

## تعیین نواحی پایدار آب‌وهوایی استان کرمان با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره

کمال امیدوار\* - استاد اقلیم‌شناسی، دانشگاه یزد  
مرضیه شمس‌الدینی فرد - کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه یزد

پذیرش: ۱۳۹۴/۶/۲

وصول: ۱۳۹۴/۲/۹

### چکیده

شناخت ویژگی‌های پایدار آب‌وهوایی هر منطقه می‌تواند در امر برنامه‌ریزی و آمایش سرزمین نقش مهمی ایفا کند. تعیین دقیق نواحی پایدار آب‌وهوایی جهت دستیابی به توسعه پایدار هر منطقه ضروری است. یکی از روش‌های نوین تعیین نواحی پایدار آب‌وهوایی، روش‌های آماری چند متغیره مانند تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای با استفاده از GIS است. با توجه به پهنای استان کرمان، تنوع آب‌وهوایی زیادی در این استان وجود دارد. در این پژوهش، برای شناسایی دقیق نواحی پایدار آب‌وهوایی این منطقه، از روش‌های آماری تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. بدین منظور ۳۶ متغیر آب‌وهوایی از ۱۲ ایستگاه هواشناسی استان در یک دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۷۹-۲۰۰۸) انتخاب شده است. متناسب با فاصله‌های ایستگاه‌ها و تغییرات مکانی متغیرهای انتخابی، شبکه‌ای به ابعاد ۱۵\*۱۵ کیلومتر بر روی استان کرمان گسترانده شد. با استفاده از روش کریجینگ مقادیر ۳۶ متغیر برآورد گردید. 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 نواحی آب‌وهوایی استفاده شد و نقشه‌های مربوط با استفاده از GIS ترسیم گردید. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که نواحی پایدار آب‌وهوای استان کرمان ساخته چهار عامل به ترتیب دما، بارش، رطوبت و باد است که ۹۰/۷۷ درصد واریانس متغیرهای اولیه را تشکیل می‌دهد. بارزترین ویژگی نواحی پایدار آب‌وهوایی مناطق جنوبی این استان، گرما، در نواحی کوهستانی بارش، در نواحی جیرفت و کهنوج رطوبت و در نواحی بیابانی باد است. با استفاده از تحلیل خوشه‌ای که بر روی چهار عامل انجام شد و بر اساس امتیازات عاملی، وجود شش ناحیه پایدار آب‌وهوایی در این استان مشخص می‌شود.

واژگان کلیدی: نواحی پایدار آب‌وهوایی، تحلیل عاملی، تحلیل خوشه‌ای، استان کرمان.

## مقدمه

علم جغرافیا پراکندگی و چگونگی پراکنش پدیده‌ها را مطالعه می‌کند. فضا را از نظر پراکندگی پدیده‌ها می‌توان به نواحی مختلف تقسیم‌بندی نمود. قسمت‌هایی از فضای روی زمین که از نظر داخلی متجانس و با نواحی اطراف خود تمایز دارند را می‌توان یک ناحیه دانست. تمام پدیده‌های روی زمین که در زندگی انسان مؤثر هستند در قلمرو مطالعه و تحقیق قرار می‌گیرد. آب‌وهوا یکی از مهم‌ترین و مؤثرترین این پدیده‌ها در زندگی انسان است. بشر امروز، جهت توسعه مراکز شهری و صنعتی و افزایش منابع غذایی، نیازمند افزایش اطلاعات خود در زمینه پهنه‌های متفاوت آب‌وهوایی است. فقدان اطلاع از خرده‌آب‌وهوای نواحی، برنامه‌ریزی‌های اقتصادی و کشاورزی انسان را با شکست مواجه می‌سازد. هیچ برنامه‌ریزی محیطی و آمایش سرزمین نمی‌تواند بدون تکیه بر امکانات بالقوه آب‌وهوایی استوار باشد (مسعودیان، ۱۳۸۲).

موقعیت جغرافیایی، وضع پستی و بلندی، دوری و نزدیکی از دریا، واقع شدن در مسیر بادهای خشک و سرد، آب‌وهوا، جنس خاک و ترکیب این عوامل در به وجود آمدن تیپ‌های آب‌وهوایی هر منطقه دخالت می‌کنند. جستجوی بشر، افزایش منابع غذایی و توسعه مراکز شهری و صنعتی، دامنه اطلاعات وی را در زمینه اقلیم مختلف افزایش داده و به دنبال آن پهنه‌بندی نواحی پایدار آب‌وهوایی جهت استفاده مؤثر از این اطلاعات ضرورت یافته است (سیدان و محمدی، ۱۳۷۶).

استان کرمان به صورت حوزه بسته‌ای در داخل فلات مرکزی ایران واقع شده است. اختلاف شدید ارتفاعی، عرض جغرافیایی و واقع شدن در مجاورت یکی از خشک‌ترین کویرهای جهان، باعث تنوع آب‌وهوایی در این استان شده است. ارتفاعات این استان، دنباله کوه‌های مرکزی ایران از چین خوردگی آتشفشانی آذربایجان شروع و تا بلوچستان ادامه دارد. مرتفع‌ترین نقطه استان کوه هزار با ارتفاع ۴۴۶۵ متر و گودترین نقطه، دشت شهداد با ارتفاعی کمتر از ۲۵۰ متر از سطح دریا است. وجود دشت‌های حاصلخیزی مانند دشت زرند، رفسنجان، شهداد، نماشیر بهم و رودبار جازموریان، خاتون‌آباد سیرجان، ارزوئیه و صوغان‌بافت که عمدتاً به وسیله ارتفاعات سخت و صخره‌ای درهم‌ریخته محصور گردیده‌اند این استان را به یکی از قطب‌های مهم کشاورزی کشور تبدیل نموده است که از مهم‌ترین این محصولات می‌توان به پسته، خرما و مرکبات اشاره کرد.

اولین کار در زمینه تعیین نواحی آب‌وهوایی توسط یونانی‌ها صورت گرفت که با استفاده از مدارهای مهم، از قبیل استوا، رأس‌السرطان و مدار قطبی، کره زمین را به سه منطقه آب‌وهوایی استوائی، معتدله و قطبی تقسیم نمودند (سیدان و محمدی، ۱۳۷۶).

در سال ۱۸۱۷ الکساندر فون هومبالت نقشه میانگین دمای سالانه جهان را ترسیم کرد. ویلادیمیر کوپن این نقشه را اصلاح و در سال ۱۸۸۴ نقشه‌های جهان را ترسیم کرد. از این پس روش‌های کمی جای روش‌های سنتی طبقه‌بندی را گرفتند و جای خود را به روش‌های پویای کمی دادند که در آنها معیار و آستانه‌ها را شرایط مسئله تعیین می‌کرد، یا اساساً آب‌وهوا برحسب سامانه‌های همدید پدید آوردن طبقه‌بندی می‌شد، یا شناسایی نواحی آب‌وهوایی، تحلیل‌های چند متغیره بود. (مسعودیان، ۱۳۸۲).

جلالا به منظور تعیین مناطق پایدار همگون از نظر آب‌وهوایی با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی مناطق غرب آمریکا دو مدل طبقه‌بندی را ارائه کرد که نهایتاً وی با دو روش، ۱۲ منطقه همگون را مشخص نمود (جلالا، ۱۹۸۱: ۲۶۲)

وایت و پری نیز، ناحیه‌بندی نواحی آب‌وهوایی انگلستان را بر اساس داده‌های آگروکلیمایی انجام دادند (وایت و پری<sup>۱</sup>، ۱۹۸۹: ۲۷۱). آنیادیک اقالیم غرب آفریقا را با استفاده از ۱۷ متغیر آب‌وهوایی و ۱۰۹ ایستگاه هواشناسی در دوره آماری (۱۹۹۳-۱۹۷۱) پهنه‌بندی نمود (آنیادیک<sup>۲</sup>، ۱۹۸۷). ویگتانو و شولان به پهنه‌بندی آب‌وهوایی کشاورزی آمریکا و کانادا با استفاده از روش مؤلفه‌های مینا و تحلیل خوشه‌ای پرداخته‌اند که به خوبی با قلمروی طبیعی منطقه انطباق دارد (دیاگاتانولد و شولمند<sup>۳</sup>، ۱۹۹۰) گانگ و همکاران در تحقیقی کاربرد آنالیز خوشه‌ای در داده‌های بارندگی فصل رشد را در کوه‌های راکی در شمال آمریکا مورد بررسی قرار دادند که پس از بررسی‌های سینوپتیکی مشخص شد که پهنه‌های بارشی به دست آمده با فرایندهای جوّی حاکم بر منطقه سازگاری دارند (گانگ و ریچمن<sup>۴</sup>، ۱۹۹۴) باسالیوا با استفاده از روش‌های تحلیل عاملی، دوران واریماکس و مؤلفه‌های مینا، کشور اوگانادا را به ۱۴ ناحیه بارشی پهنه‌بندی نمود (باسالیوا<sup>۵</sup>، ۱۹۹۵). کارتر و همکاران با استفاده از تحلیل عاملی و روش‌های دوران متعامد به پیش‌بینی بارش پورتوریکو پرداخته‌اند که در نهایت ۶ عامل و ۶ ناحیه را از هم تفکیک کرده‌اند (کارتر<sup>۶</sup>، ۱۹۹۷). راموس به بررسی تغییرپذیری الگوی توزیع بارش در منطقه مدیترانه با روش خوشه‌بندی پرداخت و نتیجه نشان داد که الگوهایی که شامل بهار خشک و پاییز بارانی است در طول دوره آماری افزایش یافته در حالی که در بارش سالانه روند شخصی ملاحظه نشده است (راموس<sup>۷</sup>، ۲۰۰۱).

کریمی با تغییراتی در روش گریگوری، با استفاده از سه شاخص رطوبت، سرما و خاک، روشی را تحت عنوان روش پیشنهادی برای منطقه مرکزی ایران ارائه نمود (کریمی، ۱۳۶۶). حجتی‌زاده با استفاده از ۵۴ ایستگاه هواشناسی با به‌کارگیری تحلیل محوره‌های مختصاتی بر مبنای فرمول فیثاغورث آب‌وهوای ایران را بر اساس ۸ متغیر آب‌وهوایی به ۱۰ ناحیه طبقه‌بندی نمود (حجتی‌زاده، ۱۳۷۱: ۴۲). ترابی و جهانبخش با استفاده از داده‌های ماهانه ۴۱ ایستگاه هواشناسی سینوپتیکی و با استفاده از روش تحلیلی عاملی تجزیه مؤلفه‌های اصلی به طبقه‌بندی نواحی پایدار آب‌وهوایی ایران پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که مهم‌ترین مؤلفه مینا در این طبقه‌بندی نم نسبی است (ترابی و جهانبخش، ۱۳۷۲). از دیدگاه نیازهای گرمایش - سرمایش نیز خلیلی به پهنه‌بندی آب‌وهوایی بر گستره ایران پرداخته است که در نهایت نقشه پهنه‌بندی آب‌وهوایی ایران در مقیاس یک میلیونیم در محیط GIS را تهیه و ارائه کرد (خلیلی، ۱۳۸۳).

حیدری نیز با استفاده از مقادیر کواریانس بارش ماهانه در ۲۶ ایستگاه هواشناسی در شمال غرب کشور، با طول دوره آماری چهارده‌ساله نشان داد که ۳ عامل اصلی در ناحیه‌بندی شمال غرب و غرب ایران مؤثرند (حیدری، ۱۳۸۴). ناظم‌السادات به ناحیه‌بندی بارندگی زمستانه استان‌های بوشهر، فارس و کهگیلویه و بویراحمد با استفاده از دو روش تحلیلی مؤلفه‌های اصل پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که منشأ تشکیل ابرها و تولید بارش زمستانه برای مناطق شمال شرق استان فارس تا حد معناداری با منشأ تولید بارش برای

1- White &amp; Perry

2- Anyadike

3- Degaetanod and Schulman

4- Gong &amp; Richman

5- Basaliwa

6- Carter

7- Ramos

مناطق دیگر استان‌های فارس، بوشهر و کهگیلویه و بویراحمد متفاوت است (ناظم‌السادات، ۱۳۸۷). خدافلای به بررسی پهنه‌بندی زیست آب‌وهوای حوضه زاینده‌رود با روش‌های تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای پرداخت. یافته‌های این بررسی نشان داد که ۵ عامل به عنوان عوامل شناسایی و ۸ پهنه آب‌وهوایی - ریشی وجود دارد (خدافلای، ۱۳۸۴: ۱۴۴). اسماعیل‌نژاد به بررسی پهنه‌بندی نواحی پایدار آب‌وهوایی استان سیستان و بلوچستان با روش‌های تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای و اتوکورولیشن مکانی پرداخته است که در نهایت نشان داد آب‌وهوای استان، ساخته ۵ عامل و ۵ ناحیه آب‌وهوایی است (اسماعیل‌نژاد، ۱۳۸۵: ۱۰۱). شیرانی با تجزیه و تحلیل‌هایی که با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره بر روی استان یزد انجام داد، مشخص کرد که نواحی پایدار آب‌وهوایی استان متأثر از ۵ عامل است و آب‌وهوای استان را به ۶ ناحیه تقسیم نمود (شیرانی، ۱۳۸۷: ۹۵).

با توجه به وسعت زیاد استان کرمان، تعیین دقیق نواحی پایدار آب‌وهوایی این استان می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های مختلف و توسعه پایدار و همه‌جانبه استان مؤثر واقع شود. هدف این تحقیق، تعیین نواحی پایدار آب‌وهوایی استان کرمان با استفاده از روش‌های نوین و آماری چند متغیره است.

### مواد و روش‌ها

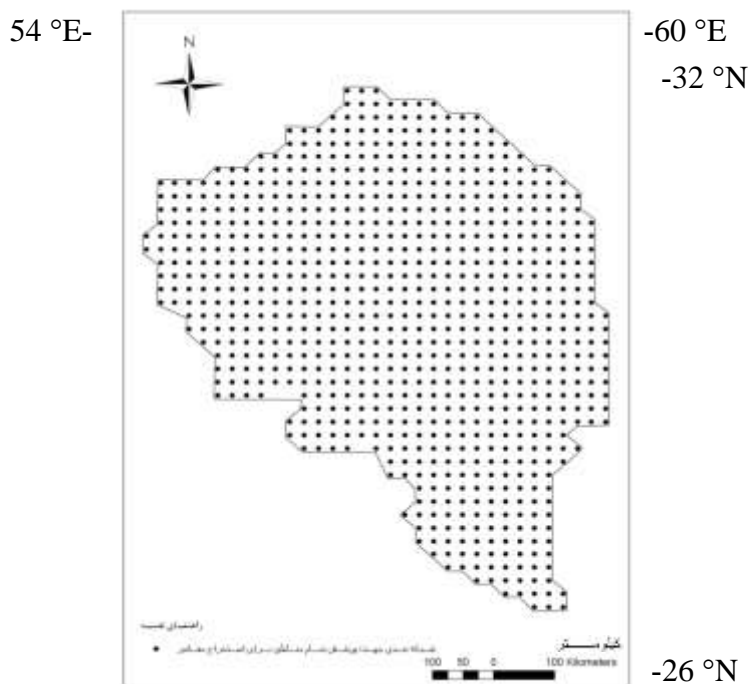
در این تحقیق، پس از تهیه داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک استان از سازمان هواشناسی کشور، ۳۶ متغیر آب‌وهوایی (جدول ۲) از ۱۲ ایستگاه هواشناسی (جدول ۱) در یک دوره مشترک آماری ۳۰ ساله (۲۰۰۸-۱۹۷۹) انتخاب شده است. ایستگاه‌هایی که داده‌های مفقود داشتند به وسیله میان‌یابی که در سراسر پهنه استان انجام شد به دست آمد. با استفاده از نرم‌افزارهای نوین آماری و سیستم اطلاعات جغرافیایی، تعیین نواحی پایدار آب‌وهوایی و طبقه‌بندی آن برای استان انجام شده است. بر این اساس، با استفاده از نرم‌افزارهای ArcGIS و SPSS به طبقه‌بندی عناصر آب‌وهوایی در سطح استان اقدام کردیم. به وسیله روش‌های تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای، به بررسی نواحی پایدار آب‌وهوایی استان و در نهایت تعیین نواحی پایدار آب‌وهوایی آن اقدام شد.

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های منتخب در مطالعه (اداره کل هواشناسی استان کرمان، ۱۳۸۸)

ارتفاع به متر	طول جغرافیایی		عرض جغرافیایی		ایستگاه
	دقیقه	درجه	دقیقه	درجه	
۱۴۰۸/۸	۱۵	۵۵	۵۳	۳۰	انار
۲۲۸۰	۳۵	۵۶	۱۴	۲۹	بافت
۱۰۶۶/۹	۲۱	۵۸	۰۶	۲۹	بم
۲۰۵۰	۳۴	۵۶	۵۵	۲۹	بردسیر
۱۷۵۴	۵۶	۵۸	۱۵	۳۰	کرمان
۱۶۰۵	۰۳	۵۶	۱۸	۳۰	رفسنجان
۷۲۲	۴۰	۵۷	۴۴	۲۸	جیرفت
۴۶۹	۴۲	۵۷	۵۸	۲۷	کهنوج
۴۸۲	۴۲	۵۷	۲۵	۳۰	شهداد
۵۳۲	۳۶	۵۷	۰۹	۳۰	راور
۱۷۶۸	۴۰	۵۵	۲۹	۳۳	سیرجان
۱۸۳۴/۱	۰۸	۵۵	۰۶	۳۰	شهربابک

روش تحلیل عاملی: تحلیل عاملی متشکل از مجموعه‌ای از روش‌های آماری است که هدفش ساده کردن یک مجموعه پیچیده از داده‌هاست (کلاین، ۱۳۸۱). تحلیل عاملی (برخلاف رگرسیون چندگانه و تحلیل تشخیصی یا همبستگی کانونی که در آن یک یا چند متغیر وابسته و تعداد زیادی متغیر مستقل وجود دارد) روشی همبسته بوده که در آن کلیه متغیرها به طور هم‌زمان مدنظر قرار می‌گیرند. در این تکنیک، هر یک از متغیرها به عنوان یک متغیر وابسته لحاظ می‌گردد (کلانتری، ۱۳۸۷: ۲۸۳). برای داده‌های آب‌وهوایی عمدتاً بر روی نقطه یعنی ایستگاه‌های دیده‌بانی اندازه‌گیری می‌شوند در حالی که ما غالباً نیازمند آگاهی‌های آب‌وهوایی درباره یک پهنه هستیم. طبیعت نقطه‌ای دیده‌بانی سبب می‌شود، هر چند تعداد ایستگاه‌ها را افزایش دهیم باز هم انتساب نتایجی که از تجزیه و تحلیل داده‌های ایستگاه‌ها به دست می‌آید به تمامی یک پهنه کامل نباشد به‌ویژه در مواردی که تغییرات مکانی عناصر آب‌وهوایی زیاد است، این دشواری بارزتر است؛ بنابراین، نتایج تجزیه و تحلیل برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای به داده‌های پهنه‌ای پذیرفته شده است. در این صورت، توری با یاخته‌های مناسب بر روی منطقه مورد بررسی گسترانیده و مقدار عنصر آب‌وهوایی در گره‌گاه‌ها برآورد می‌شود. این برآوردها که تمامی پهنه را می‌پوشانند، از این پس مبنای همه داوری‌ها درباره آب‌وهوای پهنه قرار می‌گیرد و از داده‌های ایستگاه به عنوان شاهد برای ارزیابی درجه قطعیت نتایج تحلیل‌ها استفاده می‌شود (مسعودیان، ۱۳۸۲).

برای تعیین نواحی پایدار آب‌وهوایی استان کرمان به روش تحلیل عاملی برای اینکه بتوانیم تمام نقاط استان را تحت پوشش قرار دهیم متناسب با فواصل ایستگاه و تغییرات مکانی متغیرهای انتخابی، توری به ابعاد  $15 \times 15$  کیلومتر بر روی منطقه گسترانده شد و با روش کریجینگ مقادیر ۳۶ متغیر مربوطه بر روی گره‌های تور برآورد شد و داده‌های نقطه‌ای به پهنه‌ای تبدیل شد. بر این اساس، ماتریسی با ۳۶ متغیر (ستون) و ۷۹۴ مکان (ردیف) برای سراسر استان کرمان حاصل شد که به عنوان ورودی‌های تحلیل عاملی و ارزیابی‌های وضعیت آب‌وهوا مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۱).



شکل ۱. شبکه‌بندی استان کرمان جهت پوشش تمام مناطق

تحلیل خوشه‌ای: به منظور تعیین مقدار گروه‌ها، ابتدا با استفاده از ماتریس امتیازات عاملی که میزان تأثیر هر یک از عوامل را در هر مکان نشان می‌دهد. ابتدا تحلیل آب‌وهوای استان با روش خوشه‌بندی در ۴ مرحله انجام گرفت؛ که عبارتند از:

الف: تهیه ماتریس خام داده‌ها

ب: تعیین نمره عالی هر ایستگاه با استفاده از تحلیل عاملی

ج: ادغام گروه‌ها به روش کمترین واریانس (وارد) و تعیین گروه‌بندی نهایی

د: 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 استان شد.

## نتایج و بحث

### ۱- تعیین نواحی پایدار آب‌وهوایی استان کرمان با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای

با توجه به دارنمای (نمودار خوشه‌ای) حاصله و محل قطع خوشه‌ها و با توجه به فاصله آنها شش گروه تشخیص داده شده است (شکل ۲). نام‌گذاری پهنه‌های پایدار آب‌وهوایی استان بر اساس امتیازات عامل هر یک از پهنه‌ها صورت گرفته است زیرا امتیازات عاملی نشان می‌دهد که کدام‌یک از عوامل در هر یک از پهنه‌های پایدار آب‌وهوایی نمود بیشتری دارد؛ همچنین به منظور نام‌گذاری و تشریح هر یک از پهنه‌ها، علاوه بر امتیازات عاملی، میانگین متغیرهای اولیه در هر یک از پهنه‌ها نیز مورد توجه است (جدول ۲).

الف: نیمه‌خشک و معتدل شامل شهرستان‌های کرمان، بافت، بردسیر، سیرجان و شهر بابک

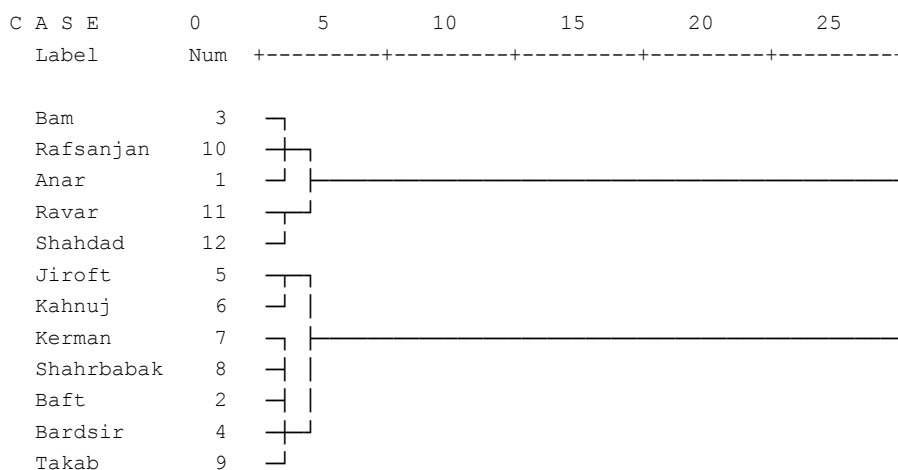
ب: نیمه‌خشک بسیار گرم شامل شهرستان‌های انار، رفسنجان و بم

ج: خشک و بادی شامل شهرستان شهداد

د: نیمه‌خشک گرم شامل شهرستان تکاب و دشت خاک و سرنیان از ایستگاه‌های راور و شهداد

و: فراخشک و بادی شامل ایستگاه‌های راور

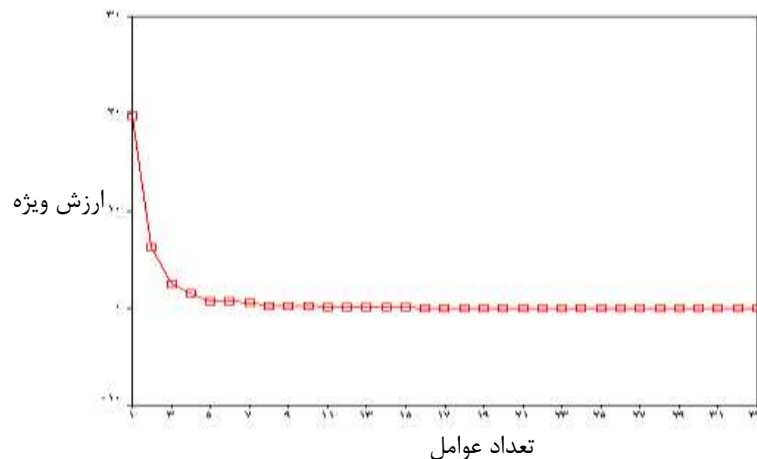
ه: نیمه‌مرطوب و بسیار گرم شامل ایستگاه‌های جیرفت و کهنوج.



شکل ۲. درخت خوشه‌بندی آب‌وهوایی ایستگاه‌های استان کرمان

## ۲- بررسی عوامل آب‌وهوایی استان کرمان با استفاده از تحلیل عاملی

تحلیل عاملی با روش مؤلفه‌های مبنا و دوران مهپراش (واریمکس) نشان داد که ۳۶ متغیر آب‌وهوایی استان را با توجه به همبستگی درونی آنها می‌توان در ۴ عامل خلاصه کرد. به منظور اطمینان از تعداد عوامل استخراج شده از نمودار صخره‌ای نیز استفاده شد (شکل ۳).



شکل ۳. منحنی صخره‌ای عوامل استخراج شده

بعد از تجزیه ماتریس‌ها عناصر آب‌وهوایی تلفیقی (ماتریس بار عاملی) به ابعاد  $4 \times 36$  به دست آمد که نشان می‌دهد نواحی پایدار آب‌وهوایی استان، بیشتر حاصل عملکرد ۴ عامل (گرمایش، بارش، رطوبت و باد) است. مجموع این ۴ عامل تقریباً ۹۱٪ رفتار آب‌وهوایی استان را توجیه می‌کند.

**عامل اول - گرمایش:** بارهای عامل متغیرها نشان می‌دهد که متغیرهای میانگین دمای سالانه، دامنه تغییرات دما، حداکثر دما، حداقل دما بیشترین بار را روی این عامل داشته‌اند.

**عامل دوم - بارش:** ترکیبی از متغیرهای بارش بیشتر از ۱ میلی‌متر، ۵ میلی‌متر بارش بیشتر از ۱۰ میلی‌متر و بارش‌های فصل و سالانه را شامل می‌شود.

**عامل سوم - رطوبت:** متغیرهای مربوط به رطوبت نسبی را نشان می‌دهد.

**عامل چهارم - باد:** نماینده سمت و سرعت باد می‌شود (جدول ۳).

قلمروی حاکمیت عامل اول یعنی گرمایش، تقریباً همه استان است اما برتری این عامل در نواحی جنوبی استان در دهستان‌های رمشک و مارز چاه خداد و کشمیران بارزتر است (شکل ۴). عامل دوم، بارش در ایستگاه‌های جیرفت و بافت و بعد از آن در شهرستان شهر بابک و دهستان‌های بافت عامل اصلی به حساب می‌آید (شکل ۵). رطوبت به عنوان عامل سوم در ایستگاه بافت تعیین‌کننده و متمایزکننده شرایط آب‌وهوایی به شمار می‌آید (شکل ۶). عامل باد در ایستگاه‌های رفسنجان و در نواحی تکاب از دهستان‌های راور بیشترین خودنمایی را دارد (شکل ۷).

در نهایت با توجه به عوامل آب‌وهوایی شناسایی شده در فرایند فوق، استان کرمان به شش ناحیه پایدار آب‌وهوایی نیمه‌خشک و معتدل، نیمه‌خشک بسیار گرم، خشک و بادی، نیمه‌خشک و گرم، فراخشک و بادی، نیمه‌مرطوب و بسیار گرم (شکل ۸)، تقسیم می‌شود.

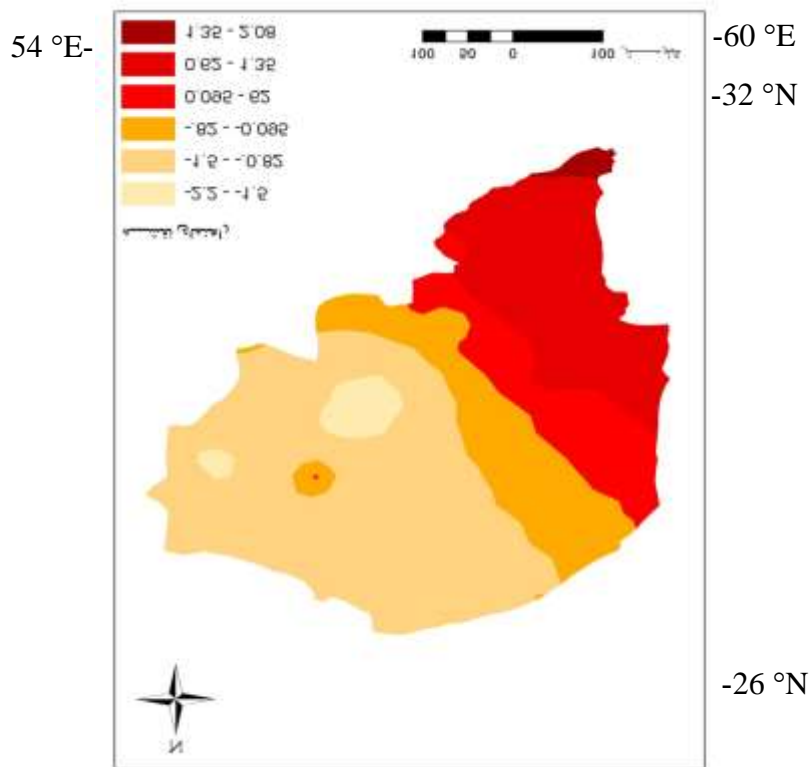
جدول ۲. میانگین متغیرهای آب‌وهوایی در هر یک از پهنه‌های پایدار استان کرمان

نواحی آب‌وهوایی در استان						متغیر
ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه ۴	ناحیه ۵	ناحیه ۶	
۱۱/۲۹	۱۱/۶۲	۱۱/۱۶	۱۱/۱۹	۱۱/۱۸	۱۱/۵۱	سرعت باد سالانه
۹/۷۱	۱۰/۰۵	۱۰/۰۸	۱۰/۱۷	۱۰/۱۴	۹/۷۴	سرعت باد ژانویه
۱۲/۸۶	۱۳/۲۹	۱۲/۵۹	۱۲/۵۹	۱۲/۶۷	۱۳/۱۸	سرعت باد جولای
۳۳/۵۲	۳۱/۲۱	۲۷/۵۸	۲۷/۸۱	۲۷/۶۱	۵۵/۴۵	رطوبت سالانه
۵۴/۰۹	۴۶/۰۰	۴۹/۰۸	۴۱/۷۰	۴۹/۰۲	۶۱/۵۲	رطوبت ژانویه
۲۴/۰۷	۲۲/۵۶	۱۷/۶۴	۱۸/۴۰	۱۹/۱۳	۵۵/۷۶	رطوبت جولای
۲۵/۹۶	۳۱/۳۵	۲۳/۹۹	۲۶/۱۶	۲۱/۸۱	۳۰/۷۷	دمای حداکثر سالانه
۱۲/۷۶	۱۷/۴۳	۱۰/۳۳	۱۱/۵۱	۹/۹۴	۲۰/۷۴	دمای حداکثر ژانویه
۳۷/۳۰	۴۴/۶۶	۳۹/۳۲	۴۲/۳۰	۳۹/۱۵	۳۸/۲۲	دمای حداکثر جولای
۱۸/۱۶	۲۴/۱۴	۱۶/۱۲	۱۷/۳۳	۱۴/۴۹	۲۵/۵۰	میانگین دمای سالانه
۶/۴۱	۱۲/۱۸	۳/۳۹	۵/۲۰	۱/۹۹	۱۵/۸۲	میانگین دمای ژانویه
۲۵/۹۶	۳۱/۳۵	۲۳/۹۹	۲۶/۱۶	۲۱/۸۱	۳۰/۷۷	میانگین دمای جولای
۱۰/۹۱	۱۶/۸۷	۹/۴۵	۱۱/۲۵	۸/۳۷	۲۰/۱۵	حداقل دمای سالانه
۱۰/۷	۶/۰۰	-۱/۸۹	-۱/۶۰	-۲/۳۳	۱۰/۸۹	حداقل دمای ژانویه
۲۵/۹۶	۳۱/۳۵	۲۳/۹۹	۲۶/۱۶	۲۱/۸۱	۳۰/۷۷	حداقل دمای جولای
۴۲/۱۸	۱۰/۱۱	۶۳/۷۹	۵۲/۱۵	۶۷/۵۴	۵/۹۱	یخبندان سالانه
۱۳/۴۲	۴/۰۰	۲۰/۲۳	۱۷/۷۵	۲۰/۵۳	۲/۰۶	یخبندان ژانویه
۹/۲۲	۹/۴۶	۹/۱۹	۹/۱۰	۹/۱۱	۹/۰۵	ساعت آفتاب سالانه
۷/۰۶	۷/۵۳	۷/۱۲	۷/۶۶	۷/۳۶	۷/۵۱	ساعت آفتاب ژانویه
۱۰/۶۱	۱۰/۸۷	۱۱/۰۴	۱۰/۲۹	۱۰/۸۹	۹/۴۱	ساعت آفتاب جولای
۲۶/۶۶	۲۶/۶۵	۲۴/۰۳	۲۳/۷۳	۲۴/۹۶	۲۶/۶۳	روزهای بارانی سال
۳۰/۳۴	۲۸/۳۹	۲۲/۹۳	۲۱/۶۹	۲۲/۴۷	۳۱/۴۶	روزهای بارانی ژانویه
۱۲۳/۳۱	۱۱۹/۹۲	۱۰۸/۲۸	۱۰۲/۹۲	۱۰۶/۷۳	۱۲۷/۵۹	باران ۱ میلی سالانه
۳۱/۴۵	۳۱/۴۲	۲۱/۵۷	۱۹/۴۲	۲۱/۰۹	۳۶/۸۶	باران ۱ میلی ژانویه
۱۱۳/۵۵	۵۲/۲۹	۳۶/۶۲	۹/۹۱	۴۰/۶۶	۱۳۵/۰۸	باران ۵ میلی سالانه
۲۹/۵۱	۲۳/۵۲	۱۰/۸۷	۵/۶۷	۱۱/۸۲	۳۸/۶۵	باران ۵ میلی ژانویه
۸۸/۶۰	۴۴/۸۵	۲۵/۴۸	۵/۹۰	۲۷/۴۲	۱۱۴/۳۴	باران ۱۰ میلی سالانه
۲۸/۴۷	۱۵/۰۵	۸/۱۱	۲/۸۳	۹/۲۵	۳۵/۰۷	باران ۱۰ میلی ژانویه
۱۵۴/۳۷	۱۱۰/۵۸	۱۴۷/۹۶	۱۱۲/۱۱	۲۲۰/۰۰	۱۴۶/۹۲	بارش سالانه
۲۲/۷۹	۱۶/۴۷	۲۴/۴۴	۵۷/۱۵	۲۰/۶۲	۲۶/۷۴	بارش پاییزه
۲۶/۲۲	۱۷/۱۲	۳۰/۱۱	۲۵/۶۸	۲۶/۴۵	۱۷/۶۷	بارش بهاره
۴/۰۷	۳/۷۱	۲/۵۷	۲/۳۱	۲/۴۰	۴/۰۸	بارش تابستانه
۸۸/۵۵	۸۰/۵۳	۷۱/۲۵	۶۴/۶۹	۷۲/۱۸	۹۰/۲۶	بارش پاییزه

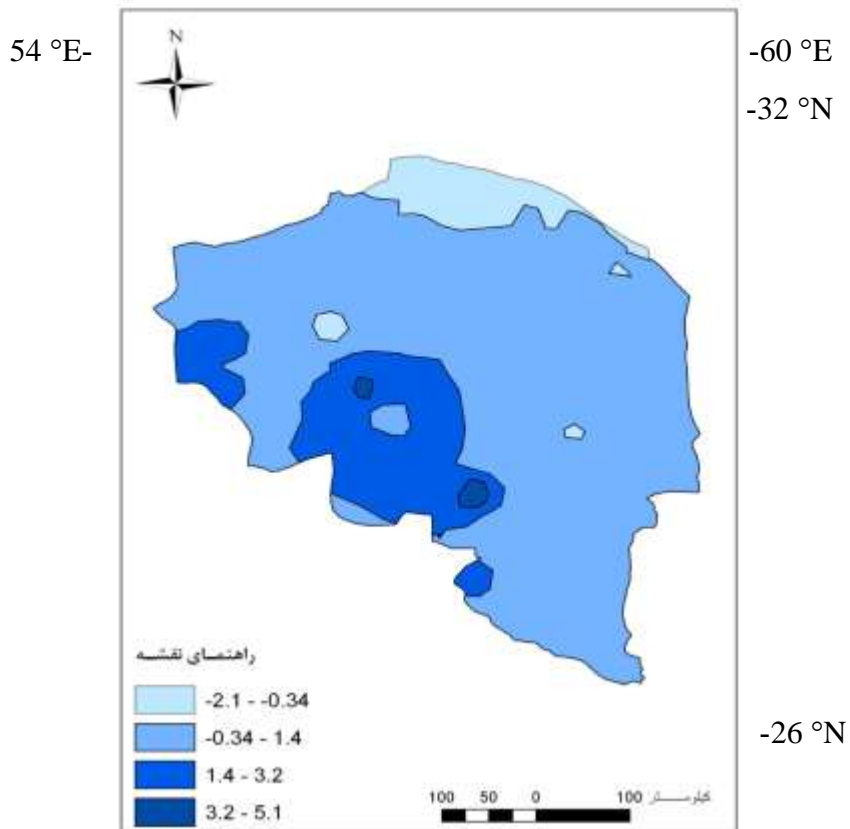


جدول ۳. بارهای عاملی روی عناصر آب‌وهوایی استان کرمان

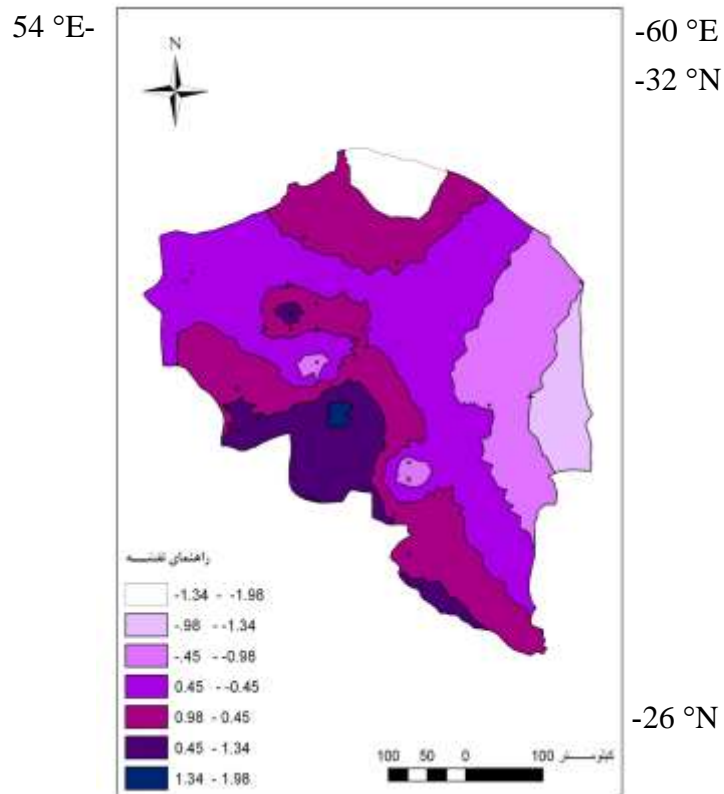
عامل متغیر	باد	رطوبت	بارش	دمای گرمایشی
سرعت باد سالانه	/۶۰۷	/۱۴۷	/۰۹۷	/۶۵۷
سرعت باد ژانویه	/۴۷۸	-/۰۴۵	-/۷۴۰	/۰۱۲
سرعت باد جولای	/۳۳۹	/۰۴۲	/۴۱۲	/۷۶۱
رطوبت سالانه	-/۱۶۲	/۷۸۹	/۳۰۴	/۴۶۸
رطوبت ژانویه	/۰۰۰	/۸۱۰	/۵۴۹	/۰۸۰
رطوبت جولای	-/۱۴۰	/۸۰۸	/۲۴۳	/۴۹۷
دمای حداکثر سالانه	/۰۹۳	-/۱۰۰	/۳۵۲	/۸۹۶
دمای حداکثر ژانویه	/۰۳۰	/۳۲۵	/۳۹۰	/۸۵۳
دمای حداکثر جولای	/۱۶۵	-/۷۳۹	-/۲۱۶	/۴۶۳
میانگین دمای سالانه	/۲۳۰	/۲۳۳	/۳۰۴	/۸۶۹
میانگین دمای ژانویه	/۰۳۲	/۳۰۹	/۳۶۹	/۸۷۰
میانگین دمای جولای	/۰۹۳	-/۱۰۰	/۳۵۲	/۸۹۶
حداقل دمای سالانه	/۰۳۳	/۳۱۳	/۲۸۲	/۸۹۵
حداقل دمای ژانویه	/۰۱۷	/۴۰۲	/۳۱۸	/۸۴۸
حداقل دمای جولای	/۰۹۳	-/۱۰۰	/۳۵۲	/۸۹۶
یخبندان سالانه	-/۰۶۳	-/۰۵۲	-/۴۵۶	-/۸۷۴
یخبندان ژانویه	-/۰۶۶	-/۰۹۲	-/۴۹۱	-/۸۵۳
ساعت آفتاب سالانه	/۷۴۷	-/۲۴۷	-/۰۲۴	/۱۵۱
ساعت آفتاب ژانویه	-/۳۵۸	-/۱۱۵	-/۳۳۰	/۷۵۳
ساعت آفتاب جولای	/۳۹۰	-/۷۲۱	/۰۱۸	۹/۴۹۹
روزهای بارانی سال	-/۰۴۹	-/۰۵۱	/۷۹۲	/۴۵۱
روزهای بارانی ژانویه	/۱۰۱	/۲۸۶	/۸۱۱	/۴۴۲
باران ۱ میلی سالانه	/۱۴۱	/۳۱۲	/۷۸۱	/۴۳۸
باران ۱ میلی ژانویه	/۰۹۷	/۲۹۱	/۷۶۰	/۵۶۶
باران ۵ میلی سالانه	/۰۰۵	/۵۹۴	/۷۶۱	/۱۹۱
باران ۵ میلی ژانویه	/۰۱۸	/۳۸۸	/۷۹۵	/۴۳۱
باران ۱۰ میلی سالانه	/۰۱۲	/۵۸۷	/۷۴۴	/۲۷۱
باران ۱۰ میلی ژانویه	-/۰۴۵	/۵۰۹	/۷۹۳	/۲۶۸
بارش سالانه	-/۰۶۱	/۳۸۱	/۳۳۳	-/۴۵۳
بارش پاییزه	/۱۵۵	/۸۳۹	/۲۵۶	-/۲۸۱
بارش بهاره	-/۰۰۱	-/۰۱۳	-/۲۷۹	-/۹۰۷
بارش تابستانه	/۱۰۳	/۱۷۴	/۸۳۰	/۴۱۷
بارش پاییزه	/۱۰۲	/۳۶۰	/۸۵۶	/۲۸۹



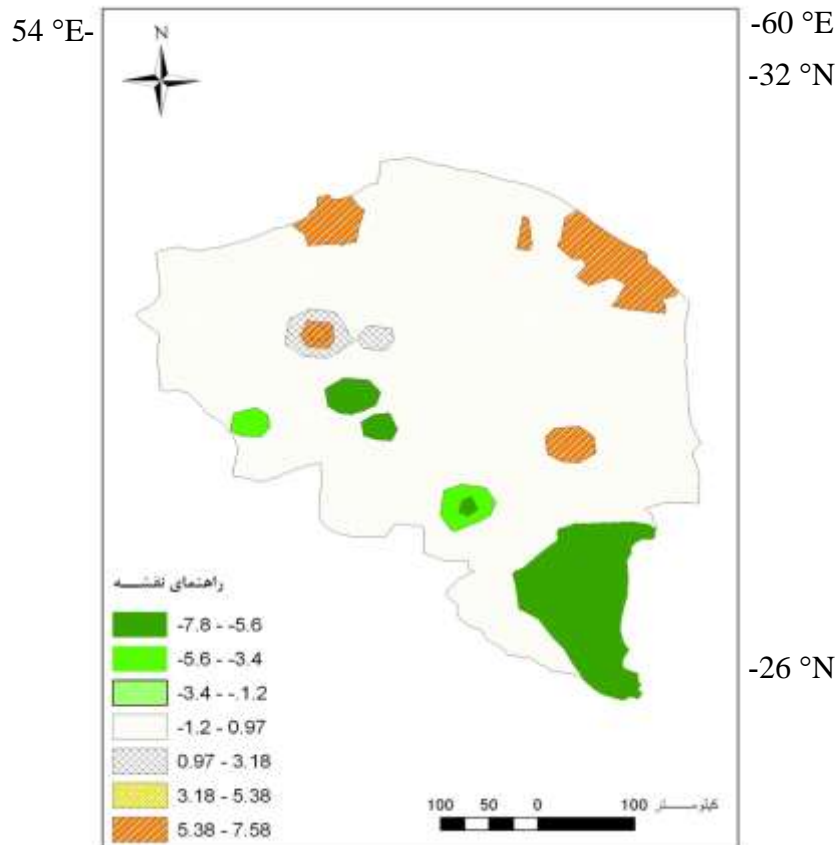
شکل ۴. تحلیل مکانی عامل گرمایشی در استان کرمان



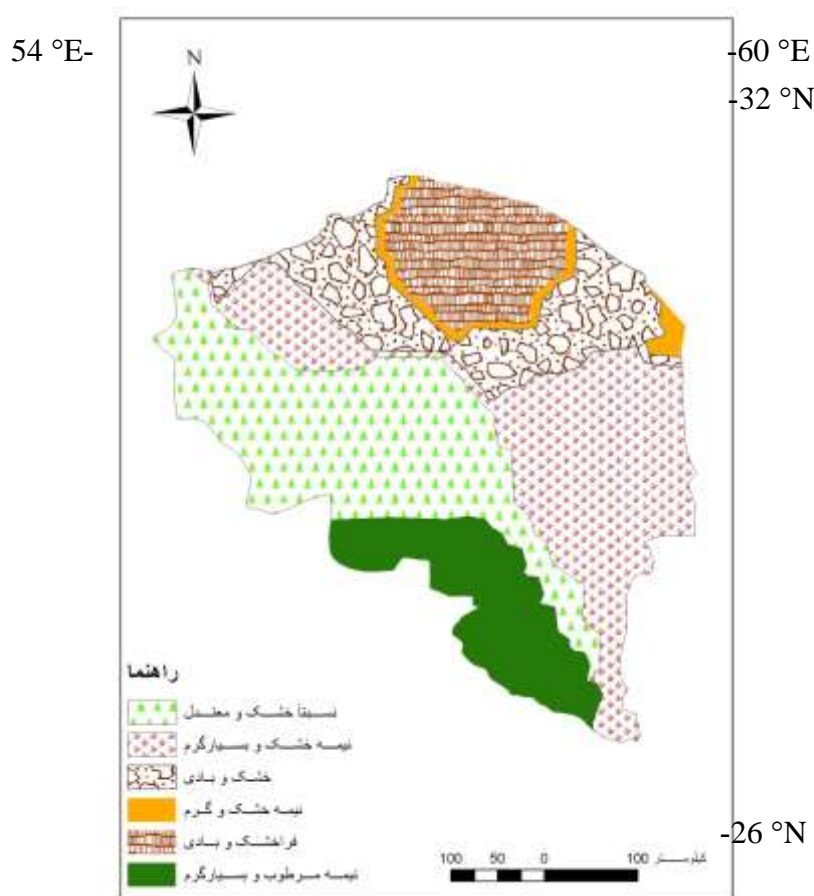
شکل ۵. تحلیل مکانی عامل بارش در استان کرمان



شکل ۶. تحلیل مکانی عامل رطوبت در استان کرمان



شکل ۷. تحلیل مکانی عامل باد در استان کرمان



شکل ۸. تعیین نواحی پایدار آب‌وهوایی استان کرمان

### نتیجه‌گیری

با توجه به وسعت استان کرمان و قرار گرفتن در مسیر سامانه‌های بزرگ آب‌وهوایی به طور یکپارچه تحت تأثیر شرایط سینوپتیکی خاص قرار می‌گیرد، اما عوامل آب‌وهوایی مؤثر در آن باعث شده که از خرده‌آب‌وهواها و نواحی ناهمگون برخوردار باشد؛ به همین منظور، با استفاده از روش‌های تحلیل عاملی و خوشه‌بندی، پراکندگی عناصر آب‌وهوایی در پهنه استان مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از بررسی تحلیل عاملی بر روی ۳۶ متغیر آب‌وهوایی استان، ۴ عامل که بیشترین نقش را داشتند، شناسایی شده که این عوامل به ترتیب به عوامل گرمایشی، بارش، رطوبت و باد تقسیم می‌شوند.

اگرچه بیشتر ایستگاه‌های استان در مدتی از ایام سال دارای باد و توفان هستند، اما سه عامل اول مؤید آن است که این عوامل در تعیین نواحی پایدار آب‌وهوای استان نقش بارزتری دارند. با افزایش گرما و بارش و رطوبت یا کاهش آن تغییرات آب‌وهوایی در استان خیلی محسوس‌تر است. این ۴ عامل تقریباً ۹۱ درصد رفتار آب‌وهوایی استان را توجیه کردند. بعد از این مرحله، نمره عاملی برای هر یک از ایستگاه‌های منتخب با روش تحلیل عاملی محاسبه و مشخص شد. بارزترین ویژگی نواحی پایدار آب‌وهوایی، در نواحی جنوبی گرما، در نواحی کوهستانی بارش، در نواحی جیرفت و کهنوج رطوبت و در نواحی بیابانی باد است. بعد از آن، با روش خوشه‌بندی، به طبقه‌بندی ایستگاه‌های استان اقدام گردید که با توجه به دارنمای حاصله و محل قطع خوشه‌ها با توجه به فاصله‌ها شش گروه تشخیص داده شده است.

الف: ناحیه پایدار نیمه‌خشک و معتدل: این ناحیه، از شمال غرب استان شروع شده از مرکز گذشته و رو به جنوب دارد و شامل شهرستان‌های کرمان، سیرجان، بردسیر و بافت می‌شود که به طور متوسط میزان بارش سالانه آن، ۲۵۵ میلی‌متر و دمای سالانه ۱۶ درجه سانتی‌گراد است که متوسط ارتفاع آن ۱۷۵۴ متر است.

ب: ناحیه پایدار نیمه‌خشک بسیار گرم: این ناحیه از شمال غرب استان شروع شده و در شرق به بیشترین مقدار خود رسیده و در جنوب استان به پایان رسیده است. این ناحیه اقلیمی شامل شهرستان‌های انار، رفسنجان و جنوب بیابان لوت و بم است.

ج: ناحیه پایدار خشک و بادی: این ناحیه اقلیمی شامل شهر شهداد و بیابان شهداد بوده است. مهم‌ترین عامل در این ناحیه، ابتدا خشکی هوا و بعد از آن باد بوده است. این منطقه، با ۵۳ میلی‌متر بارش متوسط در سال و ۲۳ درجه سانتی‌گراد و با ارتفاع متوسط ۶۰۰ متر پهنا خشک و بادی نامگذاری شد.

د: ناحیه پایدار بسیار نیمه‌خشک و گرم: این ناحیه اقلیمی، مرز بین استان سیستان و بلوچستان را در منطقه تکاب از توابع شهرستان شهداد و همچنین به صورت نواری در اطراف شهداد که مرز بین دو اقلیم خشک و بادی و فراخشک و بادی است را فراگرفته است.

و: ناحیه پایدار فراخشک و بادی: این پهنا در شمال استان واقع شده و شهرستان راور و قسمتی از بیابان لوت را دربر گرفته است که از خصوصیات بارز در این منطقه، وجود بادهای بسیار و خشکی زیاد از حد آن است. به طوری که دمای میانگین سالانه آن ۲۷ درجه سانتی‌گراد و میزان بارش آن ۲۳ میلی‌متر و در ارتفاع ۴۲۰ متری قرار گرفته است.

ه: ناحیه پایدار نیمه‌مرطوب و بسیار گرم: این ناحیه، در جنوب و جنوب غربی استان قرار گرفته که شامل شهرستان‌های جیرفت و کهنوج است و با دشت‌های وسیعی همراه است که به دلیل نزدیکی به آب‌های خلیج فارس از رطوبت بالاتری نسبت به سایر مناطق برخوردار است؛ همچنین به دلیل عرض جغرافیایی پایین‌تر، از گرمای بالاتری برخوردار می‌گردد. متوسط بارش منطقه، ۱۸۰ میلی‌متر در سال و متوسط دمای سالانه آن به ۲۴ درجه سانتی‌گراد می‌رسد این منطقه در ارتفاع متوسط ۵۲۰ متری قرار گرفته است.

## منابع

- اداره کل هواشناسی استان کرمان (۱۳۸۸) طرح جامع اقلیم‌شناسی استان کرمان.
- اسمعیل‌نژاد، مرتضی (۱۳۸۵) **پهنه‌بندی اقلیمی استان سیستان و بلوچستان با سیستم اطلاعات جغرافیایی**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا، استاد راهنما: محمد نجار سلیقه، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- ترابی، سیمای جهانبخش، سعید (۱۳۷۲) **تعیین متغیرهای زمینه‌ای در طبقه‌بندی اقلیمی ایران، معرفی و کاربرد روش تحلیل عاملی و تجزیه مؤلفه‌های اصلی در تحلیل مطالعات جغرافیایی و اقلیم‌شناسی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی**، ۱۹ (۱)، صص. ۱۶۵-۱۵۰.
- حجتی‌زاده، رحیم (۱۳۷۱) **ناحیه‌بندی اقلیمی ایران**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- حیدری، حسن (۱۳۸۴) **ناحیه‌بندی بارش در شمال غرب و غرب ایران بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اصلی، پژوهش‌های جغرافیایی**، ۳ (۵۲)، صص. ۷۷-۹۱.
- خداقلی، مرتضی (۱۳۸۴) **بررسی زیست اقلیم گیاهی حوضه زاینده‌رود**، رساله دکتری، دانشگاه اصفهان.

- خلیلی، علی (۱۳۸۳) تدوین یک سامانه جدید پهنه‌بندی اقلیمی از دیدگاه نیازهای گرمایش - سرمایش محیط و اعمال آن بر گستره ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۱۹ (۴)، صص. ۱۴-۵.
- سیدان، سید جواد؛ محمدی، فرح (۱۳۷۶) روش‌های طبقه‌بندی اقلیمی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۵، صص. ۱۰۹-۷۴.
- شیرانی، فرزانه (۱۳۸۷) پهنه‌بندی اقلیمی استان یزد با روش‌های آماری چند متغیره و GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد.
- کریمی، محمد (۱۳۶۶) گزارش آب‌وهوای منطقه مرکزی ایران، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- کلانتری، خلیل (۱۳۸۷) پردازش و تحلیل داده‌ها در تحقیقات اجتماعی - اقتصادی با استفاده از نرم‌افزار SPSS، چاپ سوم، نشر فرهنگ صبا.
- کلاین، پاول (۱۳۸۱)، راهنمای آسان تحلیل عاملی، ترجمه محمدولی علیئی و سید محمد میرسندسی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه امام حسین (ع).
- مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۸۲) نواحی اقلیمی ایران، جغرافیا و توسعه، شماره ۲، صص. ۱۷۱-۱۷۳.
- ناظم‌السادات، سید محمدجعفر (۱۳۸۷) پهنه‌بندی بارندگی زمستانه در استان‌های فارس، بوشهر و کهگیلویه و بویراحمد با استفاده از روش تحلیل مؤلفه اصلی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: سیف‌الله امین، دانشگاه شیراز.

- Aayadike, R. N. (1987) A multivariate classification and regionalization of West African climates. **Journal of Climatology**, 7, pp. 157-164
- Basaliwa, C.P (1995). Delineation of Uganda in to climatological rainfall zones using the method of Prinicipal Comonet Analysis, **Journal of Climatology**, 15, pp. 1161-1177
- Carter, E. (1997) A statistical method for forecasting rainfall over Puertorico. **Theoretical and Applied Climatology**, 70, pp.180-195
- Degaetano, A, T.; Schulman, M. D. (1990) Aclimatic Classification of Plant hardiness in the United States and Canada. **Agricultural and Forest Meteorology**, 51 (3-4), pp. 333-351
- Gong, X; Richman, M. B. (1994) The application of cluster analysis to growing season precipitation data in the north America east of Rockies. **Journal of Climatology**, 8, pp. 897-931
- Jallala, A, M. (1981) **Geo-climate zone in the western region and their impact on agricultural producting**, Masters of Science thesis, University of Idaho.
- Ramos, M, C. (2001) Divisive and hierachical clustering techniques to analyze Variability of rainfall distribution patterns in a Mediterranean region, **Journal Hydrology**. 57, pp. 123-138
- White, F.J; Perry, A. H. (1989) Classification of the climate of England and Wales based on agro climatic data, **International Journal of Climatology**, 9 (3), pp. 271-291.