

## شناسایی و ارزیابی دقیق نواحی آب و هوایی استان اصفهان از دیدگاه آسایش اقلیمی گردشگری

محسن عباس نیا<sup>۱</sup>، عیسی ابراهیم زاده<sup>۲</sup>، الهه عسگری<sup>۳</sup>

### چکیده

شرایط آب و هوایی در هر منطقه‌ای تابعی از تأثیر گذاری متغیرهای مختلف اقلیمی در آن منطقه است. شناسایی عوامل و عناصر اصلی سازنده اقلیم هر منطقه‌ای می‌تواند در تعیین پتانسیل‌های اقلیمی آن منطقه بسیار موثر واقع شود. استان اصفهان منطقه‌ای کوهپایه‌ای در مرکز ایران است که با توجه به تنوع توپوگرافی، از توزیع متفاوت عناصر اقلیمی در سراسر پهنه‌ی استان برخوردار می‌باشد. در راستای تبیین دقیق نواحی اقلیمی این استان، روش‌های تحلیل مولفه‌های اصلی و تحلیل خوشه-ای مورد استفاده قرار گرفته است. بدین منظور تعداد ۲۵ متغیر اقلیمی از ۱۲ ایستگاه هم‌دید استان انتخاب گردید. بررسی عناصر اقلیمی بر اساس تحلیل مولفه‌های اصلی نشان داد که اقلیم استان ساخته پنج مولفه (بارش، دمای، آسمان صاف و آفتابی، بادی - غباری و گرمایی - رطوبت) است که این مولفه‌ها ۹۵ درصد پراش داده‌ها را تبیین می‌کند. مولفه‌های یاد شده، استان اصفهان را به چهار ناحیه اقلیمی (گرم و خشک و بیابانی، نیمه خشک، کوهستانی و سرد و کوهستانی و نیمه سرد) تقسیم می‌کند. همچنین با استفاده از شاخص PET به ارزیابی و مقایسه اقلیم آسایش ایستگاه نماینده‌ی هر ناحیه‌ی اقلیمی در طول سال پرداخته شد. نتایج تحلیل ماهانه نشان می‌دهد، مناسب‌ترین زمان برای گردشگری به شهرهای خور و بیابانک و کاشان در ماه‌های آوریل و سپتامبر است. این وضعیت برای شهر اصفهان طولانی تر شده و در ماه‌های آوریل، می و اکتبر به وقوع می‌پیوندد؛ این در حالی است که گلپایگان به دلیل موقعیت کوهستانی، شرایط بدون تنش فیزیولوژی را در فصل تابستان و در ماه‌های ژوئیه و آگوست تجربه می‌کند.

**واژگان کلیدی:** نواحی اقلیمی، استان اصفهان، تحلیل مولفه‌های اصلی، تحلیل خوشه‌ای، شاخص آسایش اقلیمی (PET).

۱. دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

۲. دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه سیستان و بلوچستان

۳. کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان  
elaheh.asgari2011@gmail.com

روابط بین هوا، اقلیم و توریسم به طور سنتی در دو شاخه جغرافیای توریسم و اقلیم-شناسی مورد بررسی قرار می‌گیرد. هر دوی این گرایش‌های علمی سعی در نشان دادن اهمیت هوا و اقلیم در تنظیم فعالیت‌های گردشگری دارند (گومز<sup>۱</sup>، ۲۰۰۵: ۵۷۱). در این راستا شناخت تنوعات مکانی-زمانی آب و هوایی مناطق می‌تواند به عنوان یک منبع عمده محسوب شود که استفاده بهینه از این توانمندی‌ها با هدف ارتقا کیفیت گردشگری، به توسعه گردشگری منجر خواهد شد. امروزه توفیق کامل غالب برنامه-ریزی‌های توسعه صنعت، کشاورزی، گردشگری، پروژه‌های آبیاری، حمل و نقل، بهداشت و غیره، هنگامی به دست می‌آید که با شناخت پهنه‌های اقلیمی و استفاده از پتانسیل‌های گوناگون آن همراه باشد.

استان اصفهان در محدوده جغرافیایی بین ۳۰ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی در مرکز ایران قرار گرفته است (شکل ۱). این منطقه به علت داشتن آب و هوای مناسب، موقعیت ارتباطی در مرکز فلات ایران، مناظر زیبا و همچنین وجود آثار هنری و تاریخی، توانایی زیادی در جذب گردشگر در سطوح مختلف محلی، ملی و بین‌المللی دارد. اما این مقصد مهم گردشگری نیز به مانند دیگر مقاصد پراهمیت گردشگری کشور، در طی دهه‌های اخیر به صورت نامدون و بدون برنامه رشد یافته که می‌تواند با برنامه‌ریزی توسعه جهان‌گردی و یک سیاست‌گذاری در امر گردشگری به توسعه پایدار دست پیدا کند و دست‌یابی به این مهم مستلزم آن است که با مدیریت صحیح در جذب گردشگرهای داخلی و خارجی از بُعد درآمدزایی و اشتغال‌زایی با زمینه‌سازی فرهنگی کوشید. بدین منظور برای توسعه گردشگری در این منطقه لازم است، پس از شناسایی کامل ویژگی‌های متفاوت نواحی آب و هوایی موجود در استان، زمان‌ها و مکان‌های مناسب در هر ناحیه جهت حضور گردشگران نیز بررسی و مشخص شود.

## پیشینه تحقیق

به طور کلی یک سیستم طبقه‌بندی اقلیمی، مجموعه قواعدی است که با به کار گرفتن آن‌ها می‌توان مناطقی را که از نقطه نظرهای معین، ویژگی‌های مشترکی را دارا می‌باشند، از یکدیگر مجزا نمود و نواحی با خصوصیات مشترک را در یک طبقه قرار داد (کوچکی، ۱۳۷۳:۵۹). اولین بار کوپن در سال ۱۹۰۹، روش مهم تقسیم‌بندی اقلیمی خود را تنها با در نظر گرفتن متوسط سالانه دو پارامتر دما و بارش به دنیا عرضه داشت و نقشه‌ای تهیه کرد که بر اساس اطلاعات موجود آن زمان، به بهترین شکل فراهم شده بود (گنجی، ۱۳۸۲:۴۰). در سال‌های اخیر برای ناحیه‌بندی اقلیمی به جای استفاده از روش‌های سنتی و تک متغیره، از تکنیک‌های آماری چند متغیره، تجزیه مولفه‌های اصلی و خوشه‌بندی در مطالعات اقلیمی استفاده می‌شود. از جمله فعالیت‌های انجام شده در این زمینه می‌توان به مطالعات آنیادیک<sup>۱</sup> (۱۹۸۷:۱۶۴) اشاره کرد که با استفاده از ۱۷ متغیر اقلیمی، اقلیم غرب آفریقا را در بازه‌ی زمانی ۱۹۷۱-۱۹۳۱ پهنه‌بندی نمود. رومرا و همکاران<sup>۲</sup> (۱۹۹۹:۵۵۷) با استفاده از ۴۱۰ متغیر اقلیمی و با روش تحلیل عاملی و خوشه‌ای بخش مدیترانه کشور اسپانیا را به ۱۲ ناحیه تفکیک کردند. سایر پژوهشگران چون: سینگ<sup>۳</sup> (۱۹۹۹)، کارباجال و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۷)، و هیس و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۰) و یونس<sup>۶</sup> (۲۰۱۱) به طور گسترده از این روش‌ها به منظور کاهش ابعاد متغیرها و شناسایی نواحی اقلیمی استفاده نمودند.

در ایران نیز مطالعات اقلیمی بیشتر بر اساس روش‌های سنتی مانند کوپن و تورنت وایت صورت گرفته است. لیکن شمار پژوهش‌های مبتنی بر به کارگیری روش‌های چند متغیره در پهنه‌بندی اقلیمی کشور در چند سال اخیر بیشتر شده است؛ به طوری که حیدری و علیجانی (۱۳۷۸:۵۷) با استفاده از ۴۹ متغیر آب و هوایی در ۴۳ ایستگاه هواشناسی کشور (۱۹۹۰-۱۹۶۳) و با به کارگیری از تحلیل عاملی و تجزیه خوشه‌ای

1-Anyadik

2-Romeroa & etal

3-Singh

4- Carbajal & etal

5- Heise &etal

6-Yunus

مبادرت به پهنه‌بندی اقلیمی ایران نمودند. دین‌پژوه و همکاران (۱۳۸۲) طبقه‌بندی نواحی بارشی ایران را با به کارگیری روش تجزیه به عامل‌ها و تحلیل خوشه‌ای انجام دادند که پژوهش آنان کل سطح کشور، به شش ناحیه همگن و یک ناحیه غیر همگن تفکیک شد.

گرامی‌مطلق و شبانکاری (۱۳۸۵) در مقاله‌ایی با عنوان پهنه‌بندی اقلیمی استان بوشهر نشان دادند که مهم‌ترین عوامل تشکیل دهنده اقلیم این استان عبارتند از: عامل رطوبتی-باد، عامل ابری-بارشی، عامل گرمایی-دید و عامل بادی-غباری، که این چهار عامل، استان بوشهر را به پنج ناحیه اقلیمی تقسیم بندی می‌کنند. سلیقه و اسمعیل-نژاد (۱۳۸۷) نیز با استفاده از ۵ عامل اقلیمی استان سیستان و بلوچستان را به پنج ناحیه اقلیمی تقسیم کردند. منتظری و کریم‌پور (۱۳۹۱) در پژوهشی مشابه، به شناسایی پهنه‌های اقلیمی حوضه زاینده‌رود با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره پرداختند. نتایج حاصل از تحقیقات ایشان نشان داد که سه مؤلفه‌ی دمایی-بارشی، بادی و بادی-غباری اقلیم این منطقه را به پنج خرده اقلیم تقسیم می‌کند. بنابراین توجه به شناخت ویژگی‌های طبیعی هر منطقه، بخصوص آب و هوا، می‌تواند در امر برنامه‌ریزی و آمایش آن سرزمین نقش عمده‌ای داشته باشد که از آن جمله می‌توان به برنامه‌ریزی در جهت توسعه‌ی اقتصادی مناطق و توجه به امر گردشگری اشاره کرد. تا کنون تلاش‌های زیادی در زمینه‌ی ارزیابی آسایش اقلیمی محل سکونت انسان صورت گرفته است. طبق تعریف، منظور از وضعیت آسایش اقلیمی، مجموعه شرایطی است که از نظر حرارتی حداقل برای ۸۰ درصد مردم جامعه مناسب باشد (جهانبخش، ۱۳۷۷: ۶۶). حالت تعادل آسایش زیست اقلیمی، زمانی به وقوع می‌پیوندد که بین دمای دفع شده و جذب شده‌ی میان پوست و محیط، تعادل ایجاد شود و همین امر سبب متعادل ماندن دمای درونی بدن انسان در حدود ۳۷ درجه سانتی‌گراد گردد (کسمایی، ۱۳۶۳: ۲۶). فانگر<sup>۱</sup> (۱۹۷۲: ۸۶) تحقیق جامع و کاملی را در مورد تأثیر عناصر آب و هوایی بر روی احساس راحتی

گرمایی انجام داد. تحلیل وی بر این مبنا قرار گرفت که آسایش و راحتی در انسان مشتق از معادله تراز حرارتی بدن انسان و محیط پیرامونی وی می‌باشد. در مطالعه‌ای دیگر ماتزاراکیس و مایر<sup>۱</sup> (۱۹۹۷:۳۴)، مقدار استرس گرمایی را در ارتباط با اهمیت بیومتورولوژیک<sup>۲</sup> با استفاده از شاخص PMV در ۱۲ ایستگاه هواشناسی یونان طی سال‌های ۱۹۸۹-۱۹۸۰ مورد بررسی قرار دادند و سپس به کمک یک مدل آماری مقدار PMV در هر ایستگاه را به یک نقشه اقلیم‌شناسی با دقت بالا تبدیل کردند. این نقشه متوسط تعداد روزهای سال را که استرس گرمایی زیادی داشتند، نشان می‌داد. هامیلتون و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۵:۱۳) نیز با استفاده از یک مدل شبیه‌سازی شده نشان دادند که با افزایش میزان دی‌اکسید کربن و تغییرات آب و هوایی در سطح جهان، اقامت و سفر گردشگران بیشتر به سمت ارتفاعات و عرض‌های جغرافیایی بالاتر پیش رفته است. همچنین نتایج به‌دست آمده از مطالعه‌ی شاخص‌های زیست اقلیمی در شهر قم نشان می‌دهد که این منطقه در طول ماه‌های فروردین، اردیبهشت و مهر از شرایط مطبوع و مناسب برخوردار است (محمدی و سعیدی، ۱۳۸۷:۸۳). بررسی شاخص‌های زیست اقلیمی موثر در تعیین زمان گردشگری در نواحی جنوب ایران نشان داد که سواحل جنوبی در ماه‌های ژانویه و فوریه از بیشترین فراوانی آسایش اقلیمی برخوردار هستند (سلیمه و اسماعیل‌نژاد، ۱۳۸۷:۲۷). ابراهیم‌زاده و اسمعیل‌زاده (۱۳۹۱:۱۲۳) در پژوهشی به تحلیل شرایط آسایش اقلیمی در استان سیستان و بلوچستان پرداختند که نتایج نشان داد در فصول بهار و پاییز نواحی شمالی استان و در زمستان نواحی جنوبی از شرایط کاملاً مطلوب جهت توسعه گردشگری برخوردار می‌باشند. همچنین بهره‌گیری از شاخص‌های زیست اقلیمی در حوضه تالاب گاوخونی نشان می‌دهد که این منطقه در دو ماه اردیبهشت و شهریور در محدوده آسایش اقلیمی قرار دارد (ابراهیم‌زاده و کریمی، ۱۳۹۱:۱). امروزه عوامل زیادی در توسعه صنعت گردشگری در یک منطقه دخالت دارند که یکی از مهم‌ترین آنها شرایط آب و هوایی است و اکثر توریست‌ها

1- Matzarakis & mayer

2-Biometeorology

3- hamilton & etal

برای انتخاب مقصد، ملاحظات اقلیمی را مورد توجه قرار می‌دهند. در واقع اقلیم، بخش مهمی از ظرفیت گردشگری یک منطقه را به خود اختصاص می‌دهد. در این پژوهش با توجه به کمبود مطالعات آسایش اقلیمی صورت گرفته در زمینه‌ی تطبیق و شناسایی دقیق شرایط و عوامل آب و هوایی موثر بر گردشگری مناطق گوناگون کشور، بر آن شده‌ایم تا ابتدا با استفاده از روش‌های تحلیل عاملی و خوشه‌بندی، به پهنه‌بندی اقلیمی دقیق تر در استان اصفهان بپردازیم و سپس با استفاده از شاخص اقلیم آسایش PET، برای هر کدام از شهرهای نماینده‌ی نواحی اقلیمی استخراجی استان، در طول سال، بهترین زمان و مناسب‌ترین مکان حضور گردشگران را ارزیابی و مقایسه نماییم.

### مواد و روش‌ها

در این مطالعه ابتدا با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره (در محیط نرم افزار SPSS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی، به شناسایی دقیق خرده نواحی اقلیمی موجود در استان اصفهان پرداخته شد. بدین منظور تعداد ۲۵ متغیر اقلیمی شامل: میانگین حداقل و حداکثر دما، متوسط رطوبت نسبی سالانه به درصد، میانگین بارش سالانه، میانگین سرعت باد، تعداد روزهای بارشی مساوی یا بیشتر از ۱۰ میلی‌متر، تعداد روزهای بارشی ۵ میلی‌متر، تعداد روزهای بارشی ۱ میلی‌متر، تعداد ساعات آفتابی، میانگین دمای روزانه، دامنه‌ی تغییرات دما، حداکثر دمای مطلق، حداقل دمای مطلق، روزهای با حداقل دمای بیشتر از ۲۱ درجه، روزهای با حداکثر دمای بیشتر از ۳۰ درجه، تعداد روزهای یخبندان، آسمان صاف، روزهای با آسمان ابری ۶-۳ اکتا، روزهای با آسمان ابری ۸-۷ اکتا، روزهای با دید کمتر از ۲ کیلومتر، تعداد روزهای همراه با غبار، تعداد روزهای همراه با طوفان، حداکثر بارش روزانه، شمار روزهای بارشی، فشار سطح ایستگاه، از ۱۲ ایستگاه هواشناسی استان انتخاب شد (شکل ۱). پس از تجزیه و تحلیل و رفع نقص داده های هر ایستگاه، به وسیله‌ی روش‌های آماری چندمتغیره: تحلیل عاملی و تحلیل خوشه-ای، اقدام به شناسایی خرده نواحی موجود در استان شد. سپس ویژگی‌های اقلیمی و آسایشی هر ناحیه نیز مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.



ورودی مدل تحلیل عاملی با آرایه‌ی R برای شناسایی عامل‌های اصلی اقلیم استان مورد استفاده قرار گرفت.

در مرحله‌ی بعد برای پاسخ‌گویی به این پرسش که با توجه به عوامل سازنده‌ی اقلیم چند ناحیه‌ی آب و هوایی در استان وجود دارد، روش خوشه‌بندی وارد به طریق سلسله‌مراتبی (Hierarchical) به کار گرفته شد. در این پژوهش با استفاده از اجرای روش تحلیل خوشه‌ای بر روی ماتریس نمرات عاملی به ابعاد ۱۱۱×۵ (عامل‌ها×گره-گاه‌ها) گره‌گاه‌ها دسته‌بندی شدند. این دسته‌بندی گره‌گاه‌ها، بر اساس مشابهت‌ها یا عدم مشابهت‌ها انجام می‌شود، به عبارتی گره‌گاه‌هایی که همانند باشند، در یک خوشه و گره‌گاه‌های ناهمانند در خوشه‌های جداگانه جای می‌گیرند. با استفاده از نمودار خوشه‌بندی حاصله، خوشه‌ها بر اساس فاصله‌ی اقلیدسی یکسان برش خورده و تعداد چهار ناحیه‌ی اقلیمی مجزا به دست آمد.

در انتها برای شناسایی ویژگی‌های آسایش اقلیم گردشگری هر ناحیه، ایستگاه نماینده‌ی هر ناحیه از دیدگاه شاخص PET مورد بررسی قرار داده شد. شاخص PET<sup>۱</sup> یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ترمو-فیزیولوژیک است که از معادله بیلان انرژی بدن انسان مشتق می‌شود و به شرح زیر است (هپی<sup>۲</sup>، ۱۹۹۹:۷۲).

$$M + W + R + C + ED + ERe + ESw + S = 0 \quad (1)$$

M = نرخ سوخت و ساز بدن، W = خروجی کار فیزیکی، C = جریان حرارت همرفتی R = تابش خالص بدن، ED = جریان حرارت نهان تبخیری آب از پوست، ERE = مجموع جریان‌های حرارتی موثر در گرمایش و تبخیر و تعرق و ESW = جریان هوای موثر در تبخیر و تعرق بدن.

در این معادله واحد همه‌ی عبارت‌ها بر حسب وات بوده و معمولاً M مثبت و W، ED و ESW اغلب منفی است. اگر بدن انسان در حال کسب انرژی باشد،

1- physiologia Equivalent Temperature

2- Hoppe



معادله تماماً نتیجه‌ای مثبت خواهد داشت؛ در مقابل اگر بدن انسان در حال از دست دادن انرژی باشد، عبارت‌های معادله منفی خواهند بود.

جدول ۱. مقادیر آستانه شاخص PET در درجات مختلف حساسیت انسان

PET	حساسیت حرارتی	درجه تنش فیزیولوژیک
<۴	خیلی سرد	تنش سرمای بسیار شدید
۴	سرد	تنش سرمای شدید
۸	خنک	تنش سرمای متوسط
۱۳	کمی خنک	تنش سرمای اندک
۱۸	راحت	بدون تنش سرما
۲۳	کمی گرم	تنش گرمای اندک
۲۹	گرم	تنش گرمای متوسط
۳۵	داغ	تنش گرمای شدید
۴۱	خیلی داغ	تنش گرمای بسیار شدید

(ماتزاراکیس و مایر، ۱۹۹۹، ص ۷۶)

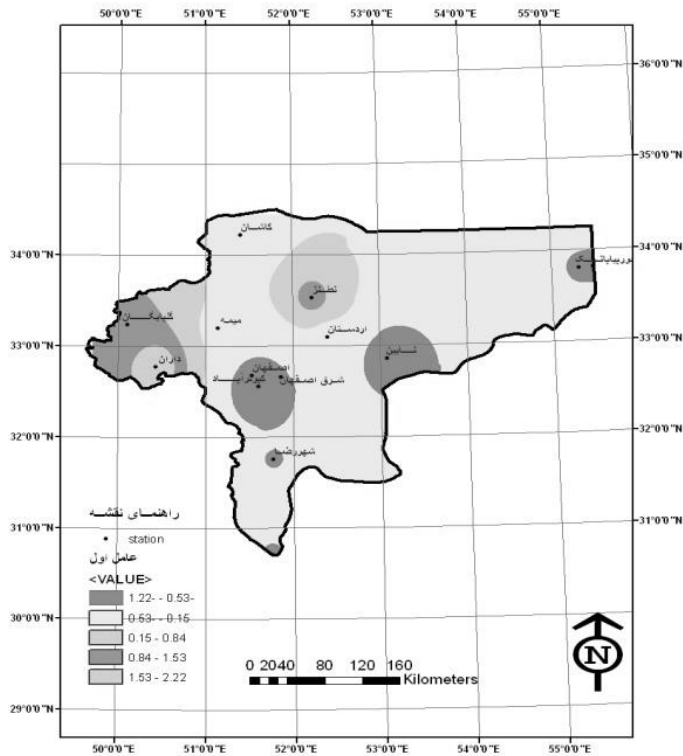
در جدول (۱) آستانه‌های عددی طبقه‌بندی این شاخص همراه با وضعیت توصیفی شرایط فیزیولوژیکی و استرس گرمایی، نشان داده شده است. از آنجا که محاسبه‌ی این معادله پیچیده و وقت‌گیر است، برای بدست آوردن شاخص مورد نظر، بعد از این‌که بازسازی‌های لازم بر روی پارامترهای اقلیمی (شامل دمای هوا به سلسیوس، رطوبت نسبی به درصد، باد بر حسب متر بر ثانیه و میزان ابرناکی آسمان بر حسب اکتای) انجام شد، داده‌های روزانه به عنوان ورودی‌های مدل ریمن، وارد نرم‌افزار گردید و در ادامه خروجی‌های مربوط به طبقه‌بندی ماهانه شاخص PET بر حسب حساسیت دمایی در طول سال برای هر ایستگاه نماینده‌ی ناحیه اقلیمی بدست آمد. طبق آستانه‌های تعریف شده در جدول (۱) اگر مقدار این شاخص بین ۱۸ تا ۲۳ باشد دوره‌ی بدون تنش فیزیولوژیکی یا آسایش اقلیمی بر منطقه حاکم است و مقادیر بیشتر از ۲۳ تنش‌های گرمایی، و مقادیر کمتر، تنش‌های سرمایی را به وجود می‌آورد. بر همین اساس، در طول سال می‌توان وضعیت کاملاً متنوعی را در سراسر استان مشاهده کرد.

**یافته های تحقیق:**

تحلیل عاملی با روش مؤلفه‌های مبنا و دوران مهپراش (واریمکس) نشان داد که ۲۵ عنصر اقلیمی استان را با توجه به همبستگی درونی آن‌ها می‌توان در ۵ عامل خلاصه کرد. مجموع این ۵ عامل اقلیمی حدود ۹۴ درصد واریانس داده‌ها را تبیین می‌کنند. بنابراین این عامل‌ها نقش اصلی و مهمی را در شکل‌گیری اقلیم استان بازی می‌کنند. بعد از شناسایی عامل‌های اصلی اقلیمی، نقشه‌های تحلیل مکانی عامل‌ها رسم گردید تا درجه‌ی حاکمیت هر عامل در هر قسمت استان مشخص شود. در این مرحله به بررسی عامل‌ها و پراکندگی آن‌ها در سراسر استان می‌پردازیم.

### عامل اول - بارش

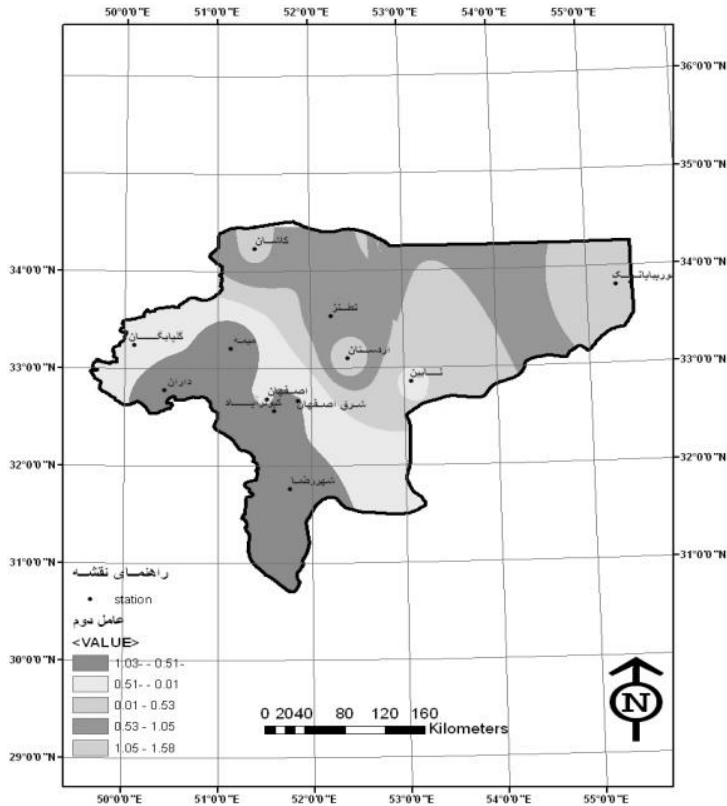
این عامل به تنهایی حدود ۴۸ درصد واریانس کل داده‌ها را تبیین می‌کند. بنابراین مهمترین عامل موثر در اقلیم ناحیه است. با توجه به اینکه نامگذاری عامل‌ها براساس مقادیر مثبت و بزرگتر از یک، انجام می‌شود و بارهای عاملی متغیرها نیز نشان می‌دهد که متغیرهای حداکثر بارش روزانه، کل بارش سالانه، بارش بیش از ۱ میلی‌متر، بارش بیش از ۵ میلی‌متر، بارش بیش از ۱۰ میلی‌متر و شمار روزهای بارشی بیشترین وزن را روی عامل اول داشته‌اند، بنابراین نام عامل بارشی به خود گرفته است. این عامل با متغیرهای متوسط حداکثر دما، روزهای با دمای بالای ۳۰ درجه سانتیگراد، متوسط حداکثر و حداقل دمای مطلق رابطه‌ی معکوسی دارد، به همین خاطر بیشترین مقادیر منفی را کسب نموده‌اند (جدول ۲). قلمروی حاکمیت عامل بارشی بیشتر در غرب استان، یعنی ناحیه‌ی کوهستانی و سرد، محدوده‌ی ایستگاه‌های گلپایگان و داران می‌باشد. در حالی- که هر چه از غرب استان به سمت شرق حرکت می‌کنیم از میزان حاکمیت این عامل کاسته می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲: تحلیل مکانی عامل اول (بارش)

### عامل دوم - دما

این عامل که حدود ۱۸/۵ درصد واریانس کل داده‌ها را تبیین می‌کند، عامل دمایی خوانده شده و رابطه‌ی مستقیمی با روزهای دمای بالای ۲۱ درجه، متوسط دمای روزانه و متوسط حداقل دما نشان می‌دهد. عامل دمایی دارای رابطه‌ی معکوس با متغیرهای روزهای یخبندان، متوسط رطوبت نسبی و همچنین میزان دید کمتر از ۲ کیلومتر می‌باشد (جدول ۲). محدوده‌ی بیشینه‌ی حاکمیت این عامل در نیمه‌ی شرقی و شمالی استان مخصوصاً ایستگاه خور و بیابانک می‌باشد، در حالی که کمترین آن در نیمه‌ی جنوبی و غربی استان، محدوده‌ی ایستگاه‌های کوهستانی چون ایستگاه داران، شهررضا، میمه و کبوترآباد است (شکل ۳).



شکل ۳. تحلیل مکانی عامل دوم (دما)

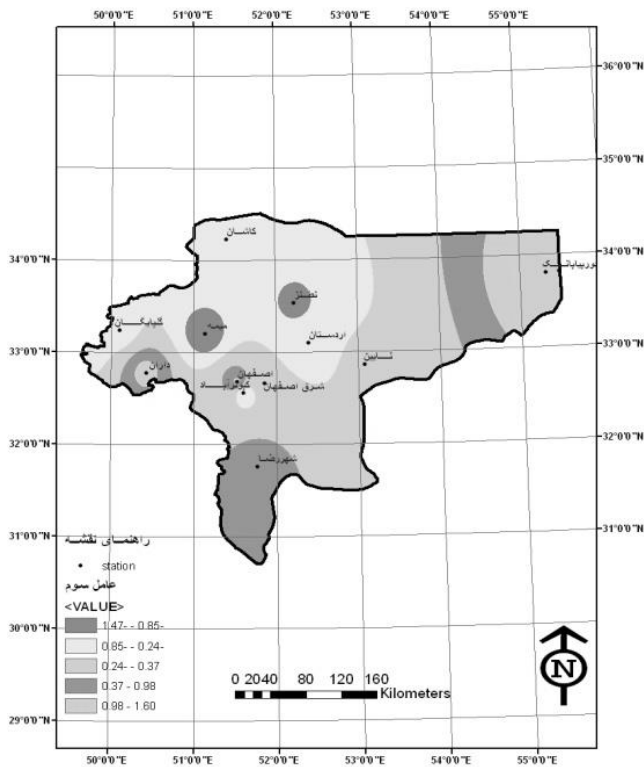
### عامل سوم- آسمان صاف و آفتابی

این عامل حدود ۱۲ درصد واریانس کل را تبیین می‌کند. برای عامل سوم یا عامل آسمان صاف و آفتابی، متغیرهای ساعات آفتابی، آسمان صاف بیشترین نقش را داشته‌اند. در حالی که این عامل با متغیرهای اقلیمی چون بارش، متوسط سرعت باد، آسمان ابری، رابطه‌ای معکوس را نشان می‌دهد (جدول ۲). قلمروی بیشینه‌ی حاکمیت عامل آسمان صاف و آفتابی، در شرق استان (ایستگاه خوریابانک) قرار دارد و کمترین درجه‌ی تسلط آن در محدوده‌ی ایستگاه‌های میمه و نظنز است (شکل ۴).

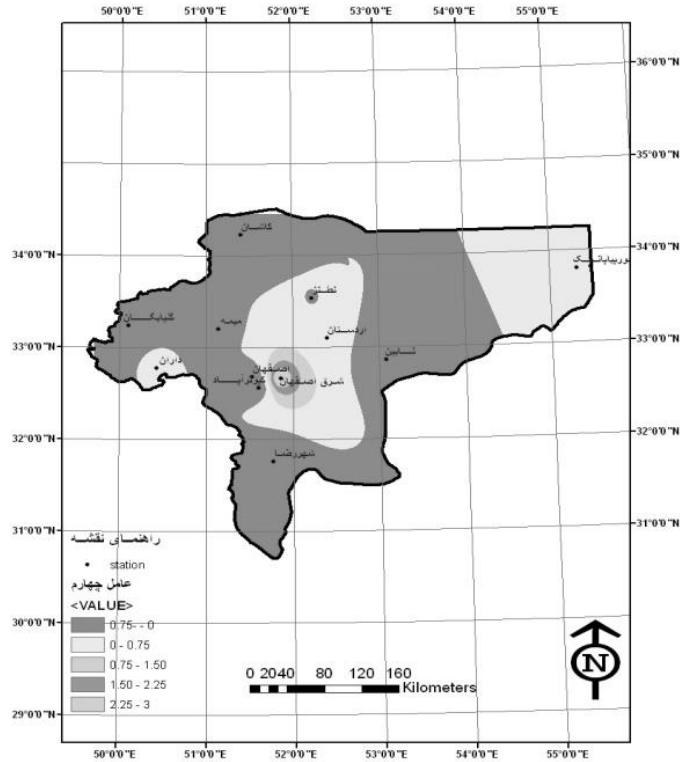
### عامل چهارم - بادی و غباری

این عامل حدود ۹/۵ درصد واریانس کل را تبیین می‌کند. با توجه به اینکه تعداد روزهای غباری ایران با دما رابطه‌ی مستقیم و با روزهای بارانی رابطه‌ی معکوسی نشان

می‌دهد. این بدان معناست که پدیده‌ی غبار، خاص مناطق گرم و کم بارش است (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۶: ۴۶). بنابراین عامل فوق با متغیرهای روزهای توفانی و غباری، متوسط سرعت باد، آسمان ابری و روزهای با میزان دید کمتر از ۲ کیلومتر رابطه‌ی مثبت و مستقیم داشته ولی با متغیرهای بارشی، ساعات آفتابی، آسمان صاف و حداقل دمای مطلق رابطه‌ی معکوسی دارد (جدول ۲). قلمروی اصلی حاکمیت این عامل در محدوده‌ی ایستگاه شرق اصفهان (نیمه‌ی مرکزی استان) است. در حالی که بقیه‌ی پهنه‌ی استان نسبت پایینی از درجه‌ی حاکمیت این عامل را نشان می‌دهد. مخصوصاً در نیمه‌ی غربی استان که مقدار ریزش باران بیشتر است، روزهای غباری کمتری را شاهد هستیم (شکل ۵).



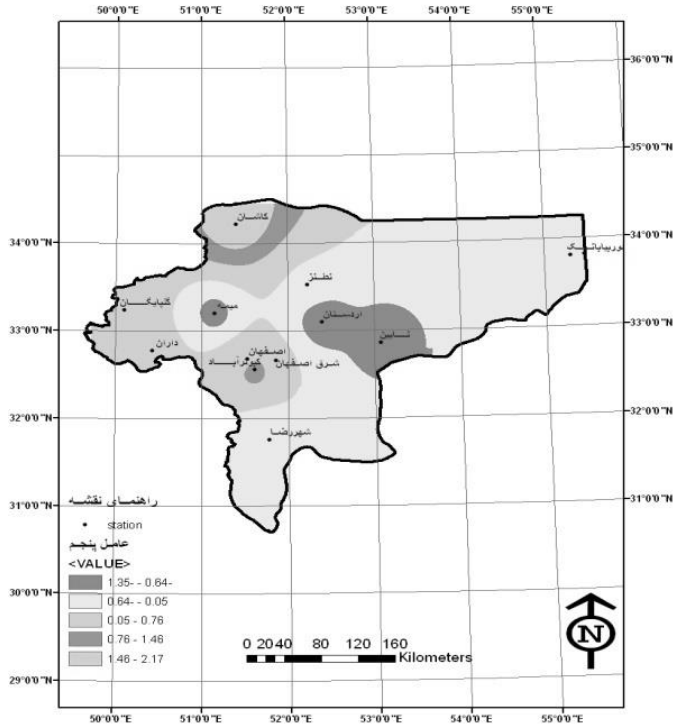
شکل ۴: تحلیل مکانی عامل سوم (آسمان صاف)



شکل ۵: تحلیل مکانی عامل چهارم (بادی و غباری)

### عامل پنجم - گرمایی و رطوبت

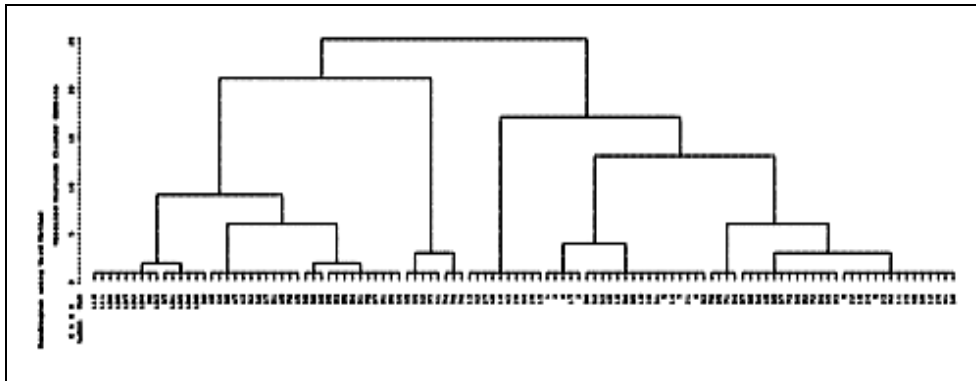
عامل گرمایی و رطوبت فقط حدود ۵/۵ درصد واریانس کل را تشکیل می‌دهد و در بین تمام عامل‌ها کمترین اهمیت را داراست. این عامل با متغیرهای اقلیمی متوسط - حداکثر دما، روزهای بادماهی بالای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و متوسط رطوبت نسبی رابطه‌ی مستقیمی نشان می‌دهد ولی با متغیرهای متوسط حداقل دما، متوسط سرعت باد رابطه‌ی معکوسی دارد (جدول ۲). بیشترین درجه‌ی حاکمیت آن در محدوده‌ی ایستگاه کاشان است و کمترین درجه‌ی حاکمیت آن در محدوده‌ی ایستگاه ناین و اردستان به چشم می‌خورد (شکل ۶).



شکل ۶: تحلیل مکانی عامل پنجم (گرمایی و رطوبت)

### بررسی نواحی اقلیمی استان اصفهان از دیدگاه اقلیمی و گردشگری

با استفاده از روش خوشه‌بندی وارد، یا خوشه‌بندی بر اساس فاصله، ایستگاه‌های استان بر اساس نمرات عاملی گروه‌بندی شدند و بر اساس خروجی شکل درخت خوشه‌بندی (شکل ۷) چهار ناحیه‌ی اقلیمی متمایز حاصل شد.



شکل ۷. نمودار درخت خوشه‌بندی گره‌گاه‌های نواحی اقلیمی استان اصفهان

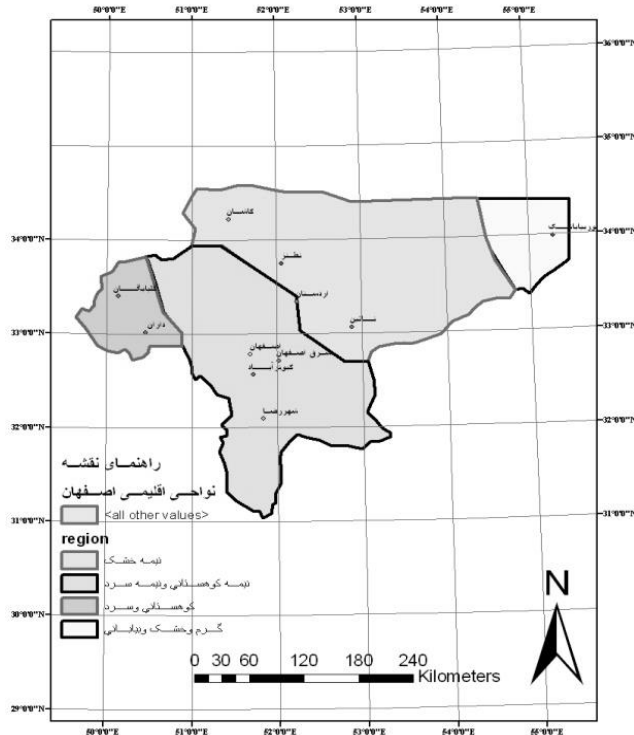
جدول ۲: بارهای عاملی روی عناصر اقلیمی

عامل ۵	عامل ۴	عامل ۳	عامل ۲	عامل ۱	عناصر اقلیمی
-۰/۰۷	۰	-۰/۰۳	۰/۱۹	۰/۰۸	متوسط حداقل دما
-۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۰۳	-۰/۰۱	-۰/۱۱	متوسط حداکثر دما
۰	۰/۰۱	-۰/۰۱	۰/۱۲	۰	متوسط دمای روزانه
۰/۰۵	۰/۰۱	-۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۱۳	بارش بیش از ۱mm
۰	-۰/۰۲	۰	۰/۰۱	۰/۱۲	بارش بیش از ۵mm
۰	۰	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۱۳	بارش بیش از ۱۰mm
-۰/۰۶	۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۱۷	۰/۲۲	حداکثر بارش روزانه
-۰/۱۳	۰/۳۶	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۰۵	روزهای غباری
-۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۱۲	روزهای توفانی
۰/۳۸	۰/۰۳	۰/۰۲	-۰/۱۵	-۰/۰۸	متوسط رطوبت نسبی
۰/۰۱	۰/۰۳	-۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۱۴	شمار روزهای بارشی
-۰/۲۷	-۰/۰۳	۰/۱۴	-۰/۰۸	-۰/۰۳	ساعات آفتابی
-۰/۴۰	۰/۰۹	-۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۰۷	متوسط سرعت باد
۰/۰۸	۰/۰۴	-۰/۰۱	۰/۰۹	-۰/۰۲	فشار سطح ایستگاه
۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۰۲	-۰/۱۷	-۰/۰۷	یخبندان
۰/۰۳	-۰/۰۵	۰/۲۹	-۰/۰۶	-۰/۰۲	آسمان صاف
-۰/۰۹	۰/۰۵	-۰/۲۴	۰/۰۱	۰	آسمان ابری ۶-۱۳ اکتا
۰/۰۹	۰/۰۴	-۰/۲۸	۰/۱۲	۰/۰۶	آسمان ابری ۸-۱۷ اکتا
۰/۰۲	۰/۳۶	۰	۰/۰۱	۰/۱	دامنه تغییرات دما
۰	۰	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۱۴	کل بارش سالانه
۰/۰۶	۰/۲۹	-۰/۰۳	-۰/۰۱	۰/۰۲	دید کمتر از ۲km
۰/۱۰	۰/۰۱	۰	۰	-۰/۱	دماهای بالای ۳۰ درجه
-۰/۱۱	۰/۰۵	-۰/۰۵	۰/۲۳	۰/۱۲	دماهای بالای ۲۱ درجه
۰/۰۴	-۰/۰۱	-۰/۰۲	۰/۱۰	۰	حداقل دمای مطلق
۰/۱۰	۰/۰۳	-۰/۰۱	۰/۰۵	-۰/۰۶	حداکثر دمای مطلق

ماخذ: محاسبات توسط نگارندگان، ۱۳۹۲

پس از بررسی شکل درخت خوشه‌بندی و شناسایی گروه‌های همگن، نقشه‌ی نواحی اقلیمی استان اصفهان در محیط GIS ترسیم گردید (شکل ۸) و سپس ویژگی‌های آسایش اقلیم گردشگری نماینده‌ی هر ناحیه‌ی اقلیمی نیز مورد بررسی قرار گرفت.





شکل ۸. نواحی اقلیمی استخراجی استان اصفهان

### الف) ناحیه‌ی گرم و خشک و بیابانی (ایستگاه نماینده: خور و بیابانک)

ویژگی اصلی این ناحیه که تماماً در دشت کویر قرار گرفته است، وجود دماهای بالا و بارش کم است. حاکمیت اصلی با دو عامل دمایی و عامل آسمان صاف و آفتابی می‌باشد. از لحاظ اقلیمی و شرایط آسایش گردشگری در طول سال می‌توان وضعیت کاملاً متنوعی را برای ایستگاه نماینده‌ی آن مشاهده کرد. نتایج حاصل از شاخص PET نشان می‌دهد که دوره‌ی آسایش یا بدون تنش در این شهر در دو ماه آوریل و سپتامبر (فروردین و شهریور) به وقوع می‌پیوندد. خور و بیابانک در این زمان از مناسب‌ترین شرایط برای گردشگری برخوردار است. همانطور که ملاحظه می‌شود (شکل ۹- الف) از ماه می، تنش‌های گرمایی اندک شروع شده و در ماه ژوئن به حداکثر خود می‌رسد. با آغاز نیمه‌ی دوم سال، حساسیت سرمایی با درجات متفاوت بر منطقه حاکم می‌شود که حداکثر شدت آن در ماه دسامبر است.

### ب) ناحیه‌ی نیمه خشک (ایستگاه نماینده: کاشان)

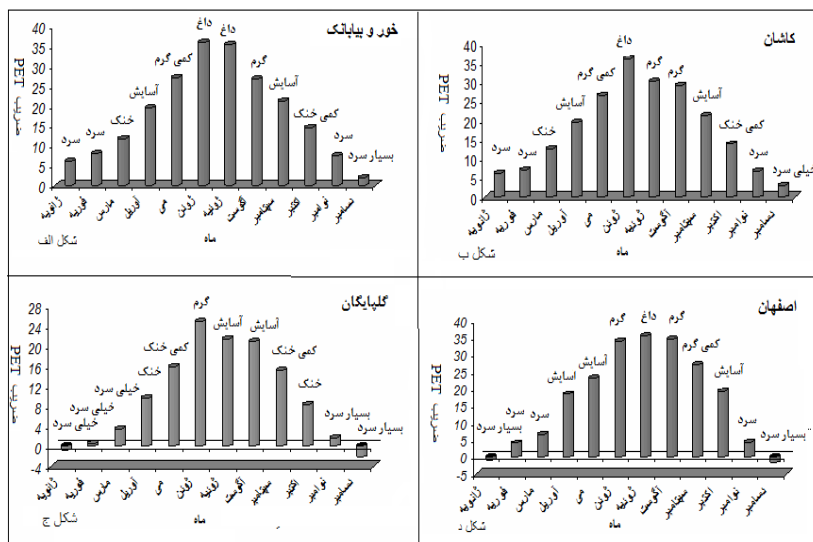
این ناحیه بزرگترین ناحیه‌ی اقلیمی در استان اصفهان است که نیمه‌ی شرقی و جنوبی آن به طور کامل با دشت کویر همجوار است. در این ناحیه، عامل دمایی (عامل دوم) عامل تعیین کننده است و در سراسر نیمه‌ی شمالی و جنوبی این ناحیه دیده می‌شود. محاسبات شاخص PET برای شهر کاشان نشان می‌دهد که دوره‌ی مطلوبیت آسایشی این شهر به مانند خورو بیابانک بوده، به عبارتی این شهر در ماه‌های آوریل و سپتامبر از شرایط فیزیولوژیکی مطبوع و آسایشی برخوردار می‌باشد. این در حالی است که کاشان، در فصل تابستان و زمستان با برخورداری از شرایط تنش گرمایی و سرمایی در وضعیت کاملاً نامناسب برای گردشگری قرار دارد (شکل ۹-ب).

### ج) ناحیه‌ی کوهستانی و سرد (ایستگاه نماینده: گلپایگان)

این ناحیه مرتفع‌ترین ناحیه‌ی استان است که ماهیت کوهستانی و ارتفاع زیاد آن از سطح دریا، موجب افزایش ریزش بارش‌ها، به ویژه به شکل برف گردیده است؛ به طوری که در بین عامل‌های اقلیمی، عامل بارش تنها در این ناحیه بیشترین حاکمیت را دارد. خروجی‌های حاصل از شاخص دما - فیزیولوژیک برای شهر گلپایگان نیز نشان می‌دهد که این منطقه نسبت به سایر نواحی استان از شرایط خنکی در طول سال برخوردار است؛ تا جایی که دوره‌ی آسایش اقلیمی در این ایستگاه در فصل تابستان (ژوئیه و آگوست) اتفاق می‌افتد. از سوی دیگر وجود کوهستان‌های پوشیده از مراتع و رودخانه‌های پرآب که چشم‌انداز طبیعی زیبایی به وجود آورده‌اند و جزء توانمندی‌های عمده‌ی این شهر محسوب می‌شوند، حکایت از آن دارد که در ماه‌هایی که شهرهای اصفهان، خور بیابانک، ناین، کاشان، اردستان و غیره با محدودیت‌های گرمایی روبرو هستند، گلپایگان با برخورداری از شرایط مطلوب می‌تواند در این موقع از سال مورد توجه گردشگران قرار گرفته و پذیرای مسافران تابستانی باشد. همچنین این منطقه در فصل زمستان به علت داشتن کوهستان‌های مرتفع و بارش برف شرایط بسیار مناسبی برای ورزش‌های زمستانی دارد (شکل ۹-ج).

### د) ناحیه‌ی نیمه کوهستانی و نیمه سرد (ایستگاه نماینده: اصفهان)

این ناحیه بعد از ناحیه‌ی نیمه خشک، وسیع‌ترین ناحیه و بعد از ناحیه‌ی کوهستانی و سرد، دارای بلندترین ارتفاعات می‌باشد. دو عامل آسمان صاف و آفتابی و عامل بادی و غباری، بیشترین درجه‌ی تسلط را در این منطقه به خود اختصاص داده‌اند. بر طبق تحلیل ماهانه‌ی صورت گرفته، شهر اصفهان برعکس سه ایستگاه دیگر در سه ماه آوریل، می و اکتبر دارای شرایط کاملاً نرمال و ایده‌آل می‌باشد و این بازه‌ی زمانی طولانی برای پایتخت فرهنگی جهان اسلام و توسعه‌ی گردشگری، بسیار حائز اهمیت است. روندهای تغییرات این شاخص در (شکل ۹-د) نشان داده شده است.



شکل ۹: طبقه‌بندی ماهانه شاخص PET بر اساس حساسیت دمایی برای ایستگاه‌های نماینده هر ناحیه اقلیمی

### نتیجه‌گیری

به طور قطع گردشگری به عنوان یک نیروی محرکه در توسعه جهانی معاصر مطرح است. امروزه این صنعت به عنوان یکی از بزرگترین صنایع موجود و از شاخه‌های مهم عرصه صنعت و تجارت در دنیا به شمار آمده و در صدر صنایع اشتغال‌زا محسوب می‌شود. در توسعه‌ی گردشگری علاوه بر عوامل فرهنگی، اجتماعی و سیاسی، عوامل محیط طبیعی نیز نقش مهمی ایفا می‌کنند. استان اصفهان علی‌رغم اینکه در سیستم‌های

بزرگ مقیاس اقلیمی، به طور یکپارچه تحت تأثیر شرایط سینوپتیکی واحد قرار می‌گیرد، اما به خاطر گوناگونی عوامل محلی اقلیمی و مخصوصاً تنوع توپوگرافی در پهنه-ی گسترده‌ی استان، باعث شده که از خرده اقلیم ها و نواحی اقلیمی متفاوتی برخوردار باشد. بدین منظور ابتدا با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره، اقدام به شناسایی خرده‌نواحی اقلیمی استان شد پس از بررسی تحلیل عاملی بر روی ۲۵ عنصر اقلیمی، پنج عامل اصلی (بارشی؛ دمایی؛ آسمان صاف و آفتابی؛ بادی و غباری؛ گرمایی و رطوبت) شناسایی گردید.

در بین کلیه‌ی عوامل اقلیمی استخراجی، عامل بارشی و عامل دمایی به ترتیب با ۴۸ و ۱۸/۵ درصد تبیین واریانس کل داده‌ها، مهمترین نقش‌ها را در تعیین تنوع اقلیمی استان داشته‌اند؛ به طوری که در نیمه‌ی غربی استان، به خاطر وجود ارتفاعات شاخص و قرارگیری آن‌ها در مسیر توده‌های باران‌آور غربی، میزان بارش به حداکثر می‌رسد. این در حالی است که هر چه به نیمه‌ی شرقی استان نزدیک‌تر می‌شویم، از میزان بارش به طور محسوس کاسته شده و شرایط بیابانی بر منطقه حاکمیت می‌یابد. در کل این پنج عامل حدود ۹۴ درصد رفتار اقلیمی را در استان اصفهان توجیه نموده‌اند. در ادامه پس از تعیین قلمروی مکانی عامل‌ها، با استفاده از روش خوشه‌بندی وارد و طبقه‌بندی ایستگاه‌های استان، چهار ناحیه‌ی اقلیمی متمایز در استان تشخیص داده شد. سپس ایستگاه‌های نماینده‌ی هر ناحیه‌ی اقلیمی، از لحاظ شرایط آسایش حرارتی و گردشگری توسط شاخص PET مورد بررسی قرار گرفت. خروجی‌های حاصل از شاخص PET برای سه ایستگاه‌های خورویابانک، اصفهان و کاشان شبیه به هم هستند؛ بطوری که در هر سه ایستگاه، ابتدای سال دارای حساسیت‌های سرمایی است و با سپری شدن فصل سرد، ماه آوریل به عنوان بهترین زمان از نظر شرایط اقلیم آسایش شناخته می‌شود. این وضعیت برای ایستگاه اصفهان تا ماه می ادامه دارد. از ژوئن تنش‌های گرمایی آغاز شده، در ژوئیه و آگوست به اوج خود می‌رسد. در سپتامبر، ایستگاه‌های خور و بیابانک و کاشان وارد محدوده‌ی اقلیم آسایش می‌شوند؛ در حالی که این شرایط برای اصفهان در ماه

اکتبر اتفاق می‌افتد. در این بین، گلپایگان دارای وضعیتی کاملاً متفاوت می‌باشد. این شهر که به عنوان سردترین ایستگاه استان شناخته می‌شود، در ماه‌های ژوئیه و آگوست از شرایط کاملاً نرمال و ایده‌آل برخوردار است. این درست زمانی است که سایر نقاط استان در نامناسب‌ترین شرایط آسایشی قرار دارند و این مهم نیز باید مورد توجه جدی مسئولین قرار گیرد.

### منابع و ماخذ

- ۱- ابراهیم‌زاده، عیسی و اسمعیل‌زاده، مرتضی (۱۳۹۱)، تحلیلی بر آسایش اقلیمی و برنامه‌ریزی گردشگری (موردشناسی: سیستان و بلوچستان)، جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، ش ۱۸، صص: ۱۴۵-۱۲۳،
- ۲- ابراهیم‌زاده، عیسی و کریمی، جعفر (۱۳۹۱)، تحلیلی بر برنامه‌ریزی و توسعه اکوتوریسم در حوضه تالاب گاوخونی با بهره‌گیری از شاخص‌های زیست اقلیمی، جغرافیا و برنامه‌ریزی، ش ۳۹، صص: ۲۳-۱،
- ۳- جهان‌بخش، سعید (۱۳۷۷)، ارزیابی زیست اقلیم انسانی تبریز و نیازهای حرارتی ساختمان، مجله تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۸، صص ۶۸-۴۷.
- ۴- حیدری، حسن و علیجانی بهلول (۱۳۷۸)، طبقه‌بندی اقلیمی ایران با استفاده از تکنیک‌های آماری چند متغیره، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، ش ۳۷، صص: ۷۴-۵۷.
- ۵- دین‌پژوه، یعقوب، فاخری، احمد، مقدم، محمد، جهان‌بخش، سعید و میرنیا میرکمال (۱۳۸۲)، انتخاب متغیرها به منظور پهنه‌بندی اقلیم بارش ایران با روش‌های چند متغیره، محله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۴، شماره ۴، صص ۸۲۳-۸۰۹.
- ۶- سلیقه، محمد و اسمعیل‌نژاد مرتضی (۱۳۸۷)، پهنه‌بندی اقلیمی استان سیستان و بلوچستان، مجله جغرافیا و توسعه، ش ۱۲، صص: ۱۱۶-۱۱۰.
- ۷- گرامی‌مطلق، علیرضا و شبانکاری، مهران (۱۳۸۵)، پهنه‌بندی اقلیمی استان بوشهر، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)، شماره ۱، صص: ۲۱۰-۱۸۷.
- ۸- گنجی، محمدحسن (۱۳۸۲)، تقسیمات اقلیمی ایران، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران، شماره ۱، صص: ۷۲-۲۷.
- ۹- کسمایی، مرتضی (۱۳۶۳)، اقلیم و معماری، چاپ اول، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن تهران.

- ۱۰- کوچکی، نصیری و عوض، مهدی (۱۳۷۳) اکولوژی گیاهان زراعی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- ۱۱- مسعودیان، ابوالفضل و کاویانی، محمدرضا (۱۳۸۶)، اقلیم شناسی ایران، انتشارات دانشگاه اصفهان.
- ۱۲- محمدی، حسین و سعیدی، علی (۱۳۸۷)، شاخص‌های زیست اقلیمی موثر بر ارزیابی آسایش انسان مطالعه موردی: شهر قم، مجله محیط شناسی، سال سی و چهارم، شماره ۴۷، صص: ۷۳-۸۶.
- ۱۳- منتظری، مجید و کریم‌پور، مریم (۱۳۹۱)، شناسایی پهنه‌های اقلیمی حوضه زاینده‌رود با استفاده از روش‌های چند متغیره، فصلنامه جغرافیای طبیعی، شماره پنجم، سال ۱۵، صص ۵۱-۶۴.
- 14-Anyadik, R. N.C (1987), A multivariate classification and regionalization of West African climates, Journal of climatology, Vol:7, pp:156-164.
- 15- Carbajal. N, L. Pineda Martinez, E. Medina Roldan (2007), Regionalization and classification of bioclimatic zones in the central-northeastern region of Mexico using principal component analysis(PCA)”, journal content, Vol 20, No 2 ,Universidad Nacional Autonoma de Mexico.
- 16- Fanger , P. O (1972), Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering, McGraw-Hill, pp.86- 102.
- 17- Gomez, M.B. (2005), Weather, climate and tourism, A geographical perspective. Annuals of Tourism Research, Vol:32 ,pp.571-591.
- 18-Hoppe P (1999), The Physiological Equivalent Temperature-a Universal Index for the Biometeorological Assessment of the Thermal Environment. Int. J.Biometeorology 43:71-75.
- 19- Heise Bjoern, Bernd Bobertz, and Jan Harff (2010), Classification of the Pearl River Estuary via Principal Component Analysis and Regionalization, Journal of Coastal Research, pp.769-779.
- 20- Hamilton, J.M., Maddison, D.J. and Tol, R.S.J (2005), Climate change and international tourism: A simulation study, Working Paper FNU31, Research Unit Sustainability and Global Change, Centre for Marine and Climate Research, University of Hamburg, PP.21-13.
- 21- Matzarakis, A. H. Mayer (1997), Heat stress in Greece, Original Article, PP:34-39.
- 22- R. Romeroa, C. Ramisa, J. A. Guijarrob & G. Sumnerc. (1999): Daily Rainfall Affinity in Mediterranean Spain, International journal of Climatology, Vol. 19, PP, 557-578.
- 23-Singh C.V.(1999), Principal Components of Monsoon rainfall in normal, flood and drought years over India, international journal of climatology, pp.639-652.

24-Yunus F. (2011). Delineation of Climate Divisions for Peninsular Malaysia, Geospatial World Forum, Dimensions and Directions of Geospatial Industry, Hyderabad, India.