹۹) را نام برد.

با توجه به و سعت زیاد ایران مرکزی هم به لحاظ جغرافیایی و هم جمعیتی، طبقه‌بندی پهنه‌بندی اقلیمی آن می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های مختلف و تو سعه پایدار منطقه، مؤثر واقع شود. چرا که امروزه عمده‌ترین م ساله فراروی تو سعه و پی شرفت ا ستان‌های ا صفهان، کرمان، یزد و فارس که در این گ ستره واقع شده‌اند؛ وقوع خشک‌سالی‌های فراگیر، افزایش توفان‌های گردوغباری، افزایش دما و کاهش شدید بارش و بحرانی شدن وضعیت منابع آب و به تبع آن، به چالش کشیده شدن حیات زیست انسانی و طبیعی در این مناطق ا ست. لذا هدف ا صلی پژوهش حا ضر، پهنه‌بندی آب و هوایی ایران مرکزی با ا ستفاده از روش‌های آماری چندمتغیره مانند تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای است تا با این تکنیک‌ها، بتوان مناطق همگن اقلیمی را شناسایی نمود. نوآوری پژوهش حاضر را می‌توان در چند مورد خلا صه کرد. نخ ست؛ ا ستفاده از حجم بالای داده‌های اقلیمی از بدو تا سیس ایستگاه‌های سینوپتیک تا زمان اخیر در محا سبات آماری با تکنیک تحلیل عاملی. دوم؛ ا ستفاده از ۱۳ متغیر اقلیمی جهت پهنه‌بندی به جای روش‌های سنتی پهنه بندی که غالبا مبتنی بر یک یا چند عنصر محدود بودند مانند روش کوپن، آمبرژه و ... با کمک تحلیل خو شه‌ای. سوم؛ ا ستفاده از داده‌های پهنه‌ای با تفکیک ۱۵×۱۵km به جای داده‌های نقطه‌ای و ایستگاهی که قابلیت تعمیم ندارد. لذا میانیابی کریجینگ، نیل به این هدف را می‌تواند برآورده سازد.

مواد و روش

پهنه مورد بررسی

قلمرو مورد بررسی استان‌های یزد، کرمان، اصفهان و فارس به مساحت ٤٧٨٤١٥ km^2، بین عرض‌های جغرافیایی ′١٨ °٢٥ تا ′٥٩ °٣٣ شمالی و طول جغرافیایی′١٠ °٥٠ تا ′٢٠ °٥٩ شرقی قرار گرفته است. وجود کوهستان‌های پراکنده در اطراف منطقه، امکان نفوذ توده هواهای مرطوب را به ایران مرکزی محدود کرده و باعث ایجاد شرایط گرم و خشک شده است. شاهد این ادعا، 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 شمال‌غرب به سمت جنوب شرق افزایش می‌یابد، چراکه در این مسیر هم عرض‌جغرافیایی افزایش می‌یابد و هم ارتفاع‌نسبی کمتر می‌شود. تغییرات بارش در این منطقه نیز جهت‌گیری خاصی ندارد و در ایستگاه‌های مرکزی به دلیل دوری از منابع آبی، میزان بارندگی کاهش می‌یابد (٤٠).



شکل ١. موقعیت جغرافیایی و پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه

داده‌های پژوهش

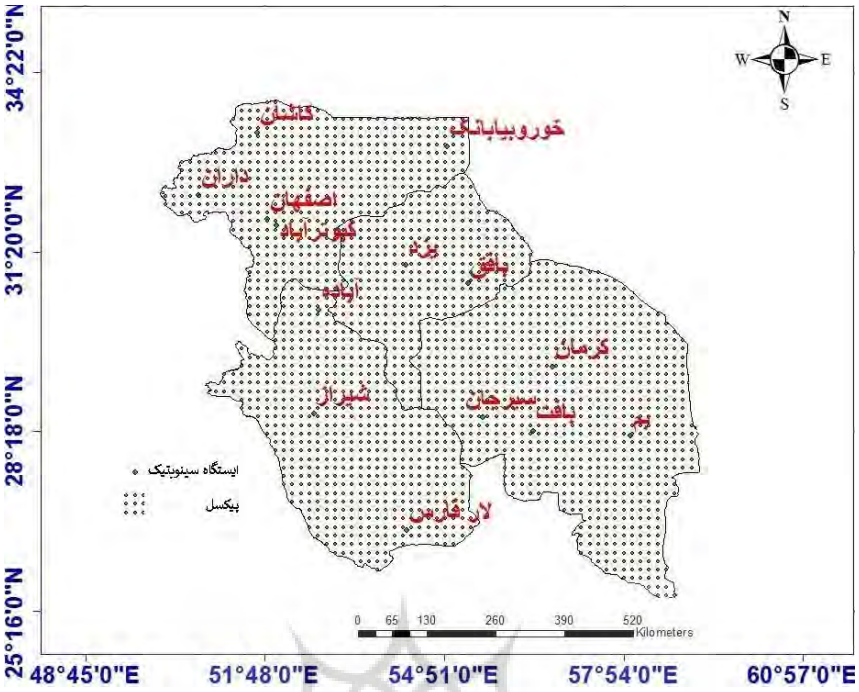
در پژوهش حاضر جهت گونه شناسی اقلیمی، از داده‌های ١٣ متغیر اقلیمی که بیشترین اثرگذاری در تعیین اقلیم منطقه داشتند و از طریق محاسبات آماری و نقشه‌نمودارهای اقلیمی شناسایی شدند، برای ١٤ ایستگاه منتخب

سینوپتیک در بازه زمانی ٤٤ ساله از سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۹ شمسی استفاده شد (شکل ۱). این داده‌ها به صورت روزانه از سازمان هواشناسی کشور اخذ شده است و عبارتند از میانگین سرعت باد، بارش، کمینه دما، بیشینه دما، میانگین دما، کمینه رطوبت نسبی، میانگین رطوبت نسبی، بیشینه رطوبت نسبی، تعداد روزهای همراه با پدیده گردوخاک، تعداد روزهای همراه با پدیده رعدوبرق، میانگین فشار بخارآب، روزهای با حداقل دید کمتر از ۲۰۰۰m، میانگین دمای نقطه شبنم. لازم به ذکر است که داده‌های اقلیمی عمدتاً بر روی نقاط مشخص یعنی ایستگاه‌های دیده‌بانی، اندازه‌گیری می شود درحالی‌که، غالباً آگاهی‌های اقلیمی درباره یک پهنه وسیع‌تر مورد نیاز است و طبیعت نقطه‌ای دیده‌بانی‌های اقلیمی سبب می‌شود هرچند تعداد ایستگاه‌ها را افزایش یابد، بازهم انتساب نتایجی که از تجزیه و تحلیل داده‌های ایستگاه‌ی به دست می‌آید به‌تمامی یک پهنه قابل تعمیم و انطباق نباشد. به‌ویژه در مواردی که تغییرات مکانی عناصر اقلیمی زیاد باشد، این دشواری بارزتر خواهد شد. لذا نتایج یک تجزیه و تحلیل اقلیمی زمانی قابل تعمیم به پهنه‌های گسترده خواهد بود که میانیابی، به عنوان یک مرحله ضروری برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای به داده‌های پهنه‌ای پذیرفته شده باشد. این شگرد نه تنها اهداف پژوهش حاضر را برآورده می‌کند، بلکه توانایی خود در اغلب پژوهش‌های آب و هوایی را به اثبات رسانده است (مسعودیان، ۱۳۸٦؛Govaerts, 2000). بنابراین میانیابی کریجینگ می‌تولند بهترین میانگین وزنی (موزون) از یک پهنه را ارائه نماید. ضمن اینکه پراش تخمین نیز، کمینه شود (کاووسی و مشکانی، ۱۳۸٦). روش عمومی محاسبه کریجینگ بدین گونه است (رابطه ۱):

$$Z^{*}= \sum_{i=1}^{N} w_i \, z_{(xi)} \qquad (1)$$

در این رابطه: Z^{*} برابر با مقادیر برآوردشده، W_i برابر با وزن آماری، $Z_{(xi)}$ برابر با مقادیر مشاهده شده در نقطه xi است. وزن‌ها به درجه همبستگی بین نقاط نمونه و نقاط برآورد شده بستگی دارد و همیشه جمع آن‌ها برابر با یک است.

برای نیل به این هدف، شبکه‌ای با یاخته‌های ۱۵×۱۵ km روی پهنه موردبررسی گسترانیده و مقدار عناصر اقلیمی در گره‌گاه‌های این شبکه برآورده شد. این برآوردها تمام پهنه را می‌پوشانند و از این پس، مبنای همه داوری‌ها درباره اقلیم آن پهنه قرار می‌گیرند و همچنین به‌عنوان مبنای محاسبات در تحلیل عاملی خواهد بود. از داده‌های ایستگاه‌ی فقط به عنوان شاهدی در ارزیابی درجه قطعیت نتایج تحلیل‌ها استفاده می‌شود. بنابراین طی این فرآیند، ماتریس ایستگاهی اولیه با ابعاد ۱۵×۱۳ که سطرها، نماینده عناصر اقلیمی و ستون‌ها، نماینده تعداد ایستگاه‌ها هستند به ماتریس پهنه‌ای ثانویه با ابعاد ۱۵×٤٤٦ که سطرها، نماینده یاخته‌های رقومی و ستون‌ها، نماینده تعداد ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد، تبدیل شد (شکل ۲).

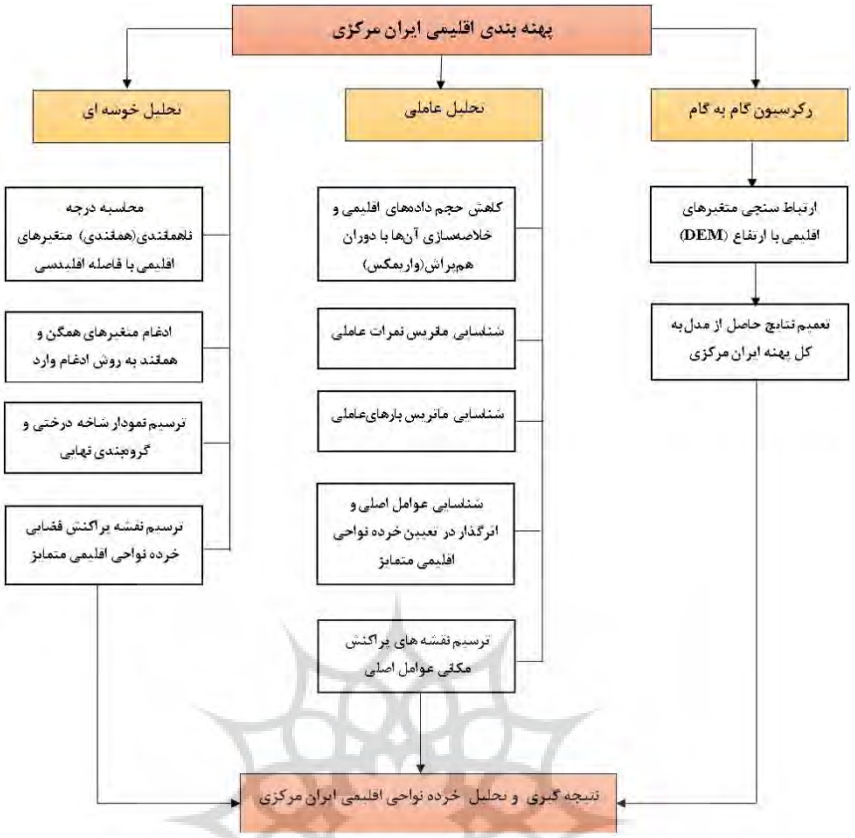


شکل ۲. شبکه‌بندی ۵۵×۵۵ km و پراکنش ایستگاه‌های سینوپتیک ممکن

روش پژوهش

روندنمای کلی فرآیند انجام پژوهش در شکل ۳ نشان داده شده است. روش‌شناسی رگرسیون گام به گام، تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای با رعایت اختصار تشریح می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۳ ..ووووی صصیی رینددا نناااا پپیپش

در پژوهش حا ضر جهت ارتباط سنجی میان ۱۳ متغیر اقلیمی و مدل رقومی ارتفاع ای ستگاه‌ها (DEM) از روش رگر سیون گام به گام ا ستفاده شده ا ست. رگر سیون ارتباط تنگاتنگی با همبستگی دارد و جهت برآورد معادله‌ای ا ستفاده می شود که به پیش‌بینی مقادیر مربوط به یکی از انواع لندازه‌گیری در مقایسه با دیگری بپردازد. در پژوهش‌هایی که داری بعد مکانی‌اند یعنی متغیرهای مکانی در آن‌ها دخیل ا ست، سنجش ارتباط بین متغیرها با یک مدل برآوردگر خطی که دارای ضرایب ثابتی ا ست، خطای برآورد را افزایش می‌دهد. بنابراین، در این نوع مطالعات نیاز به مدل برآوردگری احساس می شود که ضرایب آن ثابت نبوده و همراه با متغیرهای مکانی سیال با شد. در رگر سیون گام به گام تمامی متغیرهای مستقل وارد مدل می شوند و آن متغیرمستقلی که تاثیر چندانی بر متغیر وابسته نداشته باشد از مدل حذف می‌شود. این مدل رگرسیونی دارای یک متغیر وابسته و یک یا چند متغیر مستقل ا ست. در این مدل آماری، فرض بر این ا ست که رابطه بین متغیرهای مستقل همان مدل رقومی ارتفاع و متغیر وابسته یا متغیرهای اقلیمی به‌صورت زیر است (رابطه ۲):

$$Element=b0+b1(x1)+b2(x2)+...+bp(xp) \quad (۲)$$

که در آن: پارامترهای *b1,b2,...,bp*، ضرایب رگرسیون (شیب معادله)؛ *b0* مقدار عرض از مبدأ و *x1,x2,...,xp* متغیرهای مستقل است (خورشیددوست و بیورانی، ۱۳۹۰).

همچنین در پژوهش حاضر از روش تحلیل عاملی استفاده شد. هدف این روش، یافتن ترکیب‌هایی از p متغیر $x1, x2 \dots xp$ برای ایجاد عامل‌های مستقل به‌منظور تشریح تغییرات موجود در داده‌هاست. مستقل بودن عامل‌ها به این معنی است که هر عامل جنبه متفاوتی از داده‌ها را اندازه می‌گیرد (مقدم و همکاران، ۱۳۷۳). امتیاز این روش این است که ضمن اینکه تعداد متغیرها را کاهش می‌دهد، مقدار اولیه پراش موجود در داده‌های اصلی را حفظ می‌کند. در اغلب موارد نتایج نهایی فرآیند تحلیل عاملی به‌عنوان داده‌های اولیه تحلیل خوشه‌ای استفاده می‌شوند (علیجانی، ۱۳۸۵). هرقدر همبستگی داخلی بین متغیرها نزدیک‌تر باشد، تعداد عامل‌های پدید آمده کمتر خواهد بود. الگوی تحلیل عاملی به‌صورت زیر است (رابطه ۳):

$$X_1 - \mu_1 = e_{11}f_1 + e_{12}f_2 + \cdots e_{1m}f_m + \varepsilon 1$$
$$X_2 - \mu_2 = e_{21}f_1 + e_{x_1} \dots x_{n_{22}}f_2 + \cdots e_{2m}f_m + \varepsilon 2 \qquad (۳)$$
$$x_p - \mu_p = e_{p1}f_1 + e_{p2}f_1 + \cdots e_{pm}f_m + \varepsilon 3$$

در این رابطه؛ بردار تصادفی قابل‌مشاهده X با P مؤلفه دارای میانگین μ و ماتریس کوواریانس Σ است. در الگوی عاملی فرض شد که X وابسته خطی چند متغیر تصادفی غیرقابل مشاهده $F1, 2, \dots FM$ است که به آن‌ها عوامل مشترک گویند و p منبع دیگری از متغیرهای $\varepsilon_1. \varepsilon_2. \varepsilon_3 \dots \varepsilon_p$ هستند که خطا یا عوامل خاص نامیده می‌شوند. عواملی که از راه‌حل‌های عاملی به دست می‌آیند در اکثر موارد قابل تفسیر نیستند. برای اینکه تصور درستی از عامل‌ها به دست بیاید آن‌ها را می‌چرخانند. چرخش را موقعی انجام می‌دهند که برای توصیف کامل داده‌ها یک عامل کافی نباشد و یا اینکه تفسیر و تفکیک بارگویه عامل‌ها به‌سادگی انجام نگیرد. به‌منظور بیشینه کردن واریانس بارگویه‌ها و تسهیل در تفسیر ساختار عاملی، محورهای عامل‌ها به‌وسیله دوران واریماکس، چرخش داده شد. ضمن آن‌که نام‌گذاری عامل‌ها بر اساس بارگویه‌های عاملی دوران یافته صورت می‌گیرد. بنابراین تحلیل عاملی به روش دوران هم‌پراش یا واریمکس نشان داد که ۱۳ عنصر اقلیمی ایران را با توجه به همبستگی درونی آن‌ها می‌توان در چهار عامل اصلی خلاصه کرد. به این ترتیب با تجزیه ماتریس کوواریانس یا هم‌پراش، ماتریس الگوی مکانی یا همان ماتریس نمرات عاملی به ابعاد ٤٤٦×٤ و ماتریس عناصر اقلیمی تلفیقی یا ماتریس بارهای عاملی به ابعاد ۱۳×٤ به دست آمد. مجموعه این دو ماتریس نشان داد کدام مجموعه عناصر اقلیمی در کدام بخش‌های ایران مرکزی نقش چشمگیرتر و اثرگذارتری در شکل‌گیری خرده اقلیم این مناطق ایفا می‌کنند.

در پژوهش حاضر همچنین از تحلیل خوشه‌ای جهت ناحیه‌بندی اقلیمی استفاده شد و در نهایت دارنمای شاخه درختی ترسیم گردید. این روش آماری که مجموعه‌ای از افراد را بر حسب اندازه همانندی/ناهمانندی میان آن‌ها خوشه می‌کند، در آب‌وهواشناسی بسیار متداول است (Burlando et al., 2008؛ Michailidou et al.,

2009). برای محاسبه درجه همانندی/ناهمانندی در پژوهش حاضر، چون مقیاس اندازه‌گیری متغیرها، متفاوت و دامنه آن‌ها مختلف است از فاصله اقلیدسی استانداردشده استفاده شد (رابطه ٤):

$$d_{rs}^2 = (X_r - X_s)D^{-1}(X_r - X_s)' \quad (٤)$$

که در این رابطه، d_{rs}^2 فاصله اقلیدسی نقطه rام به مختصات (φ_r, λ_r) و نقطه sام به مختصات (φ_s, λ_s)؛ X_r بردار مشاهدات روی r و X_s بردار مشاهدات روی s است.

پس از اندازه‌گیری درجه همانندی، باید شیوه‌ای برای ادغام عناصری‌که بالاترین همانندی را نشان داده‌اند به‌کار برد. لذا در انجام پژوهش حاضر و همچنین در اغلب مطالعات اقلیمی، عمدتاً از روش ادغام وارد استفاده می‌شود (رابطه ٥) زیرا در این‌صورت، میزان پراش درون‌گروهی به حداقل و همگنی گروه‌های حاصله به حداکثر می‌رسد (مسعودیان، ١٣٨٦).

$$d(r,s) = \frac{n_r n_s d_{rs}^2}{(n_r + n_s)} \quad (٥)$$

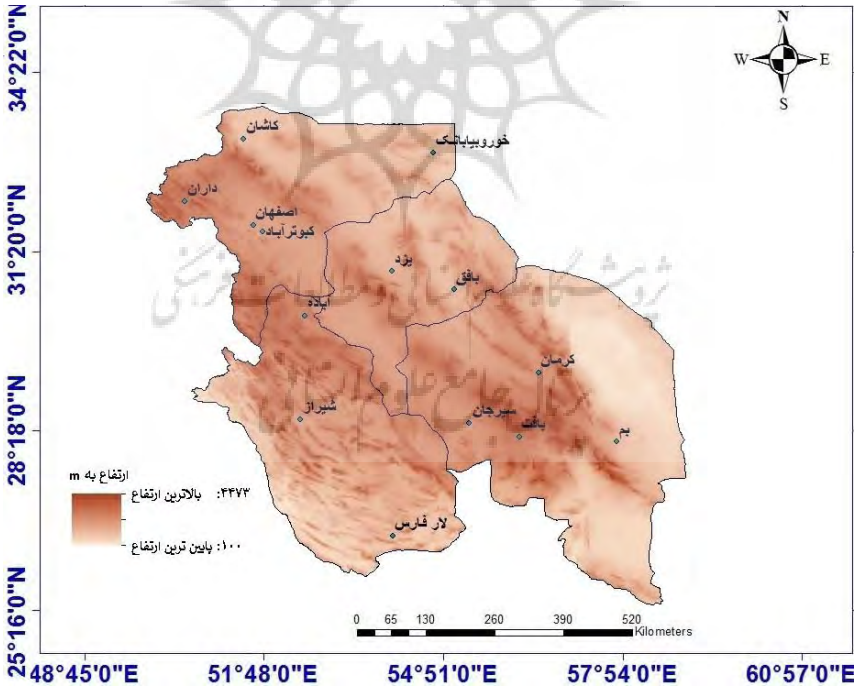
در این رابطه، d_{rs}^2 فاصله بین گروه r و گروه s است؛ n_r تعداد اعضای گروه r و n_s تعداد اعضای گروه s است.

نتایج و بحث

ارتفاع رابطه مستقیم و معنی‌داری با متغیرهای ١٣ گانه اقلیمی در ایران مرکزی دارد(جدول ١). به بیانی دیگر،١٣ متغیر اقلیمی در این پهنه با افرایش ارتفاع، رابطه مثبت و افزایشی دارند و بالعکس. همچنین پراکنش زمانی و مکانی پارامترهای اقلیمی بسیار ناموزون است و به همین دلیل، خرده نواحی اقلیمی نیز از توزیع یکنواختی برخوردار نیستند. بنابراین هرچه تغییرات مکانی متغیرهای اقلیمی کوچک‌تر شود، همگنی و یکدستی خرده نواحی مناطق بیشتر شده و از سوی دیگر، هر چه تغییرپذیری متغیر اقلیمی کمتر شود، خرده نواحی اقلیمی باثبات‌تر خواهد شد. به طور کلی می‌توان عنوان کرد که وضعیت ناهمواری‌ها و شکل زمین در پهنه مورد بررسی مانند همجواری با بیابان‌های مرکزی ایران، گستره زیاد کویرها و پراکندگی زیاد ارتفاعات، نقش بسیار مهمی در تنوع مکانی خرده نواحی اقلیمی بازی می‌کند، اما این نقش به علت تأثیر دیگر عوامل محلی و بیرونی در سرتاسر این پهنه به یک اندازه نیست. باید یادآوری نمود که به علت توپوگرافی پیچیده و خاص این مناطق، گاهی شهرها و روستاها در مسیر خطر سیلاب‌های فصلی قرار می‌گیرند و گاهی نیز در مسیر گذر توفان‌های شدید گرد و خاک واقع می شوند. این شرایط حاکی از این است که اقلیم این مناطق بسیار شکننده است و خرده نواحی اقلیمی در روستاها و شهرهای پیرامون خود را تهدید می‌کند (شکل ٤).

جججل ۱ ..ممل ر گگگووي گگگبگگگ دد تتيين بين متغوررري اقليمي بب ننننمه ااي

ردیف	عناصر اقلیمی	P-Value	مدل	ضریب تبیین	همبستگی
۱	میانگین سرعت باد	۰/۰۰۰	۰/۹۵۳ +۰/۰۰۰۹۳۵(H)	۰/٦۱	۳۳/۰۸
۲	بارش	۰/۰۳۲	٦۳/۷ +۰/۰٤٦۳(H)	۰/۹۲	۰/۰۰
۳	کمینه دما	۰/۰۰۰	٤/٤۰٤ +۰/۰۰۲۰٤۹(H)	۰/۷۷	۱٤/٦۰
٤	بیشینه دما	۰/۰٦۹	۳۳/۷۹٤ –۰/۰۰۱۰۲۷(H)	۰/۹۳	۳/٦۸
٥	میانگین دما	۰/۱۰۱	۲۰/۸۱۳ –۰/۰۰۰۹۱۲(H)	۰/۳۸	۰/۰۰
٦	کمینه رطوبت نسبی	۰/۰۰۰	۷/۲٦ +۰/۰۰٤۳۲(H)	۰/۸٦	۰/۰۰
۷	بیشینه رطوبت نسبی	۰/۱۰۲	۷٥/٦٤ + ۰/۰۰۰٦٥۱(H)	۰/۳۲	۰/۰۰
۸	میانگین رطوبت نسبی	۰/۱٤۲	۳٥/۳٤ +۰/۰۰٤۳۷(H)	۰/۲۰	۰/۰۰
۹	روزهای همراه با گردوخاک	۰/۰۰۰	٥/۷٥۹ –۰/۰۰۱۸۸(H)	۰/۸٦	۰/۰۰
۱۰	روزهای همراه با رعدوبرق	۰/۰۰۰	۱/۷۳۷ – ۰/۰۰۰٦۳۷(H)	۰/٥۷	۰/۰۰۰
۱۱	میانگین فشار بخارآب	۰/۰۰۰	۹/۰۹٦ + ۰۰۲٤٦۰(H)	۰/۲۳	۰/۸
۱۲	دید افقی کمتر از ۲۰۰۰متر	۰/۰۸۳	۰/٤۱۸ +۰/۰۰۰٥۸۱(H)	۰/٥٦	۷/٥٦
۱۳	میانگین دمای نقطه شبنم	۰/۰۰۰	٤/۷٦٦ + ۰/۰۰۳۱۲٦(H)	۰/۳۷	۰/۰۰



شکل ۴.. ذ ققه .. پ۶گر ففف هنه ه مممددبرررر

همچنین نتایج حاصل از تحلیل عاملی با روش دوران هم‌پراش یا واریمکس نشان داد که ۱۳ عنصر اقلیمی ایران مرکزی را با توجه همبستگی درونی آن‌ها، می‌توان در ٤ عامل اصلی شامل بارشی، دمایی، رطوبتی و توفان تندری خلاصه کرد. مجموعاً این ٤ عامل، ۸٦/۲ ٪ از واریانس کل داده‌ها را تبیین می‌کنند. بنابراین این عامل‌ها، نقش اصلی و تأثیرگذار در شکل‌گیری اقلیم ایران مرکزی بازی می‌کنند (جدول ۲).

ججدل ۲.. آمممه ااا ببب ببببب تتتلیل عه للمغغغغی ی قق بییدررورن ممکززز

ردیف	آماره‌های محاسباتی	عامل بارشی	عامل دمایی	عامل رطوبتی	عامل توفان گردوخاک
۱	مقدار ویژه	٥/۲٦	٤/۰۹	۲/۲٥	۱/۳۲
۲	واریانس	۳٥/۰۸	۲۷/۳۰	۱٥/۰۱	۸/۸۰
۳	درصد افزایشی واریانس	۳٥/۰۸	٦۲/۳۸	۷۷/۳۹	۸٦/۲۰

پس از شناسایی عوامل اصلی و اثرگذار در ایران مرکزی، نوبت به نام‌گذاری خرده نواحی اقلیمی این پهنه با توجه به همبستگی عامل‌ها با عناصر اقلیمی است (جدول ۳).

ججدل۳. نننگگ ااییخخخخ نننننخ اقققیمي ددررروورن ممکززز

خرده نواحی اقلیمی	عامل‌های اصلی	همبستگی عامل‌ها با عناصر اقلیمی
بارشی	بارش	بارش(بارندگی و برف)، میانگین و بیشینه رطوبت نسبی، رعدوبرق، میانگین فشار بخارآب، دمای شبنم، دید افقی
سرد کوهستانی	دما	بیشینه، کمینه و میانگین دما، میانگین و بیشینه رطوبت نسبی، میانگین فشار بخارآب، دمای نقطه شبنم، دید افقی
گرم و خشک	رطوبت	بیشینه و کمینه دما، میانگین و بیشینه رطوبت نسبی، فشار بخارآب، دمای نقطه شبنم
بسیار گرم و خشک بادی	توفان گردوخاک	کمینه و میانگین دما، سرعت باد، میانگین رطوبت نسبی، گردوخاک

همچنین نتایج حاصل از ماتریس بار عامل‌ها در ایستگاه‌های مورد بررسی نشان داد که در هر ایستگاه، کدام عامل یا عوامل بیشترین نقش‌آفرینی را در اقلیم خرده ناحیه دارند (جدول ٤). به عنوان مثال؛ در اغلب ایستگاه‌ها، توفان‌های گردوخاک اثرگذاری بیشتری در خرد اقلیم منطقه دارد که همسایگی بیابان و کویر در این ایستگاه‌ها، رخداد پدیده گردوغبار را تشدید کرده است.

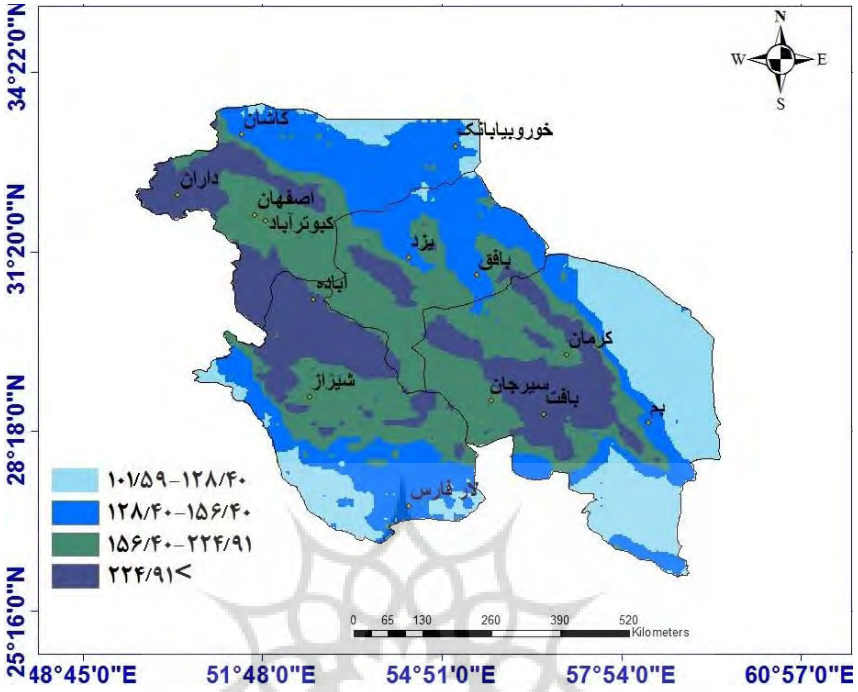
ججدل ۴.. ببعععی دد ایستگاههي مذ تتب اورن ممککي

ردیف	ایستگاه	بارش	دما	رطوبت	توفان گردوخاک

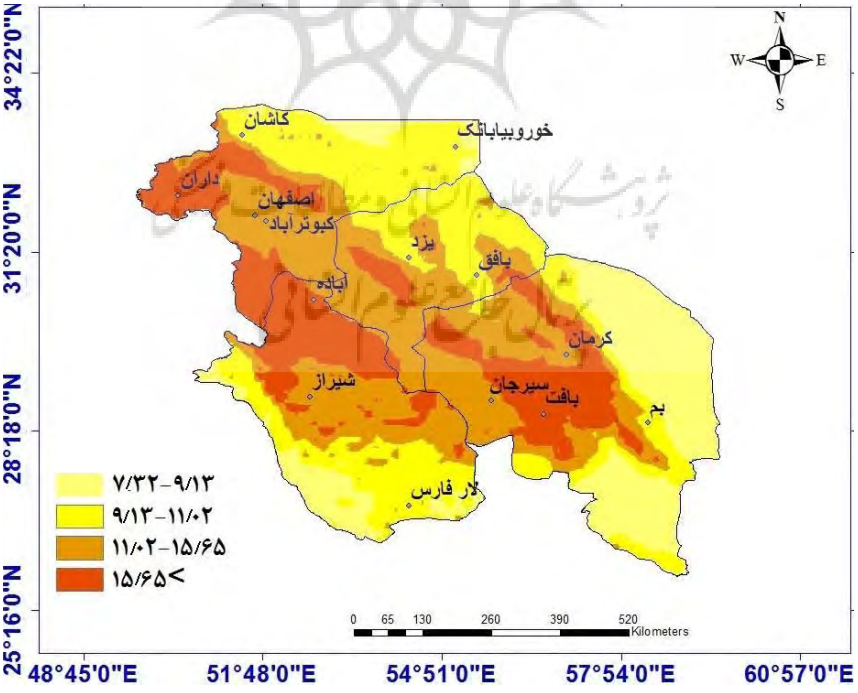
۱	داران	۲/۵۰	۰	۰/۰۳	۱/۱۸
۲	لار	۲/۰۹	۲/٤۸	۱/۰۰	۰
۳	اصفهان	۱/۵۷	۰	۰	۰
٤	بافت	۰/۵۰	۰	۱/۲٦	۰/۵٦
۵	بافق	۰	۰/۵۸	۰	۱/٤۳
٦	بم	۰	۰/۷۲	۰	۰/۰۷
۷	خوروبیابانک	۰	۰	۲/۳۷	۰
۸	سیرجان	۰/۰۸	۰	۱/۷۱	۰/۵٦
۹	شیراز	۰	۰/۷۳	۰	۰
۱۰	آباده	۰	۰/۲٦	.۰	۰
۱۱	کاشان	۰	۰/۳۳	۰/۹۹	۰/۲۸
۱۲	کبوترآباد	۰	۰/۲۵	۰	۰
۱۳	کرمان	۰	۰	۰	۰/۲۵
۱٤	یزد	۰/٦۰	۰	۰	۰/۵۱

پس از شناسایی مولفه‌های اصلی و اثرگذار در اقلیم ایران مرکزی، نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی این عوامل ترسیم گردید (شکل‌های ۵ تا ۸). عامل بارش به‌تنهایی حدود ۳۵/۰۸٪ از واریانس کل داده‌ها را تبیین می‌کند. بنابراین مهم‌ترین عامل مؤثر در اقلیم این پهنه است. قلمروی حاکمیت بارش‌های بیش از ۲۲٤ mm بیشتر با ارتفاعات هزار و لاله‌زار، تفتان و کوهرنگ انطباق دارد و شامل بخش‌هایی از شمال‌غرب، جنوبشرق و غرب ایران مرکزی یعنی نواحی سرد و کوهستانی ایستگاه‌های کرمان، بافت، سیرجان، آباده و داران می‌باشد و این قلمرو مساحتی حدود ۲۸٪ را به خود اختصاص داده است (شکل ۵، جدول ٤). عامل دما حدود ۲۷/۳٪ از واریانس کل داده‌ها را در این پهنه توجیه می‌کند. قلمرو بیشینه حاکمیت دما در مناطقی از بیابان‌های داخلی و کویرلوت مشاهده می‌شود و شامل ایستگاه‌های خوروبیابانک، کاشان، بم و لار است. در رتبه دوم در کمربند شمال‌غرب–جنوب‌شرق و میانه ایران مرکزی تسلط دارد و ایستگاه‌های اصفهان، یزد و بافق را در برمی‌گیرد(شکل ٦، جدول ٤). عامل سوم یعنی رطوبت، حدود ۱۵/۰۲٪ از واریانس کل را تبیین می‌کند و متغیر بیشینه رطوبت، بیشترین نقش را در این عامل داشته است. قلمرو بیشینهٔ حاکمیت آن در نواحی مرکزی ایران مستقر است و با وسعت ۱۸٪ ، بیشتر در ایستگاه‌های داران، بافت و آباده مشاهده می‌شود (شکل ۷، جدول ٤). عامل چهارم یعنی توفان‌های گردوخاک، کمترین واریانس منطقه را با رقم ۸/۸٪ تبیین می‌کند و در بین تمام عوامل از کمترین اهمیت در خرده نواحی اقلیمی ایران مرکزی برخوردار است. بیشترین اثرگذاری آن در ایستگاه‌های خوروبیابانک، بافق، یزد و کاشان مشاهده می‌شود. وجود رسوبات ریزدانه بادرفتی، کمبود بارش، فقر پوشش گیاهی در این مناطق سبب شده است که در این ایستگاه‌ها، توفان‌های

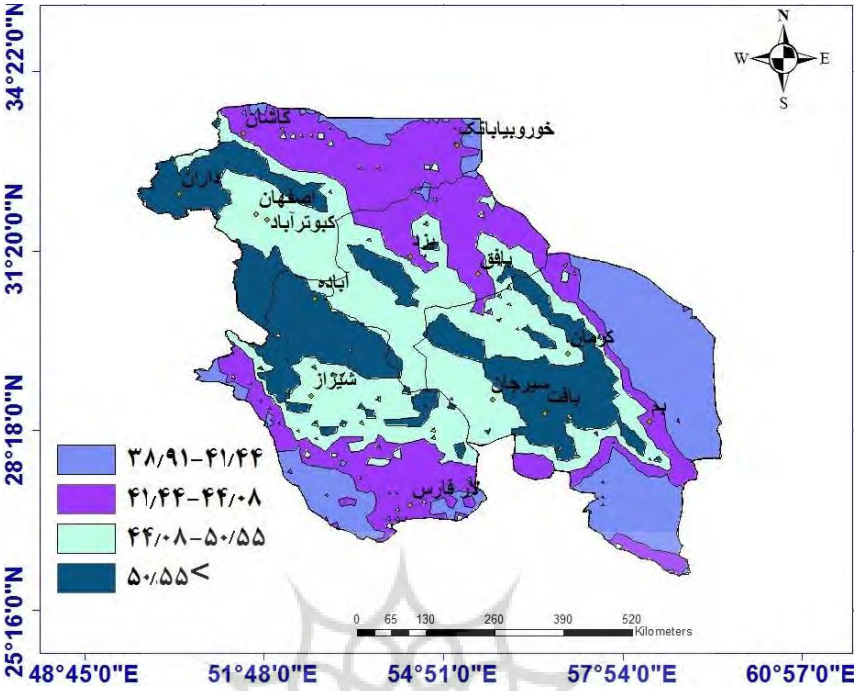
شدید گردوخاک رخنمون بیشتری داشته باشد و اقلیم منطقه نیز بسیار گرم و خشک بادی قلمداد شود (شکل ۸، جدول ٤).



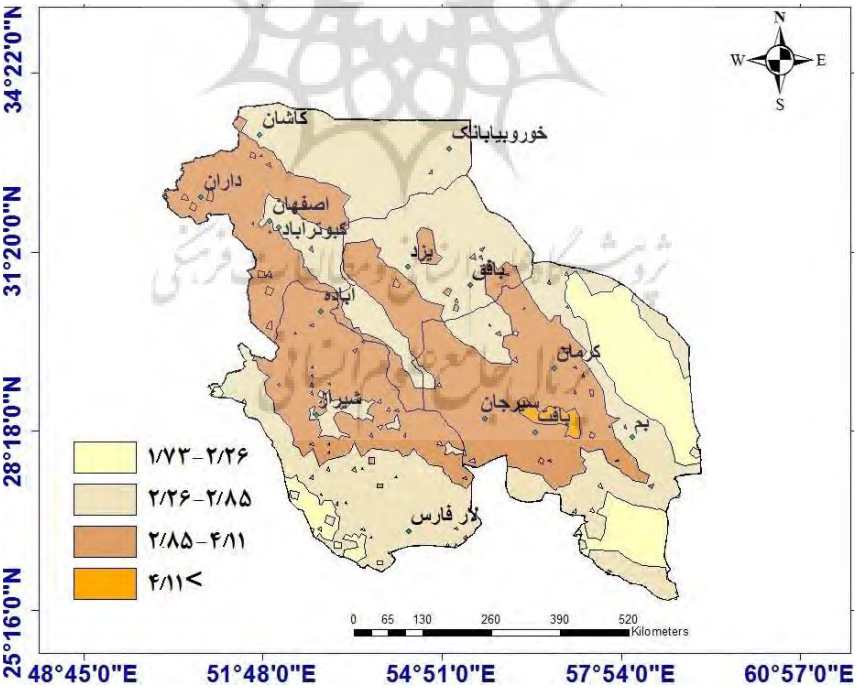
شکل ۵ پهنه‌بندی [illegible]



شکل ۶ پهنه‌بندی ضریب عمل مم

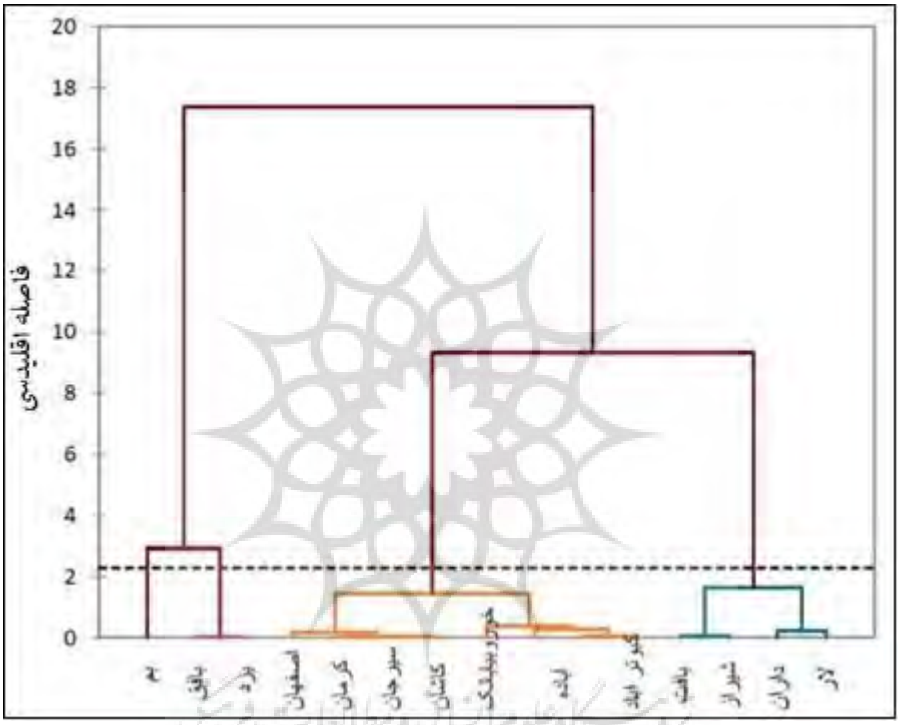


شکل ۷ پهنه‌بندی ضریب عمل لطبت



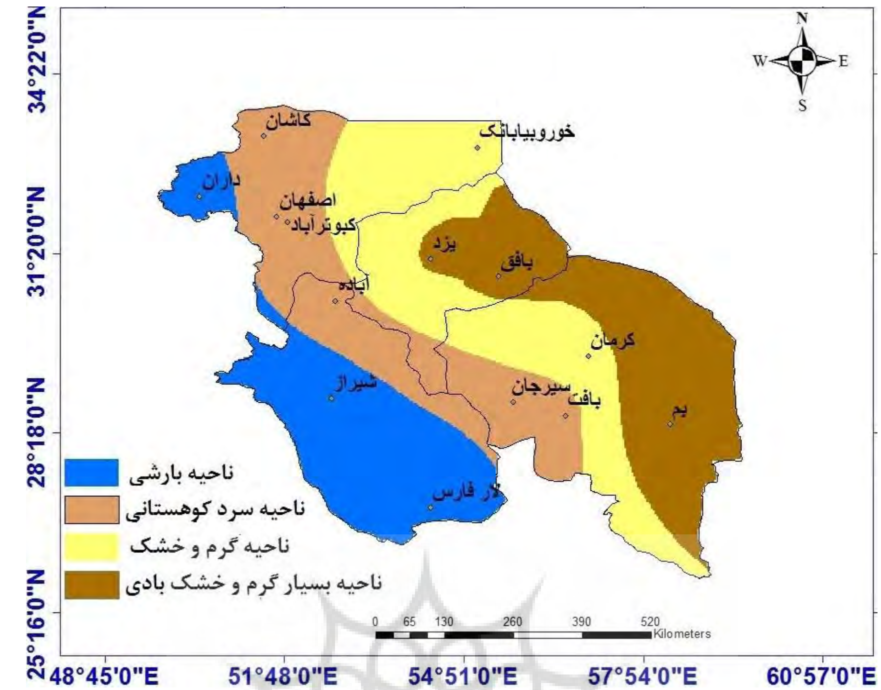
شکل۸ بزرگنمایی قسمت اول نتایج خوشه‌بندی

در نهایت با انجام تحلیل‌خو شه‌ای روی ماتریس نمرات عامل‌های ا ستخراج شده، ٤ ناحیه اقلیمی متمایز در ایران مرکزی شنا سایی شد (شکل ۸ و ۹). ناحیه اول: ناحیه بار شی ا ست شامل ایستگاه‌های شیراز، لار فارس، داران فریدون؛ ناحیه دوم: ناحیه سرد کوهستانی با ایستگاه‌های بافت، سیرجان، اصفهان، کبوترآباد، خوروبیابانک، آباده؛ ناحیه سوم: ناحیه گرم و خشک شامل ایستگاه‌های خوروبیابانک، کرمان و پیرامون کا شان و یزد و ناحیه چهارم، ناحیه بسیار گرم و خشک بادی است که مناطق پیرامون کویرلوت در ایستگاه‌های بم، بافق و یزد را دربرمی‌گیرد.



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شکل ۸..ذ ااا اااااه ددیتیی ییتگاههههیننیت ییبیورننممکززز



شکه ۹..پهنهی‌ی‌ی‌ی نذ اااقق بیی اورننممکززز ببببووو تتللیللووه اا

نتیجه‌گیری

پهنه‌بندی اقلیمی اهمیت بالایی در مدیریت منابع آب، زمان‌بندی گرد شگری، تعیین الگوی ک شت، تو سعه شهری و به تبع آن، حفظ اکوسیستم حیاتی یک منطقه دارد. این قاعده در ایران مرکزی که بیش از نیمی از وسعت ایران را دربرگرفته است و شهرهای کلان جمعیتی و صنعتی را در خود جای داده است، نقش چشمگیرتری دارد. به‌طوری‌که؛ از یک سو قرارگیری در قلمرو وسیع بیابانی و کویری ایران با اقلیمی گرم و خشک و از سوی دیگر؛ اجبار زیست‌انسانی در این قلمرو، شرایط را کاملاً شکننده نموده و به شدت، تابع شرایط اقلیمی قرار داده است. در این راستا هدف اصلی پژوهش حاضر، شناسایی و تحلیل مکانی خرده نواحی اقلیمی در بخش وسیعی از ایران مرکزی است تا بتوان شرایط میکروکلیمای این پهنه باز شناخته شود. نتایج پژوهش حاضر حاکی از این است که در بخش‌های مرتفع منطقه، پراکنش متغیرهای اقلیمی به شدت تحت تاثیر قرار می‌گیرد، اما این نقش به علت تأثیر عوامل محلی و هم کلان‌مقیاس اقلیمی در تمام پهنه مورد برر سی یک سان نی ست و به همین دلیل، این مناطق در طول سال از شرایط متنوع‌تر اقلیمی والبته، مساعد زیستی برخوردار می‌شوند و لانه‌گزینی اقلیمی در این مناطق نیز دیده می شود. به عنوان مثال؛ کا شان و یزد به عنوان شهرهای کویری و بیابانی ایران با اقلیم گرم و خ شک اما دارای مناطق ویژه گردشگری با اقلیم متفاوت از قلمرو اصلی خود هستند. نیاسر با اقلیم سردکوهستانی در کاشان

و ماهان با اقلیم نسبتاً معتدل در کرمان، لانه‌گزینی اقلیمی را کاملاً نشان می‌دهند. همچنین نتایج نشان داد که اقلیم ایران مرکزی، ساخته ٤ عامل ا صلی اقلیمی ا ست که این عوامل به ترتیب اثرگذاری عبارت‌اند از: بارش، دما، رطوبت و توفان گردوخاک. عامل‌های یادشده جمعاً، ۸٦/۲٪ از رفتار اقلیمی این پهنه را تبیین می‌کنند. عامل بارش به تنهایی با ۳۵٪ از واریانس کل داده‌ها، مهمترین عن صر اقلیمی اثرگذار در این پهنه ا ست که غالباً بر مناطق سردکوه ستانی و ارتفاعات بالا در قلمرو ر شته‌کوه‌های هزار و لاله‌زار، تفتان، کوهرنگ و ... حاکمیت دارد. عامل دما با ۲۷/۳٪، در رتبه دوم اثرگذاری قرار می‌گیرد و در بیابان‌های مرکزی ایران و حوا شی کویر لوت به ویژه در ایستگاه‌های خوروبیابانک، کاشان، بم و لار رخنمون دارد. سومین عامل، رطوبت است با ۱۵/۳٪ که در بخش‌هایی از مناطق گرم و مرطوب جنوبی در ایستگاه‌های بافت، آباده و حتی مناطق سرد و مرطوب شمالی در ایستگاه داران ا صفهان نقش دارد. چهارمین عامل اقلیمی، توفان‌های گردوخاک ا ست که با رقم ۸/۸٪، کم‌ترین عامل اثرگذار در اقلیم ایران مرکزی ا ست اما به صورت پراکنده در اغلب ای ستگاه‌ها وجود دارد به ویژه در ای ستگاه‌های خوروبیابانک، بافق، یزد و کا شان م شاهده می شود. همچنین با انجام تحلیل‌خو شه‌ای، ٤ ناحیه اقلیمی متمایز در ایران مرکزی تحت عنوان؛ ناحیه بار شی شامل ایستگاه‌های شیراز، لار فارس، داران؛ ناحیه سرد کوهستانی شامل ای ستگاه‌های بافت، سیرجان، ا صفهان، کبوترآباد، خوروبیابانک، آباده؛ ناحیه گرم‌وخ شک شامل ای ستگاه‌های خوروبیابانک، کرمان، کاشان و یزد؛ ناحیه بسیارگرم و خشک بادی شامل ایستگاه بم، بافق و یزد شناسایی گردید. بنابراین نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های دیگر پژوهشگران از جهت پهنه‌بندی و الگوی شناسایی گونه‌های اقلیمی انطباق دارد (گل‌کار و همکاران،۱۳۹۵؛ خ سروی و آرامش،۱۳۹۰؛ شیرانی و همکاران،۱۳۸۸؛ طاوو سی و همکاران،۱۳۹۹).

منابع

آروین، عباسعلی، مفیدی‌خواجه، محمد، مازینی، فرشته. ۱۳۹۲. تعیین الگوی زمانی مکانی بارش استان گلستان با استفاده از تحلیل خوشه‌ای، مجله آمایش جغرافیایی فضا، شماره ٦، ۱۱۸-۱۳۱

امیدوار، کمال؛ جعفری‌ندوشن، مهدی. ۱۳۹٦. اثر نوسان قطبی بر تغییرات دما و بارش فصول سرد سال در ایران مرکزی، مجله علوم جغرافیایی، شماره ۲٦، ۳۰-۱۹.

باعقیده، محمد؛ فلاح‌قالهری، غلامعباس؛ حاجی‌محمدی، حسن؛ رضایی، حسن. ۱۳۹٤. بررسی نقش ناهمواری‌ها در شکل‌گیری نواحی و خرده نواحی آب وهوایی استان همدان، اطلاعات جغرافیایی، شماره ۱۰۳، ۱۱۰-۱۲۲.

جهان‌بخش‌اصل، سعید؛ ابطحی، وحیده؛ قربانی، محمدعلی؛ تدینی، ممعصومه؛ والایی، اکرم. ۱۳۹٤. بررسی توزیع زمانی و مکانی بارش شهرستان تبریز با روش تحلیل خوشه‌ای، پژوهشی فضایی جغرافیایی، شماره ۵۹،۵۰-۸۱

حلی‌ساز، ارشک؛ صفی‌خوانی، ساجده؛ ملک‌حسینی، بتول. ۱۳۹۷. ضرورت ابرمدل منابع آب و یکپارچه سازی زنجیره خروجی مدل‌ها، تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۱، ۲۹۰-۲۸۵.

خام‌چین، فرهاد. ۱۳۹٤. پهنه بندی الگوهای زمانی بارش‌های کمتر از٦ ساعته ایران، مجله فناوری اطلاعات در طراحی مهندسی، شماره ۸ ۶۰-٤۸.

خسروی، محمود؛ آرامش، محسن. ۱۳۹۱. پهنه‌بندی اقلیمی استان مرکزی با استفاده از تحلیل عاملی–خوشه‌ای، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۲، ۱۰۰–۷۷.

خورشیددوست، علی‌محمد؛ بیورانی، حسین. ۱۳۹۰. آمار کاربردی برای پژوهشگران محیط‌زیست و زیست‌شناسی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز.

خورشیددوست، علی‌محمد؛ قویدل، یوسف. ۱۳۸۳. مقدمه‌ای بر اصول فلسفی نظریه‌ها و مفاهیم نوین آب و هواشناسی، فضای جغرافیایی، شماره ۱۲، ۲۴–۱.

خورشیددوست، علی‌محمد؛ جهانبخش‌اصل، سعید؛ ولیزاده، کامران، خرم‌آبادی، فرحناز. ۱۳۹۸. واکاوی فضایی خرده نواحی اقلیمی در ایران مرکزی با استفاده از تکنیک‌های آماری، مجله دگرگونی مخاطرات آب‌وهوایی، شماره ۱، ۱–۲۰

خورشیددوست، علی‌محمد؛ سلمان‌پور، رضا. ۱۳۸۷. تحلیل نوسانات و آستانه‌های یخبندان‌های پاییزه و بهاره شهرستان اهر، فضایی جغرافیایی، شماره ۲۱، ۸۵ تا ۱۰۰

شیرانی، فرزانه؛ مزیدی، احمد؛ خداقلی، مرتضی. ۱۳۸۸. پهنه بندی اقلیمی استان یزد با روش های آماری چند متغیره، جغرافیا و توسعه ناحیه ای، شماره ۱۳، ۱۵۷–۱۳۹.

طاووسی، تقی؛ خواجه امیری، چکاوک؛ سالاری فنودی، محمدرضا. ۱۳۹۹. بازنگری طبقه بندی اقلیمی کشور ایران بر پایه متغیرهای اقلیمی، نشریه مدیریت بیابان، شماره ۱۶، ۳۶–۱۷.

علیجانی، بهلول. ۱۳۸۵. اقلیم‌شناسی سینوپتیک، چاپ اول، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.

عیسی‌زاده، محمد؛ دین‌پژوه، یعقوب. ۱۳۹۷. پهنه‌بندی زمانی–مکانی اقلیم بارش ایران و انتخاب ایستگاه‌های با روش‌های آماری چند متغیره، نشریه دانش آب و خاک، شماره ۳، ۱۶۹–۱۸۱

کاووسی، امیر؛ مشکانی، محمدرضا. ۱۳۸۶. پهنه‌بندی و تحلیل فضایی بارش اقلیمی ایران، مجله محیط شناسی، شماره ۴۳، ۴۰–۳۱.

گل‌کار، حمیدرضا؛ رضایی‌نژاد، محمد؛ و طاوسی، مجتبی. ۱۳۹۵. پهنه‌بندی اقلیمی استان خراسان جنوبی با نرم‌افزار GIS، نشریه حفاظت منابع آب‌وخاک، شماره ۱: ۴۸–۵۷

لشنی‌زند، مهران؛ پیامنی، کیانفر؛ احمدی، شهلا؛ ویس‌کرمی، ایرج. ۱۳۹۳. پهنه‌بندی بوم اقلیم‌شناسی ایران، مهندسی و مدیریت آبخیز، شماره ۲، ۱۸۹–۱۷۵.

مسعودیان، سیدابوالفضل؛ دارند، محمد؛ کارساز، سکینه. ۱۳۹۰. پهنه‌بندی بارش غرب و شمال غرب ایران به روش تحلیل خوشه ای، فصل‌نامه جغرافیایی طبیعی، شماره ۱۱، ۳۵–۵۱.

مسعودیان، سیدابوالفضل؛ کاویانی، محمدرضا. ۱۳۸۷. اقلیم‌شناسی ایران، چاپ اول، انتشارات دانشگاه اصفهان. اصفهان.

مسعودیان، سیدابولفضل. ۱۳۸۶. واکاوی تیپ‌های هوای اصفهان، طرح پژوهشی، دانشگاه اصفهان.

مقدم، محمد؛ سیدابوالقاسم، محمدی؛ آقایی، مصطفی. ۱۳۷۳. آشنایی با روش‌های آماری چند متغیره، انتشارات پیشتاز علم، تبریز.

منتظری، مجید. ۱۳۹۴. بررسی نقش ناهمواری‌ها در شکل‌گیری خرده‌نواحی اقلیمی استان کهیلویه و بویراحمد، جغرافیا و توسعه، شماره ۴، ۱۸–۱.

ناظری‌تهرودی، محمد؛ خلیلی، کیوان؛ احمدی، فرشاد. ۱۳۹۵. تحلیل روند تغییرات ایستگاهی و منطقه‌ای نیم قرن اخیر کشور ایران، مجله آب و خاک، شماره ۲، ۶۵۴–۶۴۳

نظم‌فر، حسین؛ گلدوست، اکبر. ۱۳۹۳. پهنه‌بندی آب‌وهوایی شمال و شمال غرب‌ایران با استفاده از تحلیل‌عاملی و تحلیل خوشه‌ای، فضای جغرافیایی، شماره ۴۸، ۱۴۷–۱۶۱.

Ahmad, A., Lakshmivarahan, S., & Stensrud, D. J. (2002). Cluster Analysis of Multi Model Ensemble Data from SAMEX, *Monthly Weather Review*, 130, 226- 256.
Ahmed, B.Y. M. (1997). Climatic classification of Saudi Arabia: an application of factor – cluster analysis, *Geo Journal*, 41, 69–84.
Anyadike, R. N. C. (1987). A multivariate classification and regionalization of West African climate. *Journal of climatology*, 7, 156-164.
Bishop, I. D. (1984). Provisional Climatic Regions of Peninsular Malaysia, *Pertanika*, 3, 19-40.
Bravo-Cabrera, J. L., Azpra-Romero, E., Zarraluqui, S., Gay-García, C., & Estrada-Porrúa, F. (2012). Cluster analysis for validated climatology stations using precipitation in Mexico, *Atmósfera*, 25, 339-354.
Burlando, M., Antoneli, M., & Ratto, C.F. (2008). Mesoscale wind climate analysis: identification of anemological regions and wind regimes, *International Journal of Climatology*, 28, 629 – 641
Carvalho, M.J., Melo-Gonçalves, P., Teixeira, J.C., & Rocha, A. (2016). Regionalization of Europe based on a KMeans Cluster Analysis of the climate change of temperatures and precipitation. P*hysics and Chemistry of the Earth*, 94, 22-28.
Fernandez-cancio, A., Cerrillo, R., Fernandez, R., Hernandez, P., Mendez, E. M., & Martinez, C. C. (2007). Climate classification of Abies pinsapo Boiss. Forests in Southern Spain. Investigation Agraria: *Sistemas Recursos Forestales,* 16, 222-229
Gocic, M., & Trajkovic, S. (2014). Spatio-temporal patterns of precipitation in Serbia. *Theoretical and Applied Climatology*, 117(3-4), 419-431
Govaerts, P. (2000). Geostatistical Approach for Incorporating Elevation into Spatial Interpolation Rainfall, *Journal of Hydrology*, 228, 113-129.
Kalkstian, L., Tan, G., & Skindlov, A. (1987). An evaluation of three clustering procedures for use in synoptic climatological classification, *climate and apply metrological*, 26, 717- 730.
Konstantin, V., & Carpioc, M. (2018). Climatic zoning for building construction in a temperate climate of Chile, *Sustainable Cities and Society*, 20, 178-220.
Lee, J., & Wong, D. (2009). Statistical Analysis with ArcView GIS, *Science journal*, 7, 208-216.
Michailidou, C., Maheras, P., Arseni-Papadimititriou, A., & Kolyva-Machera, F. (2009). Anagnostopoulou, A study of weather types at Athens and Thessaloniki and Their Relationship to Circulation Types for the Cold-Wet Period, Part II: Discriminant Analysis, *Theoretical and Applied Climatology*, 97, 179–194.
Nam, W., Shin, H., Jung, Y., Joo, K., & Heo, J. H. (2015). Delineation of the climatic rainfall regions of South Korea based on a multivariate analysis and regional rainfall frequency analyses. *International Journal of Climatology*, 35(5), 777-793.
Pansera, W. A., Gomes, B. M., Boas, A. V., & Mello, E. L. (2013). Clustering rainfall stations aiming regional frequency analysis. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(2), 877-885.
Satyanarayana, P., & Sirnivas, V.V. (2011). Regionalization of precipitation in data sparse areas using large-scale atmospheric variables – A fuzzy clustering approach. *Journal of Hydrology*, 405, 462-473.
Singh, C. V. (1999). Principal Components of Monsoon Rainfall in Normal, Flood and Drought Years over India, *International Journal Climatology*, 19, 639- 952.
Umirbekov, A., Peña-Guerrero, M. D., & Müller, D. (2022). Regionalization of climate teleconnections across Central Asian Mountains improves the predictability of seasonal precipitation, *Environmental Research Letters*, 17, 550-560.
Wang, Sh., Xu, X., Tang, Q., Liu, M., & Yu, J. (2010). A Study on Eco-hydrology Regionalization and its Application. *IEEE*. DOI: 10.1109/ICBBE.2010.5515467.