جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۲۲، بهار ۱۳۹۶
وصول مقاله : ۱۳۹۵/۳/۲۱
تأیید نهایی : ۱۳۹۵/۹/۱۳
صفحات : ۷۰ - ۵۷

ناحیه‌بندی و تحلیل بارش‌های نواحی مرکزی ایران با استفاده از روش‌های زمین آمار

دکتر عبدالله فرجی [۱]، مهدی دوستکامیان [۲]، فاطمه قهرمانی [۳]، زهرا ربیعی [۴]، احسان رشید بیگی [۵]

چکیده

هدف از این مطالعه، ناحیه‌بندی و تحلیل چرخه‌های بارش نواحی مرکزی کشور است. بدین منظور از ۲۹ متغیّر اقلیمی برای۷۲ ایستگاه سینوپتیکی و کلیماتولوژی، طی دورهٔ آماری از سال‌های ۱۳۵۹ تا ۱۳۹۰ استفاده شده است. برای دست‌یابی به این هدف، ابتدا با استفاده از روش‌های زمین‌آمار، پایگاه داده‌ای به ابعاد ۲۹× ۳۶۷۳ کیلومتر تشکیل شده است. سپس به‌منظور ناحیه‌بندی اقلیمی از روش‌های تحلیل خوشه‌ای و تحلیل ممیّزی بهره گرفته شده است. به‌منظور آشکارسازی چرخه‌های نهان و آشکار بارش هریک از نواحی، از تحلیل طیفی (تحلیل همسازه‌ها) استفاده شده است. داده‌های حاصل از متغیرهای اقلیمی انتخاب شده به روش تجزیهٔ خوشه‌ای ادغام وارد[۶]، مورد بررسی و تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت که پس از ترسیم دندروگرام چهار پهنهٔ اقلیمی (۱- ناحیه‌ای بارش زیاد، دمای بسیار کم و رطوبت زیاد؛ ۲- بارش متوسط، دمای کم و رطوبت متوسط؛ ۳- بارش بسیار کم، دمای بسیار زیاد و رطوبت بسیار کم؛ ۴- بارش کم، دمای زیاد و رطوبت کم) شناسایی شد. به‌منظور ارزیابی نتایج حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای، از روش تحلیل ممیّزی و آزمون تفاضل میانگین استفاده شد. نتایج حاصل از تحلیل ممیّزی نشان داد که ۹۸/۸۷ درصد از ایستگاه‌ها به‌طور صحیح در گروه مربوط به خود قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل از اعمال تحلیل چرخه‌های بارش هر یک از این نواحی نشان داد که در هر چهار گروه، بیشتر چرخه‌های کوتاه‌مدت ۲ تا ۴ ساله حاکم بوده است؛ با وجود این، متنوع‌ترین چرخه‌ها در ناحیهٔ یک، به‌دلیل عواملی مانند مجاورت با آب‌های خلیج فارس و قرارگیری در سایهٔ ناهمواری‌های زاگرس، رخ داده است.

کلید واژگان: ناحیه‌بندی، بارش، زمین‌آمار، تحلیل تشخیص.

۱- استادیار اقلیم شناسی- دانشگاه زنجان abfaraji@znu.ac.ir
۲- دانشجوی دکتری تغییر اقلیم- دانشگاه زنجان (نویسنده مسؤول) s.mehdi67@gmail.com
۳- کارشناس ارشد آب و هواشناسی سینوپتیک- دانشگاه زنجان ghahramani_fg@yahoo.com
۴- کارشناس ارشد آب و هواشناسی سینوپتیک- دانشگاه زنجان zahra_rabiee@znu.ac.ir
۵- دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی- دانشگاه زنجان ehsan.rashidbeigi@gmail.com

6. Ward

مقدمه

اقلیم، ترکیبی از عناصر هوا در یک ناحیهٔ معین است که معمولاً برای دوره‌ای که چند دهه را دربر می‌گیرد، اندازه‌گیری می‌شود؛ بنابراین تنها با استناد به چند عنصر دما، فشار و جریان بادها یا فقط میزان رطوبت اتمسفر محلی و بارندگی‌های جوی نمی‌توان به بررسی و شناخت اقلیم یک ناحیه پرداخت. آنچه که مناطق اقلیمی متفاوت را از هم متمایز می‌کند، نحوهٔ ترکیب عناصر اقلیمی و میزان اهمیت آنهاست. برای یک طبقه‌بندی اقلیمی کامل، می‌بایست نحوهٔ تأثیر همهٔ پدیده‌ها و فرایندهای جوی بر یکدیگر مورد بررسی قرارگرفته و اطلاعات مربوط به وضعیت کمّی عناصر اقلیمی در ارتباط با زمان تهیه شود (جعفرپور،۱۳۸۶:۳).

ناحیه‌بندی و طبقه‌بندی در طی دورهٔ زمانی طولانی در تمام زمینه‌های علم جغرافیا همواره مورد نظر بوده است. هرچند اولین تلاش‌ها در این زمینه در آب و هواشناسی صورت گرفته، اما تعیین مرز بین مناطق مختلف اقلیمی به‌صورت یک مشکل باقی مانده است (حیدری و همکاران، ۱۳۷۸: ۷۴–۵۷). تنوع حاصل منشأ عناصر اقلیمی در پهنهٔ اقلیمی ایران به‌خصوص نواحی مرکزی ایران بسیار زیاد است؛ برای مثال تنوع منشأ بارش در نقاط مختلف ایران سبب شده است تا در هر منطقه مقدار ریزش‌های جوّی و زمان بارش متفاوت باشد (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۷: ۱۲۶). جدیدترین مطالعات در زمینهٔ ناحیه‌بندی توسط عساکره و دوستکامیان (۱۳۹۳) انجام شده است. وی با استفاده از ۱۲ ۲۴ پارامتری به ناحیه‌بندی آب قابل بارش جوّ ایران پرداختند که نتایج نشان داد، ایران به‌لحاظ آب قابل بارش در سه بخش قابل تقسیم است. در این تقسیم‌بندی نواحی مرکزی ایران به‌لحاظ مقدار آب قابل بارش در ضعیف‌ترین نواحی قرار گرفته است. با وجود این، مرزبندی و تفکیک زمانی- مکانی به واحدهای نسبتاً مستقل از یکدیگر براساس یک یا چند معیار مفروض همواره در کانون توجه جغرافی‌دانان بوده است. امروزه با استفاده از تکنیک‌های نوین آماری، اقلیم‌شناسان به‌دنبال استفاده از روش‌هایی می‌باشند که با حداقل خطا، واقعیت‌های موجود در پهنه‌های اقلیمی را آشکار سازد (منتظری،۱۳۹۰: ۱۷۱۹۵- ۱۷۱۶۹؛ مسعودیان و عطایی،۱۳۸۴: ۱۲-۱)؛ بنابراین با گذشت زمان و پیدایش رایانه‌ها و نرم‌افزارهای خاص اقلیمی و مهمتر از همه، افزایش تعداد ایستگاه‌های هواشناسی و تولید داده‌ها در مقیاس‌های ساعتی، مورد استقبال محققان جدید قرار گرفته است و برای شناخت نواحی اقلیمی از طبقه‌بندی‌های نوین مانند تحلیل عاملی، تحلیل مؤلفهٔ مبنا استفاده می‌شود (موحدی و همکاران،۱۳۹۱: ۷۳–۶۴). امروزه در خارج و داخل ایران، از این روش‌های نوین به‌منظور شناسایی و طبقه‌بندی اقلیم‌های مختلف کاربرد زیادی پیدا کرده است؛ به‌طوری که می‌توان با استفاده از این روش‌ها، مکان‌های جغرافیایی مشابه را شناسایی کرد. از اواسط قرن گذشته، افراد مختلفی در سطح دنیا طرح‌های طبقه‌بندی اقلیمی زیادی ارائه کرده‌اند که در جهان در سطح میکرو و ماکرو به‌کار برده شده است. در این میان، طرح‌های طبقه‌بندی کوپن (۱۳۹۱) و تورنث وایت (۱۹۳۱ و ۱۹۴۸) معروفیت جهانی دارند و محققان مختلف در سطح دنیا از آن برای طبقه‌بندی مناطق استفاده کرده‌اند (حیدری و علیجانی،۱۳۷۸: ۷۴-۵۷). در ایران نیز برای شناسایی و طبقه‌بندی نواحی اقلیمی مختلف، مطالعاتی صورت گرفته است. سلیقه و همکاران (۱۳۸۷) در تحقیقی به‌منظور پهنه‌بندی اقلیمی استان سیستان و بلوچستان، با استفاده از روش تحلیل عاملی دریافتند که اقلیم سیستان و بلوچستان ساختهٔ عوامل رطوبت جوّی، بارش، تابش و حرارت است که باعث ایجاد ۵ ناحیهٔ اقلیمی در این استان می‌شود. خسروی و آرامش (۱۳۹۱) در تحقیق دیگری به‌منظور پهنه‌بندی اقلیمی استان مرکزی با استفاده از تحلیل عاملی- خوشه‌ای بهره گرفتند. شیرانی و همکاران (۱۳۸۸) در تحقیق خود به‌منظور پهنه‌بندی اقلیمی استان یزد با استفاده از روش‌های تحلیل خوشه‌ای و تحلیل عاملی، دریافتند که اقلیم استان یزد از عوامل

بارش، دمای گرمایشی،گردوغبار، باد و رطوبت متأثر شده است. غیور و منتظری (۱۳۸۳) در مطالعهٔ دیگری به‌منظور پهنه‌بندی رژیم‌های دمایی ایران که با اعمال تحلیل خوشه‌ای سلسله‌مراتبی (پایگانی) و روش ادغام (وارد) صورت گرفت، سه قلمرو اصلی رژیم دمایی کشور قلمرو جنوب را مشخص کردند. موحدی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعهٔ خود درجهتِ پهنه‌بندی نواحی اقلیمی استان خوزستان که با اعمال تحلیل عاملی انجام دادند دریافتند، چهار عامل گرمایی، بارش زمستانی، بارش پاییزی و بارش رطوبتی باعث ایجاد ۵ پهنهٔ اقلیمی در استان خوزستان می‌شود. نظری‌پور و سعیدآبادی (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای به‌منظور تعیین فصول اقلیمی زاهدان با روش تحلیل خوشه‌ای دریافتند که چهار فصل اقلیمی متمایز و متفاوت از فصل تقویمی بر زاهدان حاکم است. منتظری (۱۳۹۰) در تحقیق دیگری به‌منظور شناسایی فصول دمایی ایران با استفاده از تحلیل خوشه‌ای دریافت که دمای ایران از نظر زمانی به سه فصل چهار ماهه قابل تفکیک است. فصل سرد که شامل یک دورهٔ ۴ ماهه، فصل گرم یک دورهٔ ۴ ماهه و فصل معتدل که شامل دو دورهٔ ۲ ماهه است. حیدری و علیجانی (۱۳۷۸) در مطالعه‌ای به‌منظور طبقه‌بندی اقلیمی ایران با استفاده از تکنیک‌های آماری چند متغیره، ۳ عامل رطوبت، دما و جهت‌گیری باد را مورد تحلیل عاملی قرار داده و ۶ ناحیهٔ اقلیمی همگن را برای ایران شناسایی کردند.

علم اقلیم‌شناسی اغلب نتایج مشاهداتی را که در طی زمان (مکان) (سری‌های زمانی) روی داده‌اند، مطالعه می‌کند. مطالعه سری‌های زمانی طولانی مدت عناصر اقلیمی نقش مهمی در مطالعات اقلیمی و کشف نوسانات و تغییر(پذیری) در طبیعت این عناصر بازی می‌کند. در هر سری زمانی، رفتار دیگری وجود دارد که آن را تغییرات نامنظم یا تصادفی گویند. این تغییرات کاملاً تصادفی بوده و نتیجهٔ عوامل غیرقابل‌پیش‌بینی هستند که به طریقی نامنظم عمل می‌کنند. این‌گونه تغییرات هیچ‌گونه طرح مشخصی ندارند و زمان وقوع آنها نامنظم و معمولاً کوتاه‌مدت بوده است؛ گاهی تأثیر آنها به‌اندازه‌ای زیاد است که باعث پیدایش تغییرات دوره‌ای و تغییرات دیگر می‌شود. کلیهٔ روش‌های توصیف، تحلیل و پیش‌بینی روند مشاهدات و نیز تکنیک‌های ترسیمی وابسته، در زمرهٔ رویکردهای زمانی تحلیل سری‌های زمانی است در این صورت، تحلیل سری زمانی براساس ضرایب خودهمبستگی را تحلیل در رویکرد زمان می‌گویند. دانشمندان زیادی همچون ارله[1] و همکاران (۱۹۹۹)، گیل[2] و همکاران (۲۰۰۱)، اولسن[3] و همکاران (۲۰۰۸)، سعی در معرفی روش‌های مختلف این تکنیک داشته‌اند. در ایران با استفاده از این تکنیک مطالعات انجام شده است، اما این مطالعات بیشتر به‌صورت ایستگاهی بوده است. ازاین‌رو، هدف از این مطالعه ضمن اینکه تعیین ناحیه‌بندی اقلیمی است، به تحلیل چرخه‌های بارش هریک از نواحی پرداخته شده است.

داده‌ها و روش‌شناسی

در این مطالعه به‌منظور طبقه‌بندی اقلیمی و تحلیل چرخه‌های نواحی مرکزی از ۲۹ پارامتر اقلیمی (روزهای ابری، آسمان صاف، روزهای با بارندگی ۱ میلی‌متر و یا بیشتر، روزهای با بارندگی ۵ میلی‌متر و بیشتر، روزهای با بارندگی ۱۰ میلی‌متر و بیشتر، روزهای همراه با توفان تندری، روزهای با دمای ۲۱ درجه و بالاتر، روزهای با دمای ۳۰ درجه و بالاتر، روزهای با دمای ۴- درجه و کمتر، روزهای همراه با حداکثر بارندگی، فشار، مجموع بارندگی ماهیانه، مجموع ماهیانه ساعات آفتابی، روزهای همراه با بارش بیشتر از صفر، میانگین حداقل رطوبت نسبی، میانگین حداکثر دمای روزانه، میانگین، حداکثر رطوبت نسبی، میانگین رطوبت نسبی، رطوبت نسبی در ساعت ۰۳ گرینویچ، رطوبت نسبی در ساعت ۰۹ گرینویچ، رطوبت نسبی در ساعت ۲۱ گرینویچ، سرعت باد، فشار بخار آب، حداقل دمای روزانه، حداکثر دمای صفر و

1. Earle
2. Ghil
3. Olsen

کمتر، حداقل دمای صفر و کمتر، روزهای با توفان گردوخاک، روزهای همراه با برف و برفابه و میانگین ماهیانه دما) و ۷۲ ایستگاه همدید و کلیماتولوژی استفاده شد. کلیهٔ آمار مورد استفاده آغاز ۱۳۶۰، خاتمه آنها تا سال ۱۳۸۹ است. تعداد ایستگاه‌های مورد استفاده، ۷۲ ایستگاه می‌باشد. با توجه به اینکه ارزش و دقت اطلاعات دانسته‌های اقلیمی با طول دورهٔ آماری بیشتر، نتایج بهتر و دقیق‌تری می‌دهد. برای دستیابی به این منظور در این پژوهش، ایستگاه‌هایی انتخاب شده‌اند که بیشترین طول دورهٔ آماری را دارند و علت اینکه این تعداد ایستگاه انتخاب شده است، همین طول دورهٔ آماری زیاد آنها بوده است. همهٔ مراحل و روش کار با استفاده از روش‌های زمین‌آمار در محیط GIS انجام شده است. پس از مرتب‌سازی و کنترل کیفی داده‌ها، ماتریس‌هایی به ابعاد ۲۹ در ۷۲ از متغیرها برای هر سال تشکیل شد. در ماتریس مذکور، متغیرها در ۲۹ ستون و ایستگاه‌ها در ۷۲ ردیف جای گرفتند. با ترسیم نقشهٔ هر پارامتر برای هر سال، در مجموع ۱۱۰۲ نقشه تولید شد که پس از تبدیل به داده و انجام عمل میانگین‌گیری درنهایت ماتریسی با ابعاد ۲۹×۳۶۷۳ کیلومتر ایجاد گردید و به‌عنوان پایگاه داده‌ای در این تحقیق مورد استفاده واقع شد. بدین‌صورت که هر ستون متعلق به یک متغیر است. روش‌های مورد استفاده در این مطالعه، درجهتِ طبقه‌بندی اقلیمی روش تحلیل خوشه‌ای می‌باشد. تکنیک خوشه‌ای روشی آماری است که افراد را برحسبِ اندازهٔ همانندی میان آن‌ها خوشه می‌کند (مسعودیان، ۱۳۸۲: ۳۶). به‌منظور صحت و ارزیابی گروه‌بندی حاصل خوشه‌بندی از تحلیل تابع تشخیص و آزمون میانگین استفاده شد.

نتایج و بحث

برای تحلیل مکانی داده‌ها از نیم‌تغییرنگار روش‌های کریجینگ استفاده شده است. اصلی‌ترین درون‌یابی، ارائه مدلی مناسب بر نیم‌تغییرنگار است تا به‌وسیلهٔ آن بتوان درون‌یابی را انجام داد.

جدول ۱. نتایج ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی به روش کریجینگ برای متغیرهای مورد استفاده

متغیر	MAE	MBE	ASE	RMSS	RMS	روش	مدل	مدل رگرسیون
روزهای ابری	۵/۳۹	/۱۳۵	۷/۰۷	/۹۸	۶/۸۹	ok	کروی	$Y = 0/35X + 20/78$
آسمان صاف	۹/۳۹	-/۳۹	۱۲/۱۴	/۹۹	۱۱/۹۵	sky	دایره ای	$Y = 0/65\ X + 84/64$
روزهای با بارندگی ۱ میلی‌متر و یا بیشتر	۴/۸۰	/۱۲۶	۶/۳۶	/۹۹	۵/۷۳	sky	دایره ای	$Y = 0/62\ X + 9/35$
روزهای با بارندگی ۵ میلی‌متر و بیشتر	۲/۸۱	/۰۰۵	۴/۱۴	/۹۳	۳/۴۶	sky	کروی	$Y = 0/50X + 4/54$
روزهای با بارندگی ۱۰ میلی‌متر و بیشتر	۱/۷۰	/۰۶۲	۲/۵۵	/۸۳	۲/۲۸	ok	کروی	$Y = 0/35X + 2/76$
روزهای همراه با توفان تندری	۲/۲	/۰۰۸	۲/۷۵	۱/۰۴	۲/۹۳	sky	گوسی	$Y = 0/32\ X + 3/31$
روزهای بادمای ۲۱ درجه و بالاتر	۲۶/۰۱	-۲/۸۶	۳۲/۳۷	/۹۵	۳۰/۸۷	sky	کروی	$Y = 0/51X + 21/05$
روزهای با دمای ۳۰ درجه و بالاتر	۱۳/۷	-۲/۳۹	۲۹/۵۱	۱/۰۸	۳۱/۲۱	uk	کروی	$Y = 0/44X + 77/28$
روزهای با دمای ۴- درجه و کمتر	۱۰/۸	-/۰۲۹	۲۰/۱۶	/۸۱	۱۶/۲۷	sky	نمایی	$Y = 0/29\ X + 15/89$
روزهای همراه با حداکثر بارندگی	۵/۲	-/۳۳	۸/۱۶	/۸۹	۷/۱۶	sky	نمایی	$Y = 0/42\ X + 12/96$
فشار	۲۶/۵	-/۵۲۶	۵۶/۳۹	/۹۴	۹۸/۶۳	uk	دایره ای	$Y = 0/46\ X + 461/61$
مجموع بارندگی ماهیانه	۴۲/۹	-۱/۰۷	۶۷/۳۴	/۹۶	۵۶/۶۸	sky	دایره ای	$Y = 0/50\ X + 68/51$
مجموع ماهیانهٔ ساعت‌های آفتابی	۸۹/۸	-/۳۷۳	۱۱۷/۱	/۹۴	۱۱۰/۶	ok	دایره ای	$Y = 0/37\ X + 2050/2$
روزهای همراه با بارش بیشتر از صفر	۵/۷	/۳۲۵	۷/۴۴	۱/۰۳	۷/۲۷	sky	دایره ای	$Y = 0/72\ X + 11/18$
میانگین حداقل رطوبت نسبی	۱/۹	/۰۰۴	۲/۸۳	/۸۶	۲/۵	ok	گوسی	$Y = 0/59\ X + 9/78$
میانگین حداکثر دمای روزانه	۱/۹۲	-/۷۷	۲/۴۷	۱/۰۲	۲/۳	sky	دایره ای	$Y = 0/60\ X + 9/46$
میانگین حداکثر رطوبت نسبی	۴/۵۵	-/۰۸۷	۶/۴۲	/۹۲	۵/۸	sky	نمایی	$Y = 0/44\ X + 29/80$
میانگین رطوبت نسبی	۲/۵۷	/۱۸۵	۳/۶۹	/۹۱	۳/۴	sky	نمایی	$Y = 0/61\ X + 14/19$
رطوبت نسبی در ساعت ۰۳ گرینویچ	۴/۴۰	/۰۰۲	۶/۴۵	/۹۷	۶/۲	uk	نمایی	$Y = 0/42\ X + 29/76$

رطوبت نسبی در ساعت ۰۹ گرینویچ	۲/۰۲	/۱۰۲	۲/۸۳	/۹۳	۲/۵	sky	نمایی	$Y = 0/72\,X + 7/69$
رطوبت نسبی در ساعت ۲۱گرینویچ	۲/۷۶	/۰۴۵	۳/۴۶	۱	۳/۴	sky	گوسی	$Y = 0/57\,X + 13/63$
سرعت باد	۱/۳۱	-/۰۰۱	۱/۶۲	۱/۰۱	۱/۶	ok	نمایی	$Y = -5/41\,X + 4/78$
فشار بخار آب	/۸۷	-/۰۰۹	۱/۲۳	۱/۰۶	۱/۱	sky	نمایی	$Y = 0/56\,X + 2/99$
حداقل دمای روزانه	۱/۵۲	/۱۴۲	۲/۷۳	۱/۱۲	۳/۵	ok	کروی	$Y = 0/56\,X + 2/89$
حداکثر دمای صفر و کمتر	۱۱/۴۹	-/۷۸۹	۱۵/۱۶	/۸۱	۸/۳	sky	نمایی	$Y = 0/46\,X + 3/99$
حداقل دمای صفر و کمتر	۲/۷۹	-/۳۱۹	۴/۱۶	/۹۱	۱/۱	sky	کروی	$Y = 0/76\,X + 2/79$
روزهای با توفان گردو خاک	۱۲/۲۱	-/۲۲۹	۲۰/۱۶	/۴۱	۲/۲	sky	نمایی	$Y = 0/66\,X + 8/92$
روزهای همراه با برف و برفابه	۴/۳۹	/۸۳۵	۳/۰۷	/۶۸	۴/۱	ok	کروی	$Y = 0/96\,X + 10/19$
میانگین ماهیانه دما	۱۳/۱۲	-/۲۷	۲/۷۷	۱/۸۲	۱۲/۹	sky	دایره ای	$Y = 0/51\,X + 14/21$

منبع: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵)

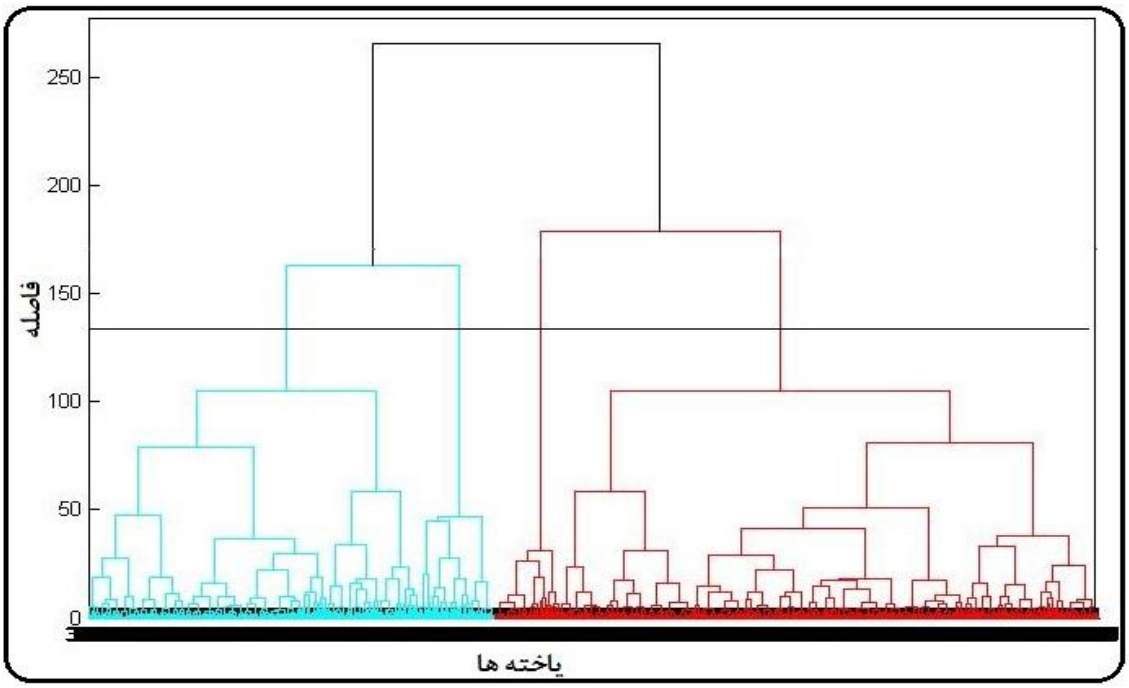
مدل‌های استفاده شده درجهتِ برازش، شامل سه روش کریجینگ معمولی (OK)، ساده (SK) و عام (UK) با مدل‌های دایره‌ای[1]، گوسی[2]، کروی[3] و نمایی[4] است. نتایج این بررسی در جدول ۱ قابل مشاهده است. با توجه به این مدل، بهترین مدلی که قادر به توجیه هر متغیّر مکانی می‌باشد، در جدول ۱ آورده شده است. با استفاده از روش‌های درون‌یابی با مدل‌های مذکور، درون‌یابی انجام گرفته؛ سپس با بهره‌گیری از معیارهای خطا، به ارزیابی صحت و دقت آنها پرداخته شده و نتایج ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی برای هر متغیّر ارائه شده است. نتایج حاصل از درون‌یابی روش‌های زمین‌آمار به‌عنوان منبع داده‌ها در مراحل بعد تحقیق استفاده شده است؛ برای مثال بهترین مدل برای درون‌یابی مجموع ساعت آفتابی ماهانه، مدل گریجینگ معمولی از نوع دایره‌ای می‌باشد که دارای کمترین خطای RMS با رقم ۱۱۰/۶ و دارای ضریب تبیین ۰/۵۶۸ هستند که به‌دلیل بالا بودن ضریب تبیین بالا نسبت به بقیهٔ مدل‌های این روش، به‌عنوان بهترین مدل این روش انتخاب می‌شود و متغیّر فشار در روش کریجینگ عام، مدل دایره‌ای با کمترین خطای RMSE با رقم ۹۸/۴و دارای ضریب تبیین ۰/۵۷ می‌باشند که به دلیل بالا بودن ضریب تبیین نسبت به بقیهٔ مدل‌های این روش مناسب‌ترین مدل در روش کریجینگ عام انتخاب می‌شود. بهترین مدل در بین سایر مدل‌ها برای ارزیابی و درون‌یابی متغیّر بارش به توجه به خطای کمتر مدل کریجینگ ساده از نوع دایره‌ای انتخاب شده است. همچنین، نتایج ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی براساس معیارهای آماری نشان داد که روش سادهٔ مدل دایره‌ای، مناسب‌ترین روش درجهتِ برآورد توزیع مکانی دما در مناطق مرکزی کشور به‌شمار می‌رود؛ زیرا دارای کمترین خطای RMSE، MBE و MAE از بین همهٔ روش‌هاست. سایر مدل‌های دیگر تفسیر مشابهی دارند که نتایج آنها در جدول ۱ مشخص شده است.

ناحیه‌بندی و تحلیل چرخه‌ها

در این مرحله، پس از ارزیابی بهترین روش‌های زمین‌آمار به‌منظور درون‌یابی متغیّرهای مورد استفاده و تشکیل پایگاه داده‌ای درجهتِ پهنه‌بندی و طبقه‌بندی اقلیمی از تحلیل خوشه‌ای استفاده شد. در این مرحله، با استفاده از تجزیهٔ خوشه‌ای سلسله‌مراتبی و به کمک روش، وارد یک تحلیل خوشه‌ای بر روی ماتریس ۳۶۷۳×۲۹ در نواحی مرکزی ایران انجام گرفت. فاصلهٔ میان هریک از یاخته‌ها با یاخته‌های دیگر، از طریق فاصلهٔ اقلیدیسی مشخص گردیده است. سپس با تکیه بر نمودار درختی ناحیه‌بندی سالانه مشخص شده است. به‌منظورِ بررسی و ارزیابی طبقه‌بندی حاصل از تحلیل خوشه‌ای، از آزمون اختلاف میانگین برابری خوشه‌ها و تحلیل ممیّزی استفاده شد. با استفاده از تحلیل ممیّزی، احتمال اینکه هر یاخته متعلق به گروه خود باشد، حساب شد. نتایج به‌دست آمده از تحلیل

1 . Circler Model
2 . Gaussian Model
3. Spherical model
4. Exponential model

ممیّزی نشان داد که ۹۷/۸۶ درصد از ایستگاه‌ها به‌طور صحیح در گروه مربوط به خود قرار داشتند. نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای در شکل (۱) آورده شده است. در این شکل، خط مشکی رنگ تعداد ناحیه یا گروه‌ها را مشخص می‌کند. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، گروه اول و چهارم دارای دو زیر گروه می‌باشد. در شکل (۳و۴) نتایج حاصل از پهنه‌بندی به روش تحلیل ممیّزی و تحلیل خوشه‌ای آورده شد. با استفاده از هر دو روش تحلیل خوشه‌ای و تحلیل ممیّزی، چهار ناحیه شناسایی شد. شکل‌های ۳و۴ نتایج مقایسه‌ای حاصل از تحلیل ممیّزی و تحلیل خوشه‌ای برای هرگروه را نشان می‌دهد.



شکل ۱. دندروگرام حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای به روش وارد بروی‌یاخته‌های حاصل از روش زمین‌آمار

تهیه و ترسیم: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵)

بارش زیاد دمای بسیار کم و رطوبت زیاد: این منطقه از نواحی مرکزی، به‌دلیل همجوار بودن با نواحی پربارش زاگرس نسبت به نواحی دیگر مرطوب‌تر است، به‌طوری که میانگین بارش در این نواحی ۲۹۵/۲ میلی‌متر می‌باشد. میانگین رطوبت در این نواحی ۴۲/۱ درصد و نسبت به نواحی دیگر بیشترین است که با وجود این، درصد کمی از مساحت را به خود اختصاص داده است. براساس تحلیل خوشه، تنها ۷/۴۸ درصد از نواحی مرکزی ایران دارای بارش زیاد و دمای بسیار کم و رطوبت زیاد است (جدول ۲). تحلیل چرخه‌ها در این قسمت از نواحی مرکزی نشان داد که نسبت به سایر نواحی ، تنوع چرخه‌ها زیاد می‌باشد؛ به‌طوری که علاوه بر چرخه‌های ۲ تا ۶ ساله، چرخه‌های ۷ و ۱۳ ساله هم مشاهده شده است. عواملی از قبیل مجاورت با آب‌های خلیج‌فارس و قرارگیری در سایهٔ ناهمواری‌های زاگرس نیز می‌تواند باعث تنوع زیاد در الگوهای بارش شود؛ بنابراین می‌توان گفت که علاوه‌بر سیستم‌های کلان‌مقیاس جوّی، عوامل محلی و همسایگان نیز در وقوع الگوهای آب قابل بارش در این منطقه دخالت دارند. بررسی چرخه‌های آب قابل بارش نشان داد که این منطقه از کشور دارای چرخه‌های متنوع است (عساکره و همکاران، ۱۳۹۳: ۴۴۴-۴۵۳).

جدول ۲. بعضی مشخصات توصیفی ناحیهٔ بارش زیاد دمای بسیار کم و رطوبت زیاد

فراسنج	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی
دما	۱۶/۸	۳/۵	۲۰/۸	۱/۴	۴/۸
بارش	۲۹۵/۲	۷۸/۱	۴۰/۹	/۸۴	۲/۲
رطوبت	۴۲/۱	۳/۴	۸/۲	-/۳۷	۲/۳

منبع: (یافته‌های تحقیق ۱۳۹۵)

براساس نتایج به‌دست آمده، چرخه‌های ۳- ۲ بیشترین حاکمیت را در بارش این منطقه دارند (جدول ۶). بیشتر دانشمندان این چرخه‌ها را به ال‌نینو – نوسانات جنوبی (ENSO) و تغییرات دوسالانه (QBO) الگوی بزرگ‌مقیاس گردش عمومی جوّ و جریانات مداری نسبت داده‌اند؛ به عنوان مثال، کین و تگزیرا (۱۹۹۱) چرخه‌های ۳- ۲ ساله در بارش ماساچوست، هارتمن و همکاران (۲۰۰۸) چرخه‌های ۳- ۲ ساله در بارش چین و عساکره و رزمی (۱۳۹۱) چرخه‌های ۳- ۲ ساله بارش شمال غرب ایران را به تغییرات دو سالانه (QBO) نسبت داده‌اند. کالایجیو همکاران (۲۰۰۴) چرخه های ۶- ۲ ساله را در بارش ترکیه را به رخداد ال‌نینو مربوط دانستند.

بارش متوسط دمای کم و رطوبت متوسط: این قسمت از نواحی مرکزی که بیشتر استان‌های سمنان، قم و بخش‌هایی از اراک را شامل می‌شد. براساس تحلیل خوشه و تحلیل ممیّزی به‌ترتیب ۳۲/۶ و ۳۳/۳۳ درصد از مساحت را به خود اختصاص داده است. میانگین بارش در این نواحی ۱۵۷/۸ میلی‌متر و دما ۱۸/۱ درجهٔ سانتیگراد می‌باشد. در این نواحی، بارش به توجه به ضریب تغییرات بالای ۴۵ درجه نسبت به دو عنصر دیگر، توزیع پراکندگی بیشتری دارد (جدول ۳). تحلیل چرخه‌های بارش در این قسمت از نواحی مرکزی نشان داد که چرخه‌های ۲ تا ۴ ساله بیشترین حاکمیت را بر بارش این منطقه دارند. به‌طوری که در این بخش از نواحی مرکزی، چرخه‌های ۲ تا ۴ ساله بیشترین فراوانی وقوع را دارند (جدول ۶)؛ بنابراین، در این مناطق تغییرات دوسالانه (QBO) بزرگ‌مقیاس جوّی و همچنین پدیدهٔ ال‌نینو در رخداد بارش تأثیر داشته و منجر به حاکمیت چرخه‌های فوق در بارش این بخش از کشور شده است. می‌توان گفت که علاوه بر سیستم‌های کلان‌مقیاس جوی، عوامل محلی و همسایگان نیز در وقوع الگوهای بارش در این منطقه دخالت دارند.

جدول ۳. بعضی مشخصات توصیفی ناحیهٔ بارش متوسط دمای کم و رطوبت متوسط

فراسنج	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی
دما	۱۸/۱	۳/۱	۱۷/۲	/۶۱	۳/۸
بارش	۱۵۷/۸	۷۶/۷	۴۸/۶	/۹۰	۲/۷
رطوبت	۳۷/۹	۴/۹	۱۲/۹	-/۵۲	۱/۸

منبع: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵)

بارش بسیارکم دمای بسیار زیاد و رطوبت بسیار کم: این نواحی که بیشتر بخش‌های استان کرمان و قسمت‌های اندکی از غرب سیستان و بلوچستان را تشکیل می‌دهد، براساس روش تحلیل خوشه‌ای و تحلیل ممیّزی، تنها ۶/۵۰ و ۶/۷ درصد از مساحت را به خود اختصاص داده است (جدول ۴). میانگین بارش اندک و دمای بسیار بالا نشان از منطقهٔ بسیار خشک و کم‌باران است. در داده‌های بارش، چولگی مثبت می‌باشد (چوله به راست) که نشان‌دهندهٔ این مطلب است که مساحت یا پهنه‌های کمتر از میانگین، بیشتر از پهنه‌های بالاتر از میانگین می‌باشد، ولی در داده‌های دما و رطوبت، درست برعکس بارش است؛ یعنی مساحت یا پهنه‌های بیشتر از میانگین، کمتر از پهنه‌های بالاتر از میانگین می‌باشد. تحلیل چرخه‌ها در

ایـن نـواحی نشـان داد کـه بـر بـارش ایـن منطقـه، چرخه‌های ۲ و ۱۸ ساله حاکمیت دارد. آزاد و همکاران (۲۰۰۹) چرخه‌های ۵-۳ ساله را در بارش موسمی هند ناشی از پدیدهٔ انسو دانسته‌اند. چرخه‌هـای ۱۱ سـاله و بالاتر در این نواحی مشاهده شد (شـکل ۲و جـدول ۶). جهانبخش و عدالت‌دوست (۱۳۸۷) وجود این چرخه‌ها را به‌ویژه در منطقهٔ آذربایجان، ناشی از چرخـهٔ فعالیـت لکه‌های خورشیدی و نوسانات اطلس شمالی دانسته‌اند.

جدول ۴. بعضی مشخصات توصیفی ناحیهٔ بارش بسیار کم دمای بسیار زیاد و رطوبت بسیار کم

فراسنج	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی
دما	۲۰/۴	/۶۹	۳/۴	-/۶۸	۲/۶
بارش	۷۲/۵	۱۰/۱	۱۳/۷	/۴۲	۲/۷
رطوبت	۲۷/۹	۱/۱	۴/۱	-/۰۴۱	۲/۱

منبع: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵)

بارش کم دمای زیاد و رطوبـت کـم: ایـن نـواحی کـه تقریباً مرکز کشور را تشکیل می‌دهد، بیش از نیمـی از مسـاحت (۵۰/۳۸) درصـد را بـه خـود اختصـاص داده است. این نواحی بیشـتر شـامل بخـش‌هـای زیـادی از استان یزد، بخش‌های زیـادی از کرمـان و بخـش‌هـای شرقی استان اصفهان می‌باشد. میـانگین دمـا، بـارش و رطوبت در این نواحی به‌ترتیب ۱۹/۱ درجهٔ سانتی‌گراد، ۱۱۶/۱ میلی‌متر و ۳۴/۱ درصد است (جدول ۵).

جدول ۵. بعضی مشخصات توصیفی ناحیهٔ بارش کم دمای زیاد و رطوبت کم

فراسنج	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی
دما	۱۹/۱	۲/۸	۱۴/۷	/۸۵	۳/۹
بارش	۱۱۶/۱	۴۱/۹	۳۶/۱	۱/۴	۵/۶
رطوبت	۳۴/۱	۳/۱	۹	/۲۵	۲/۲

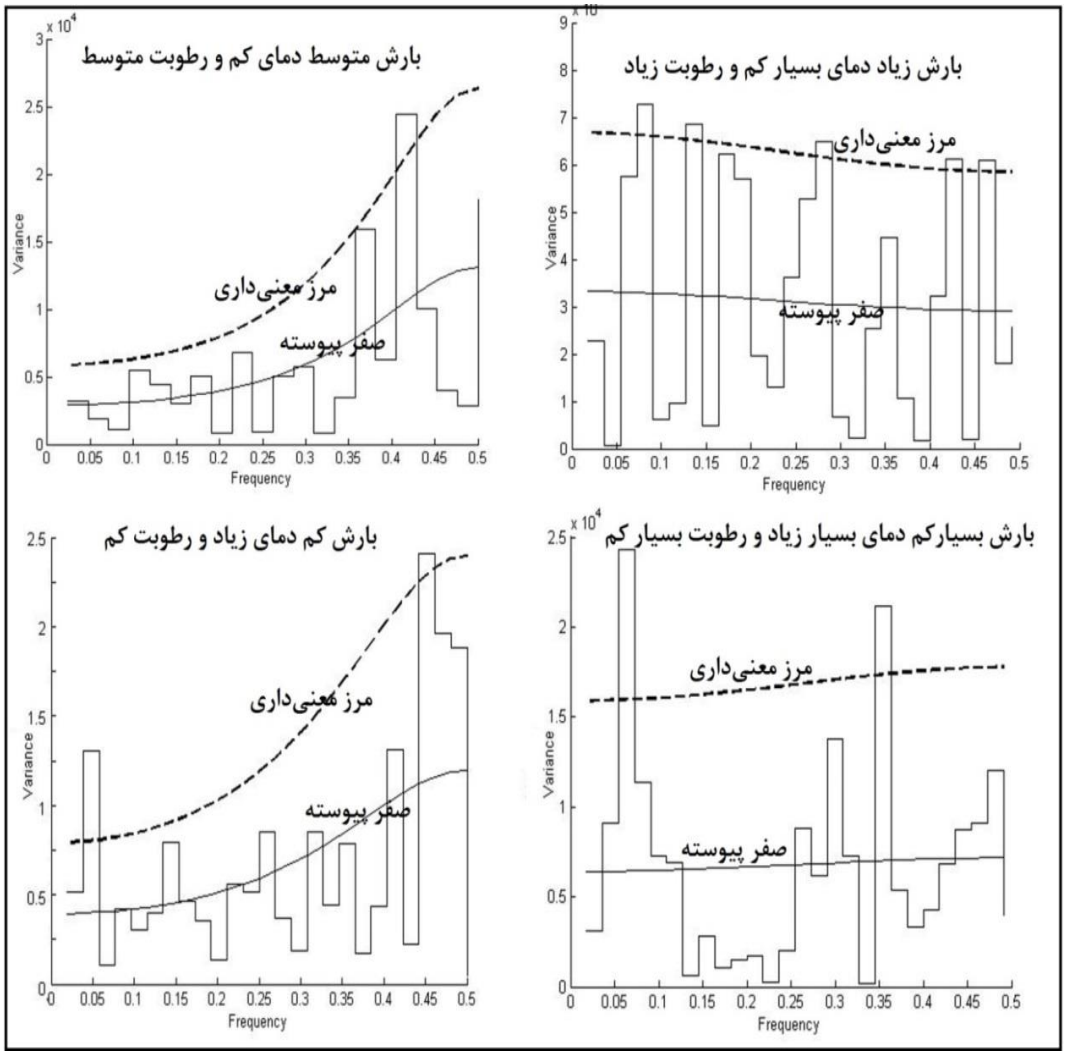
منبع: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵)

در بین این سه عنصر ضریب تغییرپذیری بارش بیشـتر می‌باشد، به‌طوری که در تمام نواحی توزیـع پراکنـدگی این عنصر مشهود بود. حداکثر بـارش در ایـن منطقـه، ۱۸۹/۵ میلی‌متر بوده است. کشیدگی مثبت بـرای هـر سه پارامتر، بیانگر افراشتگی داده‌ها مـی‌باشـد. تحلیـل چرخه‌های بارش در این نواحی نشان داد که عـلاوه بـر چرخه‌های ۲ تا ۳ ساله، چرخه‌های ۲۶ ساله هم وجـود داشت (جدول ۶)؛ بنابراین می‌توان گفت کـه در چهـار ناحیه بیشتر بر بارش چرخه‌های کوتاه‌مدت حاکم بوده است که بـا نتـایج عسـاکره و همکـاران (۱۳۹۳: ۴۴۴-۴۵۳) کـه ثابـت کردنـد، بـر آب قابـل بـارش کشـور چرخه‌های کوتاه‌مدت ۲ تا ۴ ساله حاکم است مطابقـت دارد.

جدول ۶. چرخه‌های بارش حاصل از تحلیل خوشه‌ای و تحلیل ممیّزی برای هریک از نواحی (یافته‌های تحقیق)

	نواحی	چرخهٔ بارش
خوشهٔ ۱	بارش زیاد دمای بسیار کم و رطوبت زیاد	۲ تا ۴، ۱۳، ۷ ساله
خوشهٔ ۲	بارش متوسط دمای کم و رطوبت متوسط	۲ تا ۴ ساله
خوشهٔ ۳	بارش بسیارکم دمای بسیار زیاد و رطوبت بسیار کم	۲، ۱۸ ساله
خوشهٔ ۴	بارش کم دمای زیاد و رطوبت کم	۲تا۳، ۲۶ ساله

منبع: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵)



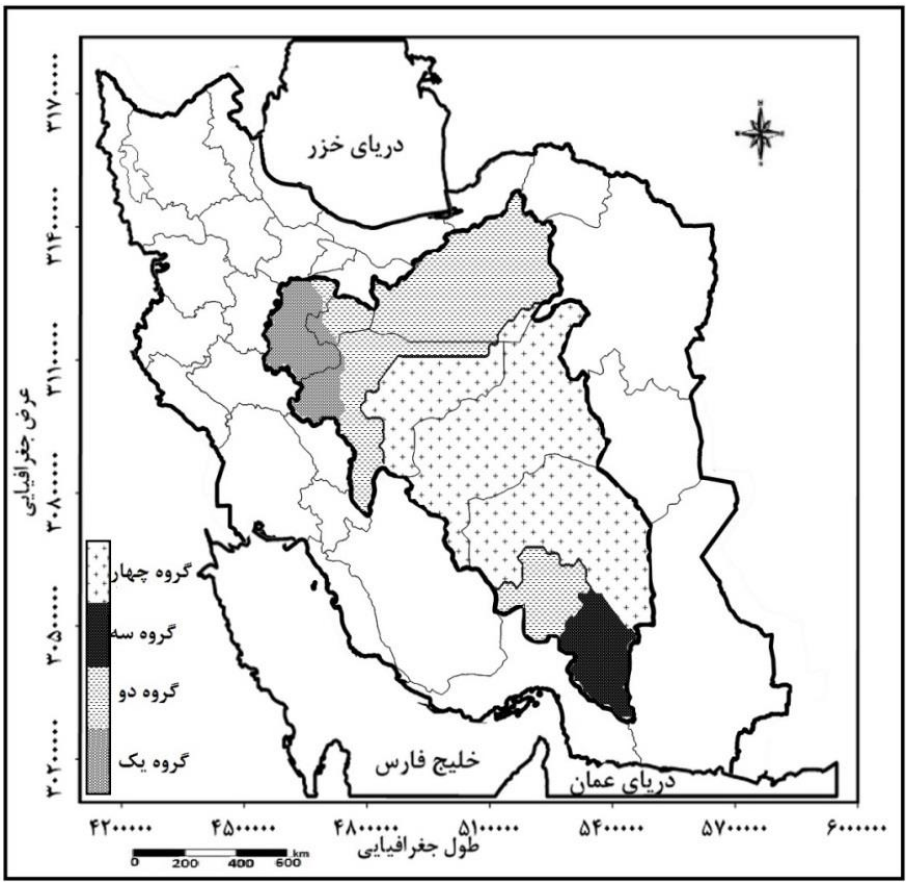
شکل ۲. دورهٔ نگار، طیف و مرز معنی‌داری سری‌های زمانی بارش خوشه‌های مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵)

جدول ۷. درصد مساحت هریک از نواحی براساس تحلیل خوشه‌ای و تحلیل ممیّزی (یافته‌های تحقیق)

	نواحی	تحلیل خوشه‌ای	تحلیل ممیّزی
خوشهٔ ۱	بارش زیاد دمای بسیار کم و رطوبت زیاد	۷/۴۸	۷/۵۹
خوشهٔ ۲	بارش متوسط دمای کم و رطوبت متوسط	۳۲/۶	۳۳/۳۳
خوشهٔ ۳	بارش بسیار کم دمای بسیار زیاد و رطوبت بسیار کم	۶/۵۰	۶/۷
خوشهٔ ۴	بارش کم دمای زیاد و رطوبت کم	۵۰/۳۸	۵۴/۲

منبع: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵)



شکل ۳. ناحیه‌بندی اقلیمی نواحی مرکزی ایران به روش تحلیل خوشه‌ای

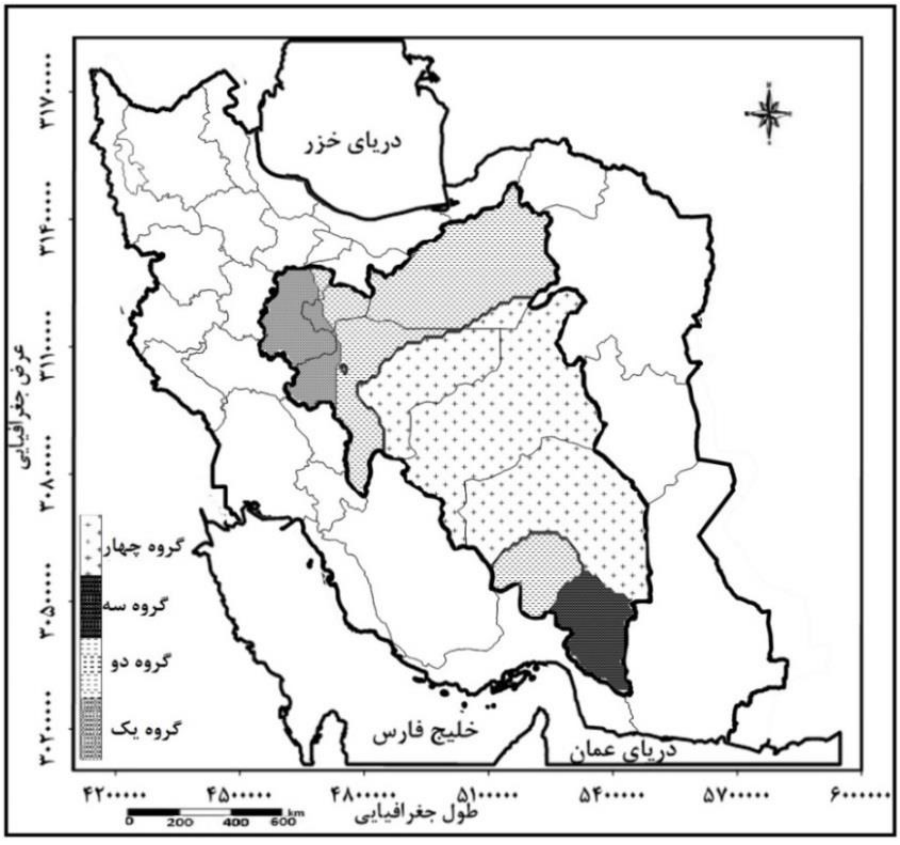
تهیه و ترسیم: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵)

در تحلیل ممیّزی، توابعی خطی حاصل می‌شود که در واقع توابع خطی همان تابع ممیّزی است که اندازهٔ هریک از ضرایب، نقش تابع را در گروه‌بندی‌ها مشخص می‌کند. یک تابع معمولاً موجب افراز (ممیّز) یک گروه از n-1 گروه دیگر می‌شود (اشرفی، ۱۵۸:۱۳۸۸)؛ بنابراین درنهایت n-1 تابع ممیّزی ایجاد می‌شود. در اینجا منظور از n تعداد گروهها است. درنهایت، سه تابع خطی L برای چهار گروه به‌دست آمده است. تابع L می‌تواند سبب تشخیص دو گروه از یکدیگر شود. در این صورت، واریانس مقادیر L بین دو گروه بسیار بیشتر از واریانس مقادیر L در داخل دو گروه است. توابع خطی به‌دست آمده از تحلیل ممیّزی، به‌صورت زیر می‌باشد:

$$
\begin{aligned}
l_1 = {} & -1.294(x1)\ .195(x2)\ .676(x3) + .854(x4) - .382(x5)\ .282(x6) \\
& + 4.456(x7) - 1.087(x8) + 5.346(x9) - 4.903(x10) \\
& + 0.433(x11) - 0.446(x12) + 3.462(X13) + 2.022(X14) \\
& + 1.27(x15) - .841(x16) - 3.973(x17) - 4.954(x18) \\
& - 2.495(x19) + .716(x20) + 1.21(x21) + 1.42(x22) - 2.65(x23) \\
& - 4.65(x24) + 4.665(25) + .546(x26) + 2.019(x27) \\
& - .619(x28) + 1.145(29)
\end{aligned}
$$

$$l_2 = -.211(x1)\ .008(x2)\ .498(x3) + .439(x4) - 1.866(x5) - .082(x6) + 1.668(x7) - 2.887(x8) + 2.419(x9) - .580(x10) + .400(x11) - .316(X12) + .578(X13) - 3.855(X14) + 1.199(x15) + .250(x16) - 2.877(x17) + 4.067(x18) - .410(x19) + .463(x20) + .549(x21) - .889(x22) - 2.877(x23) - 3.193(x24) - .343(25) + 2.546(x26) - .402(x27) + .363(x28) + .749(29)$$

$$l_3 = 3.721(x1) - .909(x2) - .646(x3) - .747(x4) + 6.144(x5) - .738(x6) + .839(x7) - 6.239(x8) - 2.825(x9) - 2.355(x10) - 1.160(x11) + .511(X12) - 2.281(X13)6.652(X14) - .026(x15) - 2.373(x16) - 6.877(x17) - 8.067(x18) + 3.695(x19) + .539(x20) + 1.549(x21) - 3.337(x22) - 6.877(x23) + 8.872(x24) + 6.201(25) + 3.546(x26) - .989(x27) + .539(x28) + 1.949(29)$$

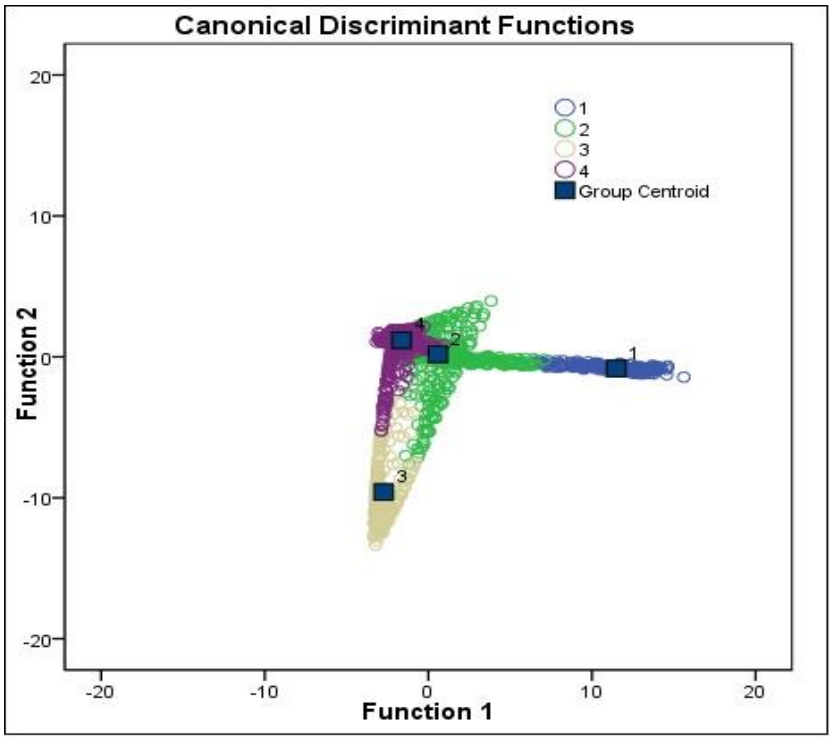


شکل ۴. ناحیه‌بندی اقلیمی نواحی مرکزی ایران به روش تحلیل ممیّزی

تهیه و ترسیم: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵)

در توابع L هریک از ضرابی پارامترها شبیه ضرایب رگرسیون تفسیر می‌شوند و سهم تفکیکی هر متغیّر مستقل در هریک از تابع تشخیص را ضمن کنترل اثر سایر متغیرها نشان می‌دهد، به‌طوری که با استفاده از این ضرایب می‌توان تابع (معادله) تشخیصی ایجاد کرد (همان: ۲۵۰). همچنین، با جایگزین کردن مقادیر زیر برای هریک از متغیّر، نمرهٔ تابع تشخیص آن را می‌توان محاسبه کرد؛ برای مثال به‌ازای یک واحد تغییر در تابع اول ۴۴۶/- میلی‌متر تغییر در بارش ایجاد می‌شود، این مقدار برای تابع دوم ۳۱۶/- و برای تابع سوم ۵۱۱/

میلی‌متر می‌باشد یا برای مثال، به‌ازای یک واحد تغییر در تابع دوم، ۷۴۹/ درجهٔ سانتی‌گراد تغییر در دما ایجاد می‌شود. سایر پارامترها تفسیر مشابهی دارند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، متغیّر ۹ (روزهای با دمای ۴- درجه و کمتر) بیشترین تأثیر را در تفکیک گروه‌ها در تابع اول دارد. برای تابع دوم متغیّر ۱۴ بیشترین نقش را دارد. شکل(۵) پراکنش یاخته‌های هریک از گروههای به‌دست آمده از تحلیل ممیّزی و همچنین مرکز ثقل هریک از گروهها را نشان می‌دهد. محور افقی این نمودار تابع اول و محور افقی، تابع دوم است.



شکل ۵. نمای کلی پراکنش یاخته‌های گروه‌های به‌دست آمده از تحلیل ممیّزی

تهیه و ترسیم: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵)

نتیجه‌گیری

بررسی و شناخت نوع اقلیم یک منطقه و عناصر غالب مؤثر بر آن، تعیین‌کنندهٔ اقلیم هر منطقه است. در واقع اقلیم، تمامی عناصر جوّی را در خود جای دارد؛ با وجود این، طبقه‌بندی اقلیم یک منطقه بر مبنای چند عنصر، هر چند تأثیرگذار، نمی‌تواند به‌طور دقیق اقلیم یک منطقه را تعیین کند. طبقه‌بندی اقلیم یک منطقه، زمانی به خوبی انجام می‌گیرد که با استفاده از پارامترهای اقلیمی بسیار زیاد انجام شود؛ ازاین‌رو، در این مطالعه برای ناحیه‌بندی اقلیمی با استفاده از ۷۲ ایستگاه سینوپتیکی و کلیماتولوژی و ۲۹ متغیّر اقلیمی از روش تحلیل خوشه‌ای و تحلیل ممیّزی و برای تحلیل چرخه‌های بارش هریک از این نواحی، از تحلیل طیفی استفاده شده است. نتایج حاصل از اعمال تحلیل خوشه‌ای و تحلیل ممیّزی، بیانگر وجود چهار ناحیهٔ اقلیمیاست: ۱- ناحیهٔ بارش زیاد، دمای بسیار کم و رطوبت زیاد؛ ۲- بارش متوسط، دمای کم و رطوبت متوسط؛ ۳- بارش بسیار کم، دمای بسیار زیاد و رطوبت بسیار کم؛ ۴- بارش کم، دمای زیاد و رطوبت کم در نواحی مرکزی. نتایج حاصل از تحلیل چرخه‌های بارش هریک از این نواحی نشان داد که در مجموع، چرخه‌های کوتاه‌مدت ۲ تا ۴ ساله، بیشتر حاکمیت را بر بارش هر چهار ناحیه داشته است؛ با این حال، متنوع‌ترین چرخهٔ بارش، در ناحیهٔ بارش زیاد، دمای بسیار کم و رطوبت زیاد مشاهده شده است.

منابع

اشرفی، سعیده (۱۳۸۸). پهنه‌بندی اقلیمی بارشی شمال غرب ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه زنجان.

جعفرپور، محمد (۱۳۸۶). مبانی آب و هوای کرهٔ زمین. انتشارات دانشگاه پیام نور تهران.

جهانبخش، سعید؛ عدالت‌دوست، معصومه (۱۳۸۷). تغییر اقلیم در ایران (مطالعهٔ موردی: شاخص نوسانات اطلس شمالی به‌عنوان شاخصی از تأثیرات فعالیت خورشیدی بر تغییرات بارش آذربایجان). سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. دانشگاه تبریز.صص ۱-۱۲.

حیدری، حسن؛ بهلول، علیجانی (۱۳۸۷). طبقه‌بندی اقلیمی ایران با استفاده از تکنیک‌های آماری چند متغیره. پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی دانشگاه تهران. شمارهٔ ۲۷. صص ۷۴-۵۷.

خسروی، محمود؛ آرامش، محسن (۱۳۹۱). پهنه‌بندی اقلیمی استان مرکزی با استفاده از تحلیل عاملی-خوشه‌ای. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی‌دانشگاه اصفهان. شمارهٔ ۲. صص۱۰۰-۸۷.

سلیقه، محمد؛ بریمانی، فرامرز؛ مرتضی، اسمعیل‌نژاد (۱۳۸۷). پهنه‌بندی اقلیمی استان سیستان و بلوچستان. جغرافیا و توسعه زاهدان. شمارهٔ ۱۲. صص ۱۱۶-۱۰۱.

شیرانی، فرزانه؛ مزیدی، احمد؛ خداقلی، مرتضی (۱۳۸۸). پهنه‌بندی اقلیمی استان یزد با روش‌های آماری چند متغیره. جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای مشهد. شمارهٔ ۱۳. صص ۱۴۰-۱۵۷.

عساکره، حسین؛ مهدی، دوستکامیان (۱۳۹۳). تحلیل تغییرات ناهنجاری‌ها و چرخه‌های آب قابل بارش جوّ ایران، شماره ۴، صص ۴۴۴-۴۳۵.

غیور، حسنعلی؛ منتظری، مجید (۱۳۸۳). پهنه‌بندی رژیم‌های دمایی ایران با مؤلفه‌های مبنا و تحلیل خوشه‌ای. جغرافیا و توسعه، شماره ۴، صص ۲۱-۳۴

مسعودیان، ابوالفضل؛ عطایی، هوشمند (۱۳۸۴). شناسایی فصول بارشی ایران به روش تحلیل خوشه‌ای. مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان. شمارهٔ ۱. صص ۱۲-۱.

مسعودیان، ابوالفضل؛ کاویانی، محمدرضا(۱۳۸۷). اقلیم‌شناسی ایران. اصفهان: انتشارات دانشگاه. چاپ اول.

منتظری، مجید (۱۳۹۰). شناسایی فصول دمایی ایران به روش تحلیل خوشه‌ای. فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی اصفهان. شمارهٔ ۲. صص ۱۷۱۹۵-۱۷۱۶۹.

موحدی، سعید؛ حیدری‌ناصرآباد، بهروز؛ هاشمی‌عنا، سیدکرامت؛ رنجبر، فیروز (۱۳۹۱). پهنه‌بندی اقلیمی استان خوزستان. فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی دانشگاه ازاد اهر. شمارهٔ ۴۰، صص ۷۳-۶۴.

نظری‌پور، حمید؛ رشید، سعیدآبادی (۱۳۹۱). تعیین فصول اقلیمی زاهدان با روش تحلیل خوشه‌ای. جغرافیا و توسعه دانشگاه زاهدان. شمارهٔ ۲۶. صص ۹۷-۸۷.

Azad, Sarita and T. S. Vigneshb and R. Narasimha, (2009): Periodicities in Indian MonsoonRainfall over Spectrally Homogeneous Regions. Int. J. Climatology, DOI: 10.1002/joc.2045.

Earle M.D, K.E. Steele, D.W.C. Wang (1999): Use of Advanced Directional Wave Spectra Analysis Methods. Ocean Engineering 26, 1421–1434.

Ghil.M, M. R. Allen, M. D. Dettinger, K. Ide, D. Kondrashov, M. E. Mann, A. W. Robertson, Saunders. Tian, F. Verdi, and P. Yiou (2001): Advanced Spectral Methods for Climatic Time Series. Reviews of Geophysics, 40, 1, pages 1-1–1-41.

Hartmann, S. Becker, and L. King, (2008): Quasi-Periodicities in Chinese Precipitation Time Series. Theor. Appl. climatology. Vol 92, pp 155–163.DOI 10.1007/s00704-007-0317-1.

Kane, R. P. and Teixeira. N R. (1991): Power Spectrum Analysis of the Annual Rainfall Series for Massachusetts (NE. U.S.A). Climatic Change, 18: 89-94.

Olsen Lena Ringstad, Probal Chaudhuri, Fred Godtliebsen (2008): Multistage Spectral Analysis for Detecting Short and Long Range Change Points in Time Series. Computational Statistics and Data Analysis 52, 3310–3330.