

شناسایی رژیم های دمایی ایران با استفاده از روشهای چند متغیره

طیب رضیئی^{۱*}

^۱استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۶/۲۱، تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۱۱)

چکیده

برای مدیریت بهینه منابع انرژی و تعیین دقیق تقویم زراعی در مناطق مختلف کشور، شناسایی مناطق همگن از نظر رژیم دمایی بسیار ضروری است. از این رو، به منظور شناسایی رژیم های دمایی ایران از داده های دمای ماهانه ۱۵۵ ایستگاه همدیدی پراکنده در سطح کشور در دوره آماری ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ استفاده شد. با انجام تحلیل مؤلفه های اصلی بر روی ماتریس میانگین دمای ماهانه ایستگاه های مورد استفاده، ۳ مؤلفه اول برای مطالعه بیشتر انتخاب شدند. در مرحله بعد با خوشه بندی به روش وارد بر روی ماتریس نمره استاندارد مؤلفه های انتخابی، ایستگاه های مورد مطالعه به هفت منطقه همگن دمایی با عنوان رژیم ساحلی عمان، رژیم ساحلی خلیج فارس، رژیم ساحلی خزری، رژیم کوهستانی، رژیم کوهستانی مرتفع، رژیم دشتی و رژیم گرمسیری گروه بندی شدند. رژیم دمایی کوهستانی با تابستان های تقریباً خنک و زمستان های سرد منطقه کوهستانی غرب و شمال کشور و رژیم دمایی دشتی نیز مناطق کم ارتفاع مرکز و شرق ایران را در بر می گیرند. ایستگاه های بسیار مرتفع مناطق کوهستانی کشور نیز در رژیم کوهستانی مرتفع خوشه بندی شدند که در مقایسه با رژیم دمایی کوهستانی، زمستان های سردتر و تابستان های خنک تری دارد. رژیم دمایی گرمسیری نیز به عنوان گرم ترین رژیم دمایی کشور، جنوب غرب و بخشی از جنوب ایران را در بر می گیرد. ایستگاه های کرانه های ساحلی دریای خزر در شمال و دریای عمان و خلیج فارس در جنوب کشور نیز به ترتیب با رژیم دمایی ساحلی خزری، رژیم ساحلی دریای عمان و رژیم ساحلی خلیج فارس مشخص می شود که در مقایسه با دیگر رژیم های دمایی ایران از اعتدال دمایی بیشتری در طی سال برخوردارند. نقش ناهمواری ها، عرض جغرافیایی و منابع آبی دریای خزر، دریای عمان و خلیج فارس در شکل گیری رژیم های دمایی به خوبی دیده می شود. رژیم های دمایی به دست آمده می تواند به مدیریت بهتر منابع انرژی، توسعه برنامه های گردشگری، تعیین دقیق تر تقویم زراعی مناطق مختلف کشور و نیز شناسایی گیاهان مناسب برای کاشت در آن ها کمک کند.

واژه های کلیدی: رژیم دمایی، تحلیل مؤلفه های اصلی، خوشه بندی، مناطق همگن، ایران

۱ مقدمه

دما یکی از مهم‌ترین متغیرهای اقلیمی است که در توزیع گیاهان، جانوران و جوامع انسانی روی کره زمین نقش اساسی دارد و به همین سبب نقش مهمی در اغلب روش‌های طبقه‌بندی اقلیمی بازی می‌کند. این متغیر همچنین اهمیت بسیار زیادی در بسیاری از فعالیت‌های محیطی، کشاورزی، هیدرولوژی، گردشگری و مدیریت منابع انرژی برای مصارف صنعتی و شهری دارد. توزیع زمانی و مکانی تبخیر و تعرق پتانسیل و در نتیجه نیاز آبی محیط نیز به شدت از تغییرات زمانی و مکانی دما پیروی می‌کند. از این رو شناخت مناطق همگن دمایی و رژیم‌های دمایی از دیرباز مورد توجه آب‌وهواشناسان بوده است. شناسایی مناطق همگن دمایی و به‌ویژه شناسایی رژیم‌های دمایی از مهم‌ترین پیش‌نیازهای برنامه‌ریزی‌های کشاورزی و مدیریت منابع انرژی در کشورهاست. برای این منظور معمولاً از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی در کنار یکی از روش‌های خوشه‌بندی استفاده می‌شود. برای مثال جونز (۱۹۹۹) با استفاده از آرایه S تحلیل مؤلفه‌های اصلی کشور استرالیا را از نظر هم‌وردایی دمای کمینه و بیشینه به پنج منطقه همگن جغرافیایی تقسیم کرد. اهرندورفر (۱۹۸۷)، جانوواک (۱۹۸۸)، کومری و گلن (۱۹۹۸) و سینگ و سینگ (۱۹۹۶) نیز از تحلیل مؤلفه‌های اصلی با آرایه S برای منطقه‌بندی بارش استفاده کرده‌اند. الکنای و همکاران (۲۰۱۳) نیز با استفاده از آرایه S تحلیل مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌بندی پایگانی، توانستند منطقه کوهستانی شمال شرق اسپانیا را به چهار منطقه همگن از نظر هم‌وردایی دماهای فرین تقسیم کنند. گرین و همکاران (۱۹۹۳) نیز با استفاده از آرایه T تحلیل مؤلفه‌های اصلی، رژیم‌های دمایی جنوب کالیفرنیا را شناسایی کردند. با استفاده از همین روش، گرین و همکاران (۱۹۹۳) رژیم‌های بارشی جنوب کالیفرنیا و فرناز میلز (۱۹۹۵) رژیم‌های بارشی اسپانیا را شناسایی کردند.

کانساکار و همکاران (۲۰۰۴) و ساریس و همکاران (۲۰۱۰) نیز با استفاده از روش خوشه‌بندی و بدون استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی به‌عنوان پیش‌پردازشگر، به ترتیب رژیم‌های بارشی نیال و ترکیه را شناسایی کردند. به دلیل اهمیت و نقش متغیر بارش در مدیریت منابع آب کشور، پژوهشگران ایرانی زیادی کوشش کرده‌اند تا با استفاده از یکی از روش‌های یادشده، مناطق همگن بارشی و رژیم‌های بارشی ایران را شناسایی کنند. برای مثال جهانبخش اصل و ذوالفقاری (۱۳۸۱) با تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر روی بارش روزانه ۲۲ ایستگاه همدیدی و اقلیم‌شناسی پراکنده در غرب ایران توانستند این بخش از کشور را از نظر ویژگی‌های بارش روزانه به پنج منطقه همگن بارشی منطقه‌بندی کنند. ذوالفقاری و ساری‌صراف (۱۳۷۸) نیز با خوشه‌بندی داده‌های بارش ماهانه ۲۴ ایستگاه هواشناسی در همین منطقه، شمال غرب کشور را از نظر ویژگی‌های بارش به پنج منطقه همگن تقسیم کردند. دین‌پژوه و همکاران (۲۰۰۴) نیز از میان ۵۷ متغیر اقلیمی وابسته به بارش در ۷۷ ایستگاه همدیدی و اقلیم‌شناسی پراکنده در سطح کشور، ۱۲ مورد را انتخاب و با تحلیل مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌بندی بر روی ۱۲ متغیر انتخابی، کل کشور را به هفت منطقه همگن از نظر ویژگی‌های بارشی تقسیم کردند. رضیعی و همکاران (۲۰۰۸) نیز با تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر روی ۹ متغیر وابسته به بارش و خوشه‌بندی مؤلفه‌های به‌دست‌آمده، پنج منطقه همگن بارشی برای غرب ایران شناسایی کردند. مدرس (۲۰۰۶) و مدرس و سرحدی (۲۰۱۱) نیز به کمک روش‌های خوشه‌بندی و ال-مومنت، ایران را بر اساس تحلیل فراوانی بارش به هشت منطقه همگن بارشی تقسیم کردند. مسعودیان و عطایی (۱۳۸۴) هم با استفاده از روش خوشه‌بندی، ایران را بر اساس فصل‌های بارشی به پنج منطقه تقسیم و ویژگی‌های بارشی هر منطقه را بررسی کردند. در مطالعه‌های دیگر و با روشی مشابه، مسعودیان

کردند. مسعودیان و همکاران (۱۳۸۷) نیز ایران را به دو ناحیه دمایی سرد کوهستانی و گرم کم ارتفاع، تقسیم و سپس این دو منطقه را به ترتیب به ۴ و ۲ زیرمنطقه دمایی تقسیم کردند. همچنین اسدی و مسعودیان (۱۳۹۳) با اجرای روش خوشه بندی وارد بر روی دماهای فرین در ۶۶۳ ایستگاه اقلیم شناسی و همدیدی، کشور ایران را به پنج منطقه همگن از نظر وقوع دماهای فرین تقسیم بندی کردند. سرمدی و عزمی (۲۰۱۵) هم با شناسایی مدهای اصلی هموردایی دما در ماه های مختلف سال و خوشه بندی نمره استاندارد مؤلفه های انتخابی، ایران را به هشت منطقه اقلیمی از نظر هموردایی دما تقسیم کردند. همچنین مسعودیان و دارند (۱۳۸۹) با استفاده از روش خوشه بندی وارد، ایران را به شش ناحیه همگن از نظر تغییرپذیری دماهای فرین روزانه تقسیم کردند و نتیجه گرفتند که توده های بزرگ آبی و رشته کوه های بزرگ کشور، نقش اصلی را در شکل گیری این مناطق بازی می کنند. خسروی و همکاران (۱۳۹۳) نیز با خوشه بندی داده های دما و بارش، کشور ایران را به پنج پهنه اقلیمی معتدل گرم، سرد و نیمه خشک، معتدل مرطوب، گرم و خشک و بسیار گرم و خشک تقسیم کردند.

نتایج مطالعات نشان می دهد که مناطق دمایی به دست آمده خیلی با یکدیگر هماهنگ نیستند؛ این می تواند نتیجه استفاده از روش های متفاوت، تعداد ایستگاه های متفاوت یا استفاده از ایستگاه های با طول دوره آماری متفاوت باشد. از سوی دیگر، در اغلب تحقیقات، همگنی مناطق دمایی به دست آمده مورد آزمون قرار نگرفته است؛ این امر می تواند ناهماهنگی میان نتایج تحقیقات را تاحدودی توجیه کند. بررسی مطالعات همچنین نشان می دهد که تحقیقات بسیار اندکی در زمینه شناسایی رژیم های دمایی ایران به انجام رسیده است و اعتبار رژیم های دمایی به دست آمده نیز ارزیابی نشده است. بنابراین با توجه به توپوگرافی پیچیده ایران (شکل ۱)

(۱۳۸۴) ایران را به سه رژیم بارشی اصلی و ۱۲ رژیم بارشی فرعی تقسیم بندی کرد. دومروئس و همکاران (۱۹۹۸) هم با تحلیل مؤلفه های اصلی و خوشه بندی بر روی ۷۱ ایستگاه همدیدی و اقلیم شناسی پراکنده در سطح کشور، پنج رژیم بارشی برای ایران شناسایی کردند.

شناسایی مناطق همگن دمایی و رژیم های دمایی نیز به ویژه برای کشورهای بزرگی چون ایران که از ناهموازی های پیچیده و گستردگی زیاد جغرافیایی برخوردار هستند، بسیار مهم است. شناسایی مناطق همگن دمایی علاوه بر ارائه اطلاعات ریز در زمینه چگونگی تغییرات دما در سطح کشور، به شناسایی دلایل سینوپتیکی تفاوت های مکانی دما در سطح کشور کمک بسیار بزرگی می کند؛ همچنین ممکن است به افزایش دقت پیش بینی های هواشناسی در کشور کمک کند. به دلیل تغییرات مکانی هموارتر دما، مطالعه در زمینه شناسایی مناطق همگن دمایی و رژیم های دمایی ایران کمتر از بارش مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است و اغلب پژوهش های انجام گرفته در این زمینه نیز به تعیین مناطق همگن دمایی کشور بر اساس مقدار دمای سالانه یا وردایش زمانی دمای ماهانه پرداخته اند (اسدی و مسعودیان، ۱۳۹۳؛ سرمدی و عزمی، ۲۰۱۵) ولی در زمینه شناسایی مناطق همگن از نظر شکل توزیع ماهانه دما یا رژیم های دمایی که شالوده اصلی انواع روش های طبقه بندی اقلیمی مانند روش کوپن را تشکیل می دهد، مطالعات محدودی صورت گرفته است. غیور و منتظری (۱۳۸۳) با تحلیل مؤلفه های اصلی بر روی داده های میانگین دمای ۳۰۰ ایستگاه هواشناسی کشور و خوشه بندی نمره استاندارد مؤلفه های انتخابی، ایران را به سه رژیم دمایی کوهستانی، دشتی و ساحلی جنوب تقسیم کردند. اکبری و مسعودیان (۱۳۸۸) هم با خوشه بندی پایگانی بر روی دمای میانگین ماهانه ۳۳۸ ایستگاه هواشناسی پراکنده در سطح کشور، ایران را به هشت ناحیه دمایی تقسیم بندی

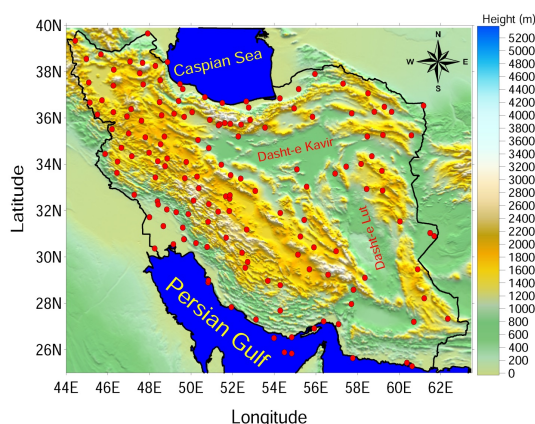
۱۹۹۱ آمار گم شده دارند که با توجه به اینکه این مقدار آمار گم شده، کمتر از ۱۰ درصد کل داده‌های هر ایستگاه را شامل می‌شود و اینکه توزیع نقاط در مقایسه با طول دوره آماری از اهمیت بیشتری در این مطالعه برخوردار است، آمار این دسته از ایستگاه‌ها نیز بدون بازسازی آماری استفاده شدند. با توجه به پراکنده بودن این آمار گم شده در ماه‌های مختلف سال، نبود این داده‌ها تأثیری در میانگین دوره آماری ایجاد نمی‌کند و با اطمینان می‌توان از میانگین دوره آماری این نقاط در این مطالعه استفاده کرد. با توجه به شکل ۱ ملاحظه می‌شود که پراکنش نقاط در سطح کشور تقریباً منظم است؛ از بخش‌های مرکزی، شرقی و جنوب شرقی کشور نیز ایستگاه‌های قابل توجهی استفاده شده است و از هر منطقه اقلیمی کشور حداقل یک ایستگاه معرف در این نقشه دیده می‌شود که شرایطی تقریباً آرمانی را برای شناسایی رژیم‌های دمایی کشور فراهم کرده است. این شبکه ایستگاهی همچنین یکی از پیش‌نیازهای روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی را که همان توزیع تقریباً یکنواخت نقاط است، تأمین و از انحراف نتایج جلوگیری می‌کند (ریچمن، ۱۹۸۶).

و گستردگی آن در پهنه‌ای به وسعت ۱۵ درجه عرض جغرافیایی (۲۵ تا ۴۰ درجه جغرافیایی) و ۲۰ درجه طول جغرافیایی (۴۴ تا ۶۴ درجه جغرافیایی) لازم است تا با استفاده از شبکه‌ای منظم از ایستگاه‌های با طول دوره آماری مشترک و بهره‌گیری از روش‌های کارآمد، رژیم‌های دمایی ایران شناسایی و همگنی آن‌ها با آزمون‌های آماری ارزیابی شود. از این رو، هدف از این پژوهش شناسایی رژیم‌های دمایی ایران و اعتبارسنجی نتایج آن با استفاده از آزمون‌های آماری است که در کارهای گذشته مورد توجه قرار نگرفته است. در این پژوهش برای اولین بار از چندین آزمون آماری نوین برای ارزیابی همگنی مناطق شناسایی شده، استفاده شده است که تا آنجا که نویسنده آگاه است پیش‌تر در هیچ منبع فارسی به کار نرفته‌اند. نتایج این پژوهش می‌تواند به تعیین دقیق‌تر تقویم زراعی مناطق مختلف کشور و نیز شناسایی گیاهان مناسب برای کاشت در رژیم‌های مختلف دمایی کشور کمک کند. نتایج این پژوهش همچنین می‌تواند به وزارت نیرو و وزارت نفت کشور در مدیریت هر چه بهینه‌تر منابع انرژی (نفت، گاز، برق) و تعیین بهای حامل‌های انرژی برای مناطق مختلف کشور کمک کند.

۲ داده‌ها و روش‌ها

۱-۲ داده‌ها

برای این پژوهش از آمار میانگین دمای ماهانه ۱۵۵ ایستگاه همدیدی کشور برای دوره آماری بیست و پنج ساله ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ استفاده شده است. اگرچه بسیاری از ایستگاه‌های مورد استفاده از آمار طولانی‌تری برخوردار هستند ولی دوره آماری به کاررفته در این پژوهش کوتاه‌تر در نظر گرفته شد تا شبکه تقریباً منظمی از نقاط برای مطالعه به دست آید (شکل ۱-ب). در این دوره آماری اکثر ایستگاه‌های مورد استفاده از آمار کامل برخوردار هستند. حدود ۲۰ درصد از ایستگاه‌ها در سال‌های ۱۹۹۰ و



شکل ۱. پراکنش ایستگاه‌های همدیدی مورد استفاده روی نقشه ناهمواری‌های ایران.

۲-۲ روشها

میانگین دمای ماهانه ۱۵۵ ایستگاه نمایش داده شده در شکل ۱ برای دوره آماری بیست و پنج ساله ۱۹۹۰-۲۰۱۴ در ماتریسی به ابعاد 12×155 مرتب شد و به عنوان ورودی روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی با آرایه T مورد استفاده قرار گرفت. در این ماتریس عدد ۱۲ و ۱۵۵ به ترتیب معرف تعداد ماه‌های سال و تعداد ایستگاه‌ها است. ماتریس مورد نظر با استفاده از آزمون KMO به شکل رابطه ۱ (شسکین، ۲۰۰۷) بررسی شد تا مشخص شود آیا کفایت لازم را برای استفاده در تحلیل مؤلفه‌های اصلی دارد یا خیر. مقدار KMO برابر یا بزرگ‌تر از ۰/۹ یعنی ماتریس مورد نظر برای تحلیل مؤلفه‌های اصلی دارای شرایط بسیار عالی است؛ مقدار برابر یا بزرگ‌تر از ۰/۸ شرایط عالی، مقدار برابر یا بزرگ‌تر از ۰/۷ شرایط خوب، مقدار برابر یا بزرگ‌تر از ۰/۶ شرایط تقریباً مناسب، مقدار برابر یا بزرگ‌تر از ۰/۵ شرایط نامناسب و مقدار کوچک‌تر از ۰/۵ شرایط بسیار نامناسب را نشان می‌دهد.

$$KMO = \frac{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p r_{ij}^2}{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p r_{ij}^2 + \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p a_{ij}^2}, \quad (1)$$

که r_{ij}^2 و a_{ij}^2 به ترتیب ضریب همبستگی ساده و ضریب همبستگی جزئی بین دو متغیر i و j است.

با اجرای آزمون KMO بر روی ماتریس داده‌ها مقدار KMO برابر با ۰/۸۷ به دست آمد که نشان می‌دهد ماتریس مورد نظر در این پژوهش از شرایط عالی برای تحلیل مؤلفه‌های اصلی برخوردار است. پس از اطمینان از امکان استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای پردازش داده‌ها، این روش با آرایه T بر روی ماتریس همبستگی داده‌ها اجرا شد و با استفاده از نمودار غربالی و آزمون نورث (شکل ۲) سه مؤلفه اول که مجموعاً ۹۹/۷ درصد از واریانس کل داده‌ها را تشکیل می‌دهند، برای استفاده در روش خوشه‌بندی انتخاب شدند. مؤلفه‌های

تحلیل مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌بندی از جمله روش‌هایی هستند که برای منطقه‌بندی‌های اقلیمی استفاده می‌شوند (اهرنردفر، ۱۹۸۷؛ فاول و فاول، ۱۹۹۳؛ بانکرز و همکاران، ۱۹۹۶). در آب و هواشناسی از چهار آرایه T و S, R, P برای تحلیل مؤلفه‌های اصلی استفاده می‌شود (یارنال، ۱۹۹۳). از آرایه S تحلیل مؤلفه‌های اصلی می‌توان برای منطقه‌بندی دما از نظر هم‌وردایی زمانی استفاده کرد؛ در حالی که با استفاده از آرایه T تحلیل مؤلفه‌های اصلی در کنار روش خوشه‌بندی می‌توان تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه را بر اساس شکل توزیع ماهانه دما در آن‌ها به گروه‌های همگن یا رژیم‌های دمایی مختلف گروه‌بندی کرد (ریچمن، ۱۹۸۶). برای تحلیل مؤلفه‌های اصلی معمولاً از ماتریس همبستگی یا ماتریس هم‌پراش بین متغیرها استفاده می‌شود. استفاده از ماتریس همبستگی موجب استاندارد شدن داده‌ها و در نظر گرفتن وزن برابر برای آن‌ها می‌شود. برای انتخاب تعداد مؤلفه‌های معنادار نیز از روش‌های مختلفی مانند نمودار غربالی و آزمون نورث (نورث و همکاران، ۱۹۸۲) استفاده می‌شود. مؤلفه‌های انتخابی را نیز معمولاً به یکی از روش‌های چرخش مایل یا عمودی چرخش می‌دهند تا اطلاعات موجود در داده‌ها خود را بهتر نمایش دهند و تفسیر آن‌ها ساده‌تر شود. چرخش عمودی به شیوه وریمکس و چرخش مایل به شیوه پرومکس بیشتر از هر روش دیگری استفاده می‌شود (ریچمن، ۱۹۸۱). برای طبقه‌بندی‌های اقلیمی معمولاً از روش خوشه‌بندی در کنار روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی استفاده می‌شود تا آن دسته از متغیرهایی که بیشترین شباهت را با هم دارند، شناسایی شوند و در یک خوشه همگن قرار گیرند (بانکرز و همکاران، ۱۹۹۶). برای ارزیابی همانندی یا فاصله هر جفت از متغیرها از یکدیگر نیز از معیارهایی مانند فاصله اقلیدسی استفاده می‌شود (فاول و فاول، ۱۹۹۳).

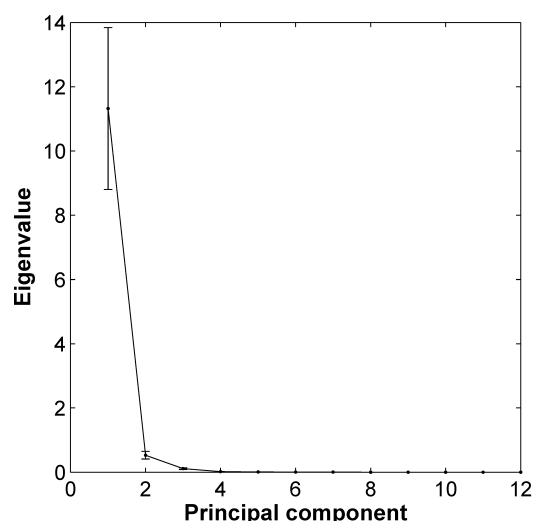
مختلف با یکدیگر مقایسه شد. مقایسه چرخش عمودی واریماکس و چرخش مایل پروماکس از این جهت در این پژوهش مورد توجه قرار گرفته است که بسیاری از پژوهشگران چرخش عمودی واریماکس را بهترین روش برای چرخش مؤلفه‌ها می‌دانند، در حالی که برخی دیگر از پژوهشگران بر این باورند که چرخش مایل پروماکس نتیجه بهتری به دست می‌دهد.

به منظور شناسایی مناسب‌ترین روش خوشه‌بندی پایگانی از ضریب همبستگی کوفتیک به شکل رابطه ۲ استفاده شد (رائو و سرینیواس، ۲۰۰۶؛ سارچیلی و همکاران، ۲۰۱۳). این ضریب با ایجاد همبستگی بین درخت خوشه‌بندی و فاصله واقعی نقاط از یکدیگر که درخت خوشه‌بندی براساس آن ساخته شده است، به ارزیابی دقت روش خوشه‌بندی می‌پردازد تا دریابد روش خوشه‌بندی مورد نظر تا چه اندازه توانسته است ساختار واقعی نقاط را نمایش دهد.

$$C = \frac{\sum_{i < j} (x(i,j) - \bar{x})(t(i,j) - \bar{t})}{\sqrt{\left[\sum_{i < j} (x(i,j) - \bar{x})^2 \right] \left[\sum_{i < j} (t(i,j) - \bar{t})^2 \right]}}, \quad (2)$$

که $x_{(i,j)} = |x_i - x_j|$ برابر است با فاصله اقلیدسی بین مشاهده t_j و t_i و $t_{(i,j)}$ نیز فاصله اقلیدسی بین نقاط t_j و t_i در درخت خوشه‌بندی است. فاصله این دو نقطه در درخت خوشه‌بندی برابر با ارتفاع گره‌ای است که در آن، این دو نقطه برای نخستین بار با هم ترکیب شده‌اند.

انتخاب شده سپس به دو شیوه عمودی (روش واریماکس) و مایل (روش پروماکس) چرخش داده شدند تا ساختار موجود در داده‌ها بهتر شناسایی شود. جدول ۱ واریانس و واریانس افزایشی مؤلفه‌های انتخابی را پیش و پس از چرخش نشان می‌دهد.



شکل ۲. مقادیر ویژه مؤلفه‌ها و مقدار خطای آن‌ها در دامنه اطمینان ۰.۹۵.

در این پژوهش از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی به‌عنوان پیش‌پردازشگر برای شناسایی متغیرهای همبسته و استفاده در روش خوشه‌بندی بهره‌گیری شد. نمره استاندارد سه مؤلفه انتخابی بدون چرخش و همچنین با چرخش به دو روش واریماکس و پروماکس به‌عنوان ورودی روش خوشه‌بندی چندهسته‌ای و انواع خوشه‌بندی‌های پایگانی، استفاده و نتیجه خوشه‌بندی‌های

جدول ۱. درصد واریانس و واریانس افزایشی مؤلفه‌های انتخابی پیش از چرخش و پس از چرخش به شیوه پروماکس و واریماکس.

شماره مؤلفه	بدون چرخش		چرخش به شیوه پروماکس		چرخش به شیوه واریماکس	
	واریانس (%)	واریانس افزایشی (%)	واریانس (%)	واریانس افزایشی (%)	واریانس (%)	واریانس افزایشی (%)
۱	۹۴/۴	۹۴/۴	۴۹/۵	۴۹/۵	۵۰/۶	۵۰/۶
۲	۴/۴	۹۸/۸	۴۲/۹	۹۲/۴	۴۷/۱	۹۷/۷
۳	۰/۹	۹۹/۷	۷/۳	۹۹/۷	۲/۰	۹۹/۷

همگنی خوشه‌های به دست آمده می‌پردازد (روسیو، ۱۹۸۷).

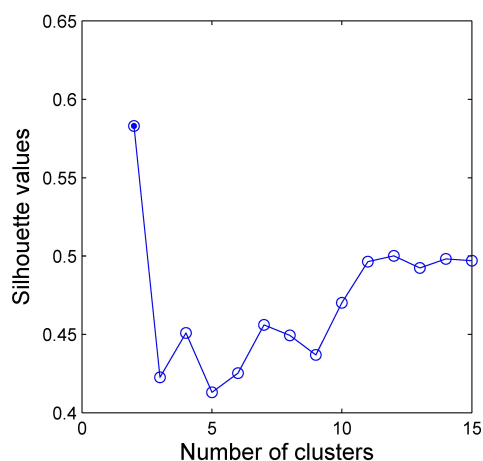
$$s(i) = (b(i) - a(i)) / \max[a(i), b(i)], \quad (3)$$

که $a(i)$ میانگین فاصله اقلیدسی بین عضو i ام و دیگر عضوهای خوشه A ، $b(i)$ کوچک‌ترین فاصله اقلیدسی بین عضو i ام و دیگر عضوهای هر خوشه دیگر (B) است. مقدار این نمایه بین ۱- تا ۱ در تغییر است. هرچه مقدار میانگین $s(i)$ یک خوشه‌بندی معین به ۱ نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده همانندی زیاد درون‌گروهی و ناهمانندی زیاد بین‌گروهی خوشه‌هاست. از این رو با محاسبه مقدار $s(i)$ برای تعداد خوشه‌های مختلف و مقایسه آن‌ها می‌توان تعداد خوشه بهینه برای یک خوشه‌بندی مناسب را شناسایی کرد. از نمایه سیلهوت همچنین می‌توان برای داوری در مورد کیفیت خوشه‌بندی انجام گرفته، استفاده کرد. با توجه به شکل ۳ نمایه سیلهوت برای تعداد خوشه‌های ۲ تا ۱۵ محاسبه و به صورت نمودار نمایش داده شده است. با توجه به شکل ملاحظه می‌شود که مقدار نمایه سیلهوت برای تعداد خوشه برابر با ۲، ۴ و ۷ و همچنین تعداد خوشه برابر با ۱۰ و بیشتر، رقم‌های زیادی را نشان می‌دهد. از این رو ایستگاه‌های مورد مطالعه به ۲، ۴، ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵ خوشه، گروه‌بندی و پراکنش خوشه‌ها و عضوهای هر یک از این خوشه‌بندی‌ها بر روی نقشه ایران بررسی و ارزیابی شد. نتیجه خوشه‌بندی ایستگاه‌ها به دو خوشه نشان داد که بسیاری از ایستگاه‌های ناهمانند در یک گروه قرار می‌گیرند که با واقعیت‌های جغرافیایی ایران ناسازگار است. همچنین خوشه‌بندی ایستگاه‌ها به ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵ خوشه نیز کشور را به مناطق کوچک‌تری تقسیم می‌کند که خیلی با یکدیگر تفاوتی ندارند و ناهمانندی بین‌گروهی خوشه‌ها را کاهش می‌دهد. خوشه‌بندی ایستگاه‌ها به چهار خوشه

ضریب همبستگی کوفنتیک برای روش‌های مختلف خوشه‌بندی پایگانی بین ۰/۵۷ تا ۰/۷۴ محاسبه شد. کوچک‌ترین مقدار این ضریب با رقم ۰/۵۷ برای روش خوشه‌بندی اتصال یگانه و بیشترین آن با رقم ۰/۷۴ برای روش خوشه‌بندی اتصال مرکزی به دست آمد. بررسی ساختار درخت خوشه‌بندی و پراکنش خوشه‌های به دست آمده از روش‌های مختلف بر روی نقشه ایران نشان داد روش‌هایی که بیشترین ضریب همبستگی کوفنتیک را دارند، با ایجاد یک خوشه بسیار بزرگ و چندین خوشه بسیار کوچک یا تک‌عضوی با واقعیت‌های جغرافیایی کشور هماهنگی لازم را ندارند. در مقابل، نتیجه خوشه‌بندی روش وارد با مقدار ضریب همبستگی کوفنتیک برابر با ۰/۶۵ نشان داد که با واقعیت‌های جغرافیایی کشور هماهنگی بهتری دارد و پراکنش خوشه‌های به دست آمده از این روش بر روی نقشه ایران نیز از پیوستگی مکانی بهتری در مقایسه با دیگر روش‌ها برخوردار است. روش خوشه‌بندی چندسته‌ای نیز بر روی داده‌ها اجرا و نتیجه آن با روش وارد مقایسه شد. مقایسه پراکنش خوشه‌های روش خوشه‌بندی چندسته‌ای و روش وارد بر روی نقشه ایران نیز روش خوشه‌بندی وارد را به عنوان مناسب‌ترین گزینه معرفی کرد. نتیجه این پژوهش، این گفته یارنال (۱۹۹۳) را تأیید می‌کند که روش وارد بهتر از هر روش دیگری به خوشه‌بندی داده‌های اقلیمی می‌پردازد و خوشه‌های تولیدشده به این روش از کمترین همانندی بین گروهی و بیشترین همانندی درون گروهی برخوردارند. از این رو، در این پژوهش روش وارد به عنوان مناسب‌ترین روش خوشه‌بندی شناسایی و استفاده شد.

برای شناسایی و انتخاب تعداد خوشه‌های بهینه از نمایه سیلهوت (Silhouette) که با رابطه (۳) نمایش داده می‌شود، استفاده شد. این نمایه با محاسبه فاصله درون گروهی و بین گروهی خوشه‌ها به ارزیابی کیفیت و

می‌شود که دمای ماه‌های مختلف سال همبستگی زیادی با یکدیگر دارند و کمترین همبستگی بین ماه‌های ژانویه و ژوئیه دیده می‌شود که مقدار آن نیز بیش از $0/8$ است. ماتریس همبستگی نمایش داده شده در شکل ۴ به خوبی ساختار تغییرات زمانی و مکانی دما در کشور را نمایش می‌دهد. از این رو با اجرای روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر روی این ماتریس همبستگی و سپس خوشه‌بندی ایستگاه‌ها بر اساس نمره استاندارد مؤلفه‌های انتخابی، می‌توان آن‌ها را به گروه‌های همگن از نظر رژیم دمایی دسته‌بندی کرد.



شکل ۳. مقادیر نمایه سیلهوت برای تعداد خوشه‌های برابر با ۲ تا ۱۵.

جدول ۲ مقدار بارگویی مؤلفه‌های انتخابی را بر روی ماه‌های مختلف سال نشان می‌دهد که به شیوه واریماکس چرخش یافته‌اند. با توجه به این جدول ملاحظه می‌شود مؤلفه اول که $49/5$ درصد واریانس کل داده‌ها را توصیف می‌کند (جدول ۱) بیشترین بار را بر روی ماه‌های اکتبر تا مارس یعنی ماه‌های فصل سرد سال دارد. مؤلفه دوم نیز با توصیف $42/9$ درصد از واریانس کل داده‌ها به صورت مستقیم با دمای ماه‌های گرم سال که از آوریل تا سپتامبر را در بر می‌گیرد، در ارتباط است (جدول ۲). مؤلفه سوم تنها $7/3$ درصد از واریانس کل داده‌ها را توصیف می‌کند (جدول ۱) و بر روی هیچ‌یک از ماه‌های سال نیز بار قابل

هم ایستگاه‌های ساحلی خزری و ایستگاه‌های ساحلی جنوبی را در یک خوشه قرار می‌دهد که با واقعیت همخوانی ندارد. با توجه به شکل ۳ مقدار بالای نمایه سیلهوت در برابر عدد هفتم نشان می‌دهد که خوشه‌بندی ایستگاه‌ها به هفت خوشه، مناسب‌ترین گزینه برای تعیین رژیم‌های دمایی ایران است. پراکنش این هفت خوشه و عضوهای آن‌ها بر روی نقشه ایران نیز این موضوع را تأیید کرد. بر این اساس تمامی ۱۵۵ ایستگاه مورد مطالعه از نظر شکل توزیع ماهانه دما به هفت خوشه یا رژیم دمایی مختلف گروه‌بندی شدند. پراکنش خوشه‌های شناسایی شده بر روی نقشه ایران نیز نشان داد که خوشه‌بندی ایستگاه‌ها به هفت گروه یا رژیم دمایی با ویژگی‌های جغرافیایی ایران هماهنگ است؛ البته تعداد اندکی از ایستگاه‌ها که در خوشه مناسب قرار نگرفته بودند با دید کارشناسی به خوشه مناسب‌تر منتقل شدند که به تفصیل در بخش نتایج به آن پرداخته خواهد شد.

۳ نتایج

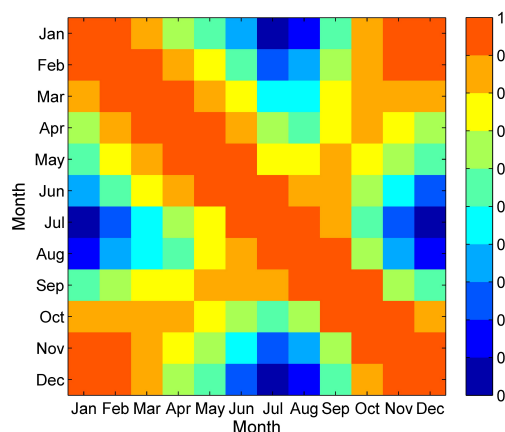
۱-۳ رژیم‌های دمایی

شکل ۴ ماتریس همبستگی میانگین دمای ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه را نمایش می‌دهد. با توجه به این شکل همبستگی بین ماه‌های اکتبر، نوامبر، دسامبر، ژانویه و فوریه بیش از $0/96$ است که نشان می‌دهد دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه در این ماه‌ها بسیار به هم نزدیک است. همانندی بسیار زیاد این ماه‌ها به یکدیگر، آن‌ها را در یک گروه یعنی گروه ماه‌های دوره سرد سال قرار داده است. این ماه‌ها که روی هم‌رفته ماه‌های فصل سرد سال را تشکیل می‌دهند، کمترین همبستگی را با ماه‌های مه تا سپتامبر دارند که ماه‌های گرم سال را تشکیل می‌دهند. ماه‌های مارس و آوریل نیز ماه‌های انتقالی بین فصل سرد و گرم سال هستند که همبستگی کمتری با ماه‌های دو فصل پیشین و پسین خود دارند. با توجه به شکل ۴ ملاحظه

جدول ۲. مقدار بارگویی مؤلفه های انتخابی چرخش یافته به شیوه واریماکس.

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژولای	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
مؤلفه اول	۰/۸۸	۰/۸۳	۰/۷۶	۰/۶۸	۰/۶۳	۰/۵۲	۰/۴۴	۰/۴۹	۰/۶۳	۰/۷۵	۰/۸۵	۰/۸۹
مؤلفه دوم	۰/۴۷	۰/۵۳	۰/۶۱	۰/۶۸	۰/۷۴	۰/۸۳	۰/۸۹	۰/۸۷	۰/۷۸	۰/۶۶	۰/۵۲	۰/۴۵
مؤلفه سوم	-۰/۰۸	-۰/۱۵	-۰/۲۲	-۰/۲۶	-۰/۲۳	-۰/۱۹	-۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۰	-۰/۰۴	-۰/۰۴

است. مقدار بالای نمره استاندارد مؤلفه اول در این مناطق نشان می دهد که در دوره سرد سال دمای این مناطق در مقایسه با دیگر بخش های کشور بسیار بیشتر از میانگین دمای کشور در این ماه است. دمای بیشتر منطقه ساحلی جنوب به علت اثر دریا و عرض جغرافیایی پایین و دمای بالای ناحیه ساحلی خزری نیز به علت اثر تعدیل کننده دریای خزر در دوره سرد سال است. همچنین، وجود یک هسته با نمره استاندارد منفی بسیار فرین بر روی زاگرس (در محدوده شهرکرد) نشان از دمای بسیار پایین زمستان این بخش از زاگرس در مقایسه با دیگر مناطق کشور دارد. شکل ۵-ب نیز الگوی توزیع مکانی دما در دوره گرم سال را نشان می دهد. با توجه به این شکل دمای ناحیه ساحلی دریای خزر و مناطق پراکنده ای در سطح کشور با نمره استاندارد منفی نمایش داده شده است؛ این امر نشان دهنده خنک تر بودن دوره گرم سال در این مناطق در مقایسه با دیگر مناطق کشور است که با نمره استاندارد مثبت نمایش داده شده اند. خنک تر بودن ناحیه ساحلی خزری در این دوره به علت اثر تعدیل کننده دریا است؛ در حالی که وجود ناهمواری ها در دیگر مناطق کشور عامل اصلی تعدیل دمای هوا در دوره گرم سال است. هسته های پراکنده با نمره استاندارد منفی در شکل ۵-ب نیز اثر ناهمواری ها را در کاهش دمای تابستانه ایستگاه های مرتفع نشان می دهد. توزیع مکانی نمره استاندارد این دو مؤلفه (شکل ۵) به خوبی تفاوت های مکانی مناطق مختلف کشور را از نظر تغییرات مکانی دما در ماه های مختلف دوره سرد و گرم سال نشان می دهد. از این رو نمره استاندارد



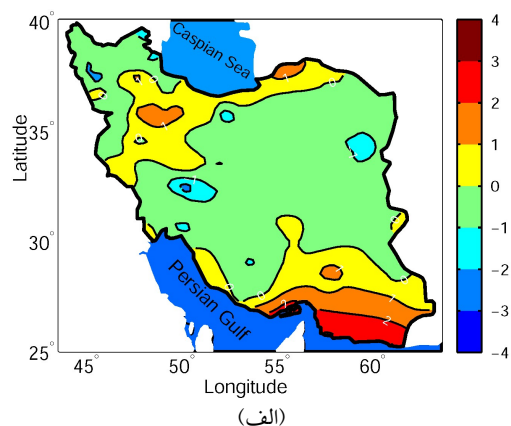
شکل ۴. ماتریس همبستگی میانگین دمای ماهانه در بین ایستگاه های مورد مطالعه.

توجهی را نشان نمی دهد، ولی نقش تعیین کننده ای در خوشه بندی ایستگاه ها دارد. از نکات درخور توجه در جدول ۲ مقدار بار مؤلفه اول و دوم بر روی ماه آوریل است که به صورت برابر بین آن ها تقسیم شده است. مقدار بار مؤلفه سوم در این ماه به بیشترین مقدار می رسد. با توجه به مقدار برابر بار مؤلفه اول و دوم بر روی ماه آوریل، مقدار بار مؤلفه سوم بر روی این ماه می تواند نقش تعیین کننده ای در خوشه بندی ایستگاه ها بازی کند. جدول ۲ و ماتریس همبستگی نمایش داده شده در شکل ۴ به خوبی گروه بندی ماه های مختلف سال را به دو دوره سرد و گرم نشان می دهد. شکل ۵ توزیع مکانی نمره استاندارد مؤلفه های اول و دوم را نشان می دهد. با توجه به شکل ۵-الف ملاحظه می شود که نمره استاندارد مؤلفه اول در مناطق ساحلی دریای عمان و خلیج فارس و همچنین ناحیه ساحلی خزر و بخشی از غرب کشور مثبت

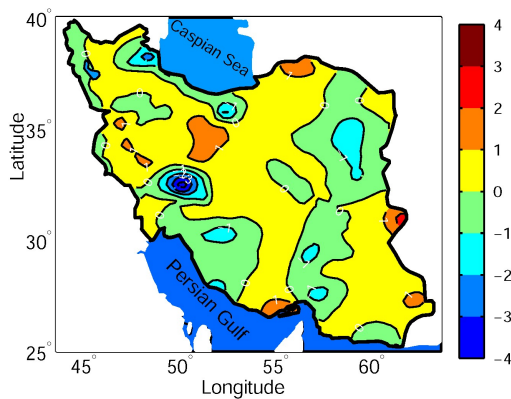
دمایی دسته‌بندی شدند که بر اساس موقعیت یا ویژگی‌های جغرافیایی آن‌ها نام‌گذاری شدند.

شکل ۷-الف مقدار نمایه سیلهوت را برای عضوهای مختلف خوشه‌ها یا رژیم دمایی شناسایی شده نشان می‌دهد. با توجه به این شکل مقدار نمایه سیلهوت برای اکثر عضوهای رژیم دمایی ساحلی دریای عمان، رژیم دمایی خلیج فارس، رژیم دمایی خزری، رژیم دمایی کوهستانی مرتفع و رژیم دمایی گرمسیری، مثبت و به ۱ نزدیک است که نشان از همانندی درون‌گروهی بسیار زیاد این رژیم‌های دمایی دارد. میانگین نمایه سیلهوت برای این رژیم‌های دمایی به ترتیب ۰/۸۴، ۰/۶۸، ۰/۸۵، ۰/۶۱ و ۰/۸۷ است (محور عمودی سمت راست) که نشان از همانندی درون‌گروهی بسیار زیاد این رژیم‌های دمایی دارد. اگرچه ایستگاه‌های عضو رژیم دمایی کوهستانی مرتفع در بخش‌های مختلف کشور پراکنده‌اند، ولی مقدار بالای میانگین نمایه سیلهوت برای این خوشه، همانندی درون‌گروهی بسیار زیاد این رژیم دمایی را نشان می‌دهد. میانگین نمایه سیلهوت برای دو خوشه پنجم (رژیم کوهستانی) و هفتم (رژیم دشتی) به ترتیب برابر با ۰/۳۰ و ۰/۳۴ است که در مقایسه با پنج خوشه دیگر از همانندی درون‌گروهی کمتری برخوردارند. علت کم‌تر بودن مقدار میانگین نمایه سیلهوت در این دو خوشه، وجود ایستگاه‌هایی است که همانندی کمتری با دیگر ایستگاه‌های آن خوشه دارند. با توجه به اینکه در طبیعت تغییرات دما به تدریج عوض می‌شود، یک ایستگاه ممکن است همزمان با دو خوشه مجاور همانندی تقریباً برابری داشته باشد. در چنین مواردی تعیین خوشه درست این گونه ایستگاه‌ها آسان نیست و ممکن است به‌درستی انجام نگیرد. بر این اساس ایستگاه‌هایی که در شکل ۷-الف با مقدار نمایه منفی مشخص شده‌اند، همانندی لازم را با دیگر عضوهای گروه خود ندارند زیرا الگوریتم خوشه‌بندی نتوانسته است آن‌ها را در خوشه مناسب خود

مؤلفه‌های یادشده معیار خوبی برای گروه‌بندی ایستگاه‌های مختلف کشور از نظر شکل توزیع ماهانه دما یا رژیم دمایی هستند؛ بنابراین با اجرای روش خوشه‌بندی بر روی نمره استاندارد مؤلفه‌های انتخابی می‌توان ایستگاه‌ها را به گروه‌های همگن از نظر رژیم دمایی دسته‌بندی کرد. با توجه به مقادیر نمایه سیلهوت که در شکل ۳ نمایش داده شده است، ایستگاه‌های مورد مطالعه به هفت گروه همگن خوشه‌بندی شدند که درخت خوشه‌بندی آن در شکل ۶ نشان داده شده است.



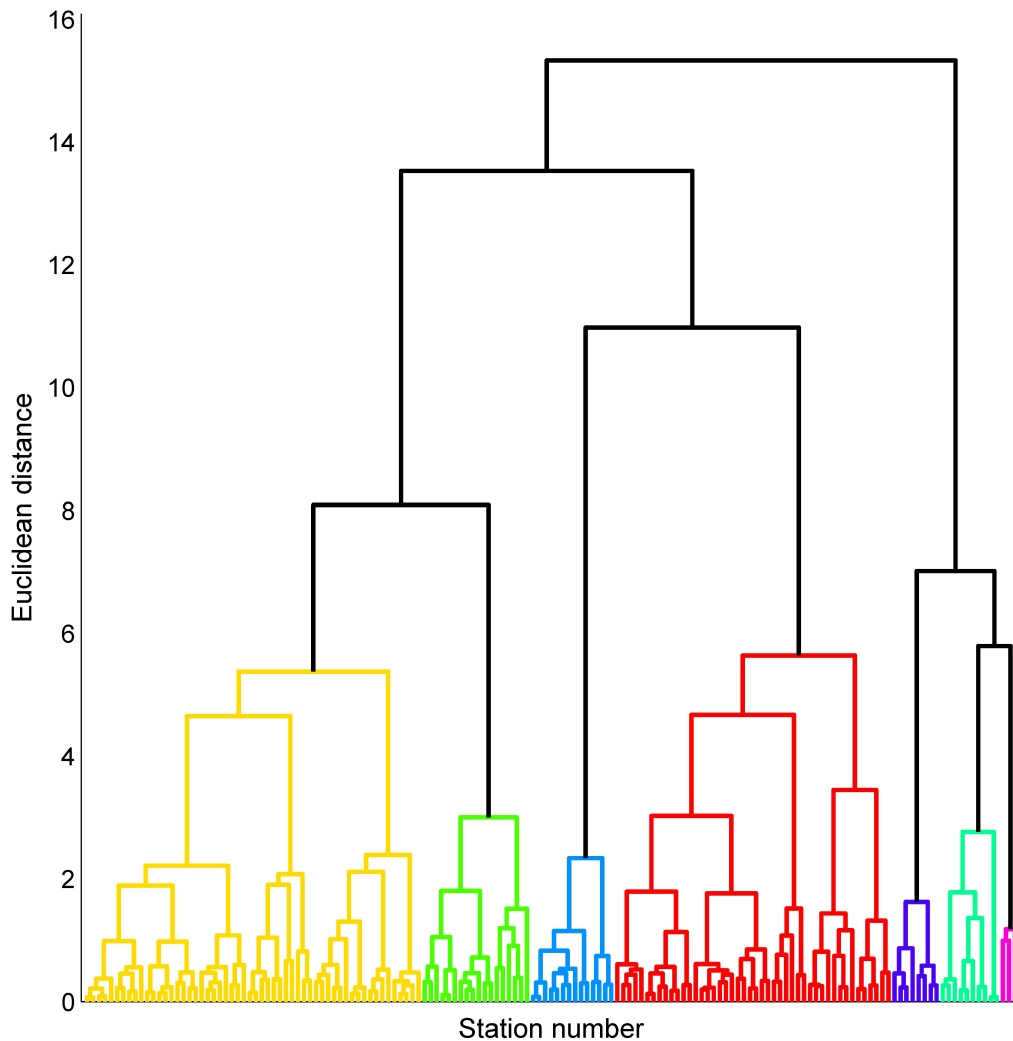
(الف)



(ب)

شکل ۵. توزیع مکانی نمره استاندارد مؤلفه‌های اول و دوم پس از چرخش به شیوه واریماکس.

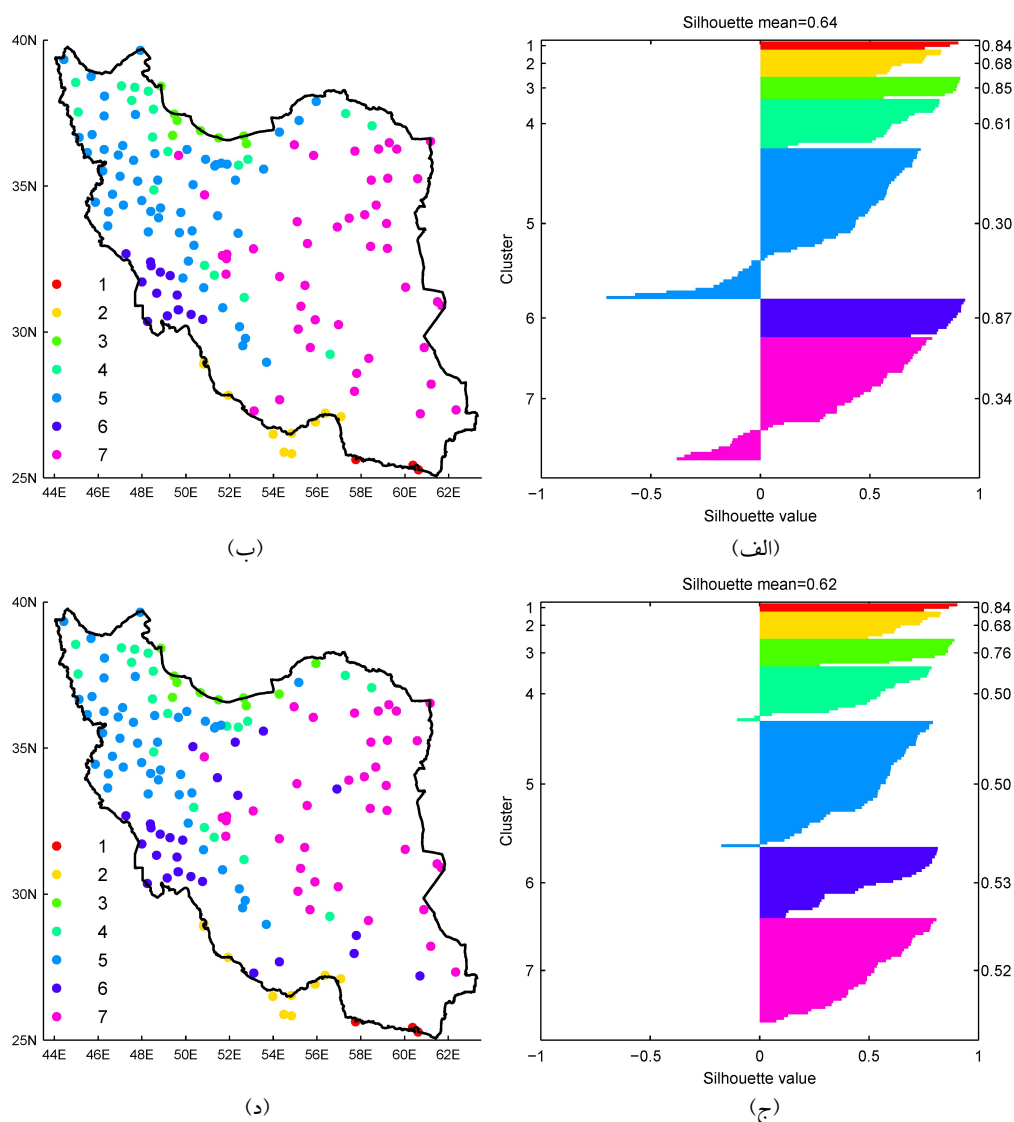
با توجه به درخت خوشه‌بندی نمایش داده‌شده در شکل ۶، تمامی ۱۵۵ ایستگاه مورد مطالعه در این پژوهش به هفت گروه همگن از نظر شکل توزیع ماهانه دما یا رژیم



شکل ۶. درخت خوشه‌بندی روش وارد با فاصله اقلیدسی استاندارد شده.

عضوهای خوشه پنجم (رژیم کوهستانی) و هفتم (رژیم دشتی) که مقدار نمایه آنها کوچکتر از این آستانه بودند، شناسایی و به مناسبترین خوشه ممکن منتقل شدند. پس از جابه‌جایی این ایستگاه‌ها به خوشه مناسب، نمایه سیلهوت برای خوشه‌ها دوباره محاسبه و نتیجه در شکل ۷-ج نمایش داده شده است. با توجه به شکل ۷-ج ملاحظه می‌شود که مقدار میانگین نمایه سیلهوت برای دو خوشه پنجم و هفتم به ترتیب از ۰/۳۰ و ۰/۳۴ در شکل ۷-الف به ۰/۴۸ و ۰/۳۹ در شکل ۷-ج افزایش پیدا کرده است که بیانگر افزایش قابل توجه درجه همانندی این

جای دهد. همچنین ایستگاه‌هایی که مقدار نمایه آنها به صفر نزدیک است، ایستگاه‌هایی هستند که در نقاط مرزی دو خوشه معین قرار دارند و تعیین خوشه درست آنها کار آسانی نیست. شکل ۷-ب نیز پراکنش خوشه‌ها و چگونگی توزیع عضوهای آنها را بر روی نقشه ایران نشان می‌دهد. با توجه به این شکل به نظر می‌رسد که الگوی فضایی خوشه‌ها به خوبی از ویژگی‌های جغرافیایی و ناهمواری‌های کشور پیروی می‌کند. با توجه به این موضوع که عضوهای با مقدار نمایه کوچکتر از ۰/۱- با دیگر عضوهای خوشه خود همانند نیستند، آن دسته از

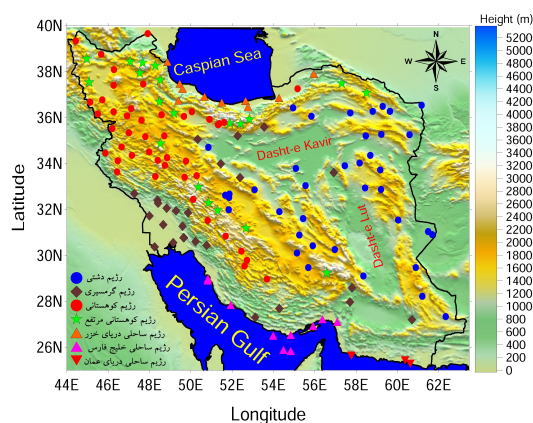


شکل ۷. (الف) نمودار نمایه Silhouette برای خوشه‌های به دست آمده، (ب) پراکنش خوشه‌ها و عضوهای آن‌ها بر روی نقشه ایران، (د) نمودار نمایه Silhouette برای خوشه‌ها پس از انتقال عضوهای با مقدار نمایه منفی به مناسب‌ترین خوشه ممکن و (ج) پراکنش خوشه‌ها و عضوهای آن‌ها پس از این جابه‌جایی.

شکل ۸ پراکنش عضوهای خوشه‌ها یا رژیم دمایی شناسایی شده را بر روی نقشه ناهم‌واری‌های ایران نشان می‌دهد. با توجه به این نقشه ملاحظه می‌شود که دریای خزر، دریای عمان و خلیج فارس نقش بسزایی در شکل‌گیری برخی از رژیم‌های دمایی کشور دارند. بر این اساس ایستگاه‌های قرار گرفته در کرانه ساحلی دریای خزر در یک خوشه و ایستگاه‌های کرانه ساحلی دریای

خوشه‌ها در مقایسه با شکل ۷-الف است. شکل ۷-د نیز پراکنش عضوهای مختلف خوشه‌ها را پس از جابه‌جایی‌های انجام گرفته نشان می‌دهد. مقایسه شکل‌های ۷-ب و ۷-د نشان می‌دهد که پراکنش خوشه‌ها و عضوهای آن‌ها در شکل ۷-د از هماهنگی بیشتری با ناهم‌واری‌ها و ویژگی‌های جغرافیایی کشور برخوردار است.

تابستان نیز در اثر رطوبت دریا تعدیل یافته است؛ به طوری که میانگین دمای هوا در ماههای ژوئن تا اوت بین ۳۰ و ۳۵ درجه سانتیگراد است که در مقایسه با رژیم های دمایی بخش های داخلی ایران دمای کمتری دارد. با توجه به پایین بودن عرض جغرافیایی و ساحلی بودن ایستگاه های قرار گرفته در این رژیم دمایی، تفاوت گرم ترین و سردترین ماه سال در آن در حدود ۱۵ درجه سانتیگراد است که نشان دهنده ساحلی بودن این رژیم دمایی است.



شکل ۸. پراکنش خوشه های شناسایی شده (رژیم های دمایی) و عضوهای آن ها بر روی نقشه ناهمواری های ایران.

رژیم دمایی ساحلی خلیج فارس: مقایسه شکل ۹-ب با شکل ۹-الف بیانگر شباهت زیاد رژیم ساحلی دریای عمان و رژیم ساحلی خلیج فارس است؛ با این تفاوت که به علت نزدیک تر بودن سواحل دریای عمان به آب های آزاد و نیز داشتن عرض جغرافیایی پایین تر، اختلاف سالانه دما در رژیم دمایی ساحلی دریای عمان خیلی کمتر از رژیم ساحلی خلیج فارس است. در رژیم ساحلی خلیج فارس نیز کمترین دما در ماه های دسامبر و ژانویه روی می دهد که در مقایسه با رژیم ساحلی دریای عمان اندکی خنک تر است. همچنین دمای ماه های ژولای تا سپتامبر در رژیم ساحلی دریای عمان به طور چشمگیری کمتر از رژیم ساحلی خلیج فارس است که می تواند نتیجه اثر

عمان و خلیج فارس نیز در دو خوشه کاملاً متفاوت قرار گرفته اند. با توجه به شکل ۸ همچنین می توان نقش ناهمواری ها و نیز عرض جغرافیایی را در شکل گیری رژیم های دمایی بخش های داخلی کشور ردیابی کرد. بر این اساس ایستگاه های کم ارتفاع جلگه خوزستان و بخش های جنوبی استان فارس و کرمان که عرض جغرافیایی پایینی دارند، در یک خوشه و ایستگاه های منطقه بیابانی و نیمه بیابانی بخش مرکزی و شرقی کشور نیز در خوشه دیگری قرار گرفته اند. با توجه به این نقشه همچنین به روشنی پیداست که تمامی ایستگاه های مستقر در مناطق کوهستانی زاگرس و البرز در غرب و شمال کشور در یک خوشه کاملاً متمایز قرار گرفته اند. از آنجایی که ارتفاع نقش تعیین کننده ای در کنترل دمای هوا دارد، برخی از ایستگاه های پراکنده در غرب و شمال کشور که از ارتفاع زیادی برخوردار هستند، خوشه مستقلی را پدید آورده اند که برخلاف دیگر خوشه ها پیوستگی فضایی مشخصی ندارد. عضوهای هریک از این هفت خوشه شناسایی شده از نظر شکل توزیع ماهانه دما یا رژیم دمایی کاملاً همانند هستند و در این حال با عضوهای دیگر خوشه ها تفاوت بسیار زیادی دارند. در زیر ویژگی های هفت رژیم دمایی به دست آمده در این پژوهش که بر اساس موقعیت یا ویژگی های جغرافیایی آن ها نامگذاری شده اند، توضیح داده شده است.

رژیم دمایی ساحلی دریای عمان: با توجه به انحنای کم نمودار شکل ۹-الف می توان دریافت که اختلاف سردترین و گرم ترین ماه سال در این رژیم دمایی کم است که آن را می توان به اثر تعدیل کننده رطوبت دریا و نیز قرار گرفتن منطقه در عرض پایین جغرافیایی نسبت داد. ماه های دسامبر، ژانویه و فوریه کم ترین دما را در این رژیم دمایی دارند، ولی دمای سردترین ماه آن در حدود ۲۰ درجه سانتیگراد است که در مقایسه با دیگر رژیم های دمایی ایران گرم ترین زمستان را دارد. دمای ماه های

حدود ۲۶ درجه سانتی گراد است که نشان دهنده بری بودن آب و هوا در این گستره بزرگ از کشور است.

رژیم دمایی کوهستانی مرتفع: این رژیم دمایی زیرشاخه‌ای از رژیم دمایی کوهستانی است و ایستگاه‌های دسته‌بندی شده در آن تنها به علت برخورداری از ارتفاع بیشتر، در تمام ماه‌های سال دمای کمتری از ایستگاه‌های پیرامونی خود دارند. با توجه به اینکه عامل ارتفاع نقش اصلی را در شکل‌گیری این رژیم دمایی بازی می‌کند، ایستگاه‌های عضو این رژیم دمایی در مناطق مختلف کشور پراکنده هستند و به همین علت از پیوستگی مکانی مشخصی پیروی نمی‌کنند (شکل ۸). این رژیم دمایی ویژه ایستگاه‌های مرتفع مناطق کوهستانی است که در اثر ارتفاع زیاد این ایستگاه‌ها پدید آمده است. با مقایسه شکل ۹-د و ۹-ه ملاحظه می‌شود که رژیم دمایی کوهستانی مرتفع در مقایسه با رژیم دمایی کوهستانی زمستان‌های بسیار سردتر و تابستان‌های خنک‌تری دارد. میانگین ارتفاع ایستگاه‌های با رژیم دمایی کوهستانی مرتفع و رژیم دمایی کوهستانی به ترتیب ۱۷۸۲ و ۱۳۸۰ متر از سطح دریا است. از این رو ارتفاع بیشتر ایستگاه‌های رژیم کوهستانی مرتفع، دمای آن‌ها را از دیگر ایستگاه‌های کوهستانی کشور متفاوت ساخته است. میانگین دمای گرم‌ترین ماه‌های سال در این رژیم دمایی به‌سختی از ۲۵ درجه سانتی‌گراد فراتر می‌رود و میانگین دمای ماه‌های زمستان نیز اغلب کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد است. اختلاف بسیار زیاد دمای گرم‌ترین و سردترین ماه سال در این رژیم دمایی نیز از بالا بودن درجه بری بودن آب و هوا در این رژیم دمایی نشان دارد. با توجه به ارتباط بسیار قوی بین دما و ارتفاع جای تعجب ندارد اگر مقدار دمای یک ایستگاه در جنوب کشور با ایستگاه دیگری در شمال یا غرب کشور همانند باشد و به همین علت در یک گروه یا رژیم دمایی یکسان قرار گیرند. به عنوان مثال ارتفاع بسیار زیاد ایستگاه بافت در استان کرمان سبب شده است که مقدار دمای این ایستگاه

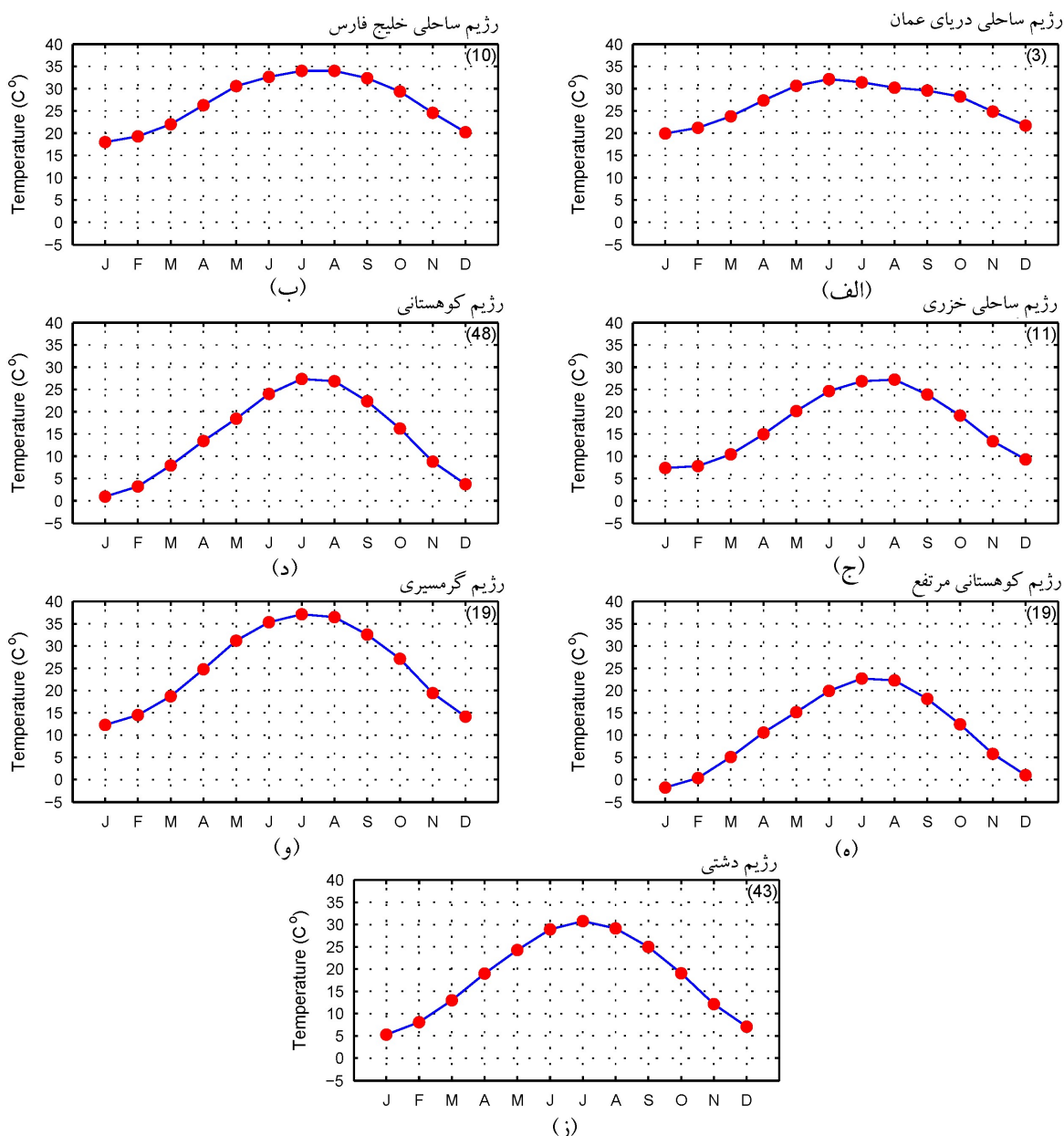
تعدیل‌کننده آب‌های آزاد و نیز سامانه‌های موسمی باشد که در این بخش از سال منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. رژیم دمایی ساحلی خزری: با توجه به شکل ۸ تمامی ایستگاه‌های پس کرانه‌های دریای خزر دارای رژیم دمایی ساحلی خزری هستند که در آن دمای میانگین گرم‌ترین ماه سال به‌سختی از ۲۵ درجه سانتی‌گراد بالاتر می‌رود (شکل ۹-ج). اگرچه ایستگاه‌های این منطقه ساحلی بالاترین عرض جغرافیایی را در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه دارند و طبیعتاً می‌باید زمستان‌های سردی را سپری کنند ولی به علت اثر تعدیل‌کننده آب‌های دریای خزر میانگین دمای ماهانه سردترین ماه سال در این ایستگاه‌ها به‌سختی از ۷ درجه سانتی‌گراد کمتر می‌شود. اعتدال دمای تابستانه و زمستانه در این ایستگاه‌ها باعث کاهش دامنه دمای گرم‌ترین و سردترین ماه سال در این رژیم دمایی شده است. ماه اوت گرم‌ترین ماه سال در رژیم دمایی ساحلی خزری است؛ چرا که دمای هوا در این منطقه تابع تغییرات دمای آب دریای خزر است که دیرتر به اوج گرمای تابستانه می‌رسد.

رژیم دمایی کوهستانی: با توجه به شکل ۸ ملاحظه می‌شود که منطقه کوهستانی البرز در شمال و زاگرس در غرب کشور از رژیم دمایی کوهستانی برخوردارند. این رژیم دمایی که بخش بزرگی از ایران را در بر می‌گیرد (شکل ۸) یکی از سردترین رژیم‌های دمایی کشور است که دمای میانگین آن در ماه‌های دسامبر و ژانویه در حدود صفر درجه سانتی‌گراد است و در بسیاری از روزهای زمستان دماهای کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد را نیز تجربه می‌کند (شکل ۹-د). اثر تعدیل‌کننده ناهمواری‌های زاگرس و البرز تابستان‌های خنکی را برای این رژیم دمایی به ارمغان آورده است و به همین دلیل میانگین دمای گرم‌ترین ماه‌های سال (ژوئیه و اوت) در این رژیم دمایی در حدود ۲۷ درجه سانتی‌گراد است. اختلاف دمای گرم‌ترین و سردترین ماه سال در این رژیم دمایی در

منطقه جنوب و جنوب غرب کشور است که بالاترین دماهای ثبت شده کشور اغلب از آن‌ها گزارش می‌شود. رژیم دمایی گرمسیری جلگه خوزستان، جنوب استان فارس و کرمان و نیز بخش‌های پیرامونی دشت کویر و کویر لوت را در بر می‌گیرد. با توجه به اینکه ایستگاه‌های

در تمام ماه‌های سال به اندازه‌ای کاهش یابد که از نظر مقدار و تغییرات دما با ایستگاه‌های آبدلی، فیروزکوه و شهرکرد در یک رژیم دمایی قرار گیرد (شکل ۸).

رژیم دمایی گرمسیری: رژیم دمایی گرمسیری (شکل ۹-و) معرف شکل توزیع دما در ایستگاه‌های هم‌مدیدی



شکل ۹. میانگین توزیع ماهانه دما در دوره ۲۰۱۴-۱۹۹۰ برای رژیم‌های دمایی شناسایی شده در این پژوهش. اعداد درون پرانتز تعداد ایستگاه‌های عضو هر خوشه را نشان می‌دهد که میانگین دما از آن‌ها استخراج شده است.

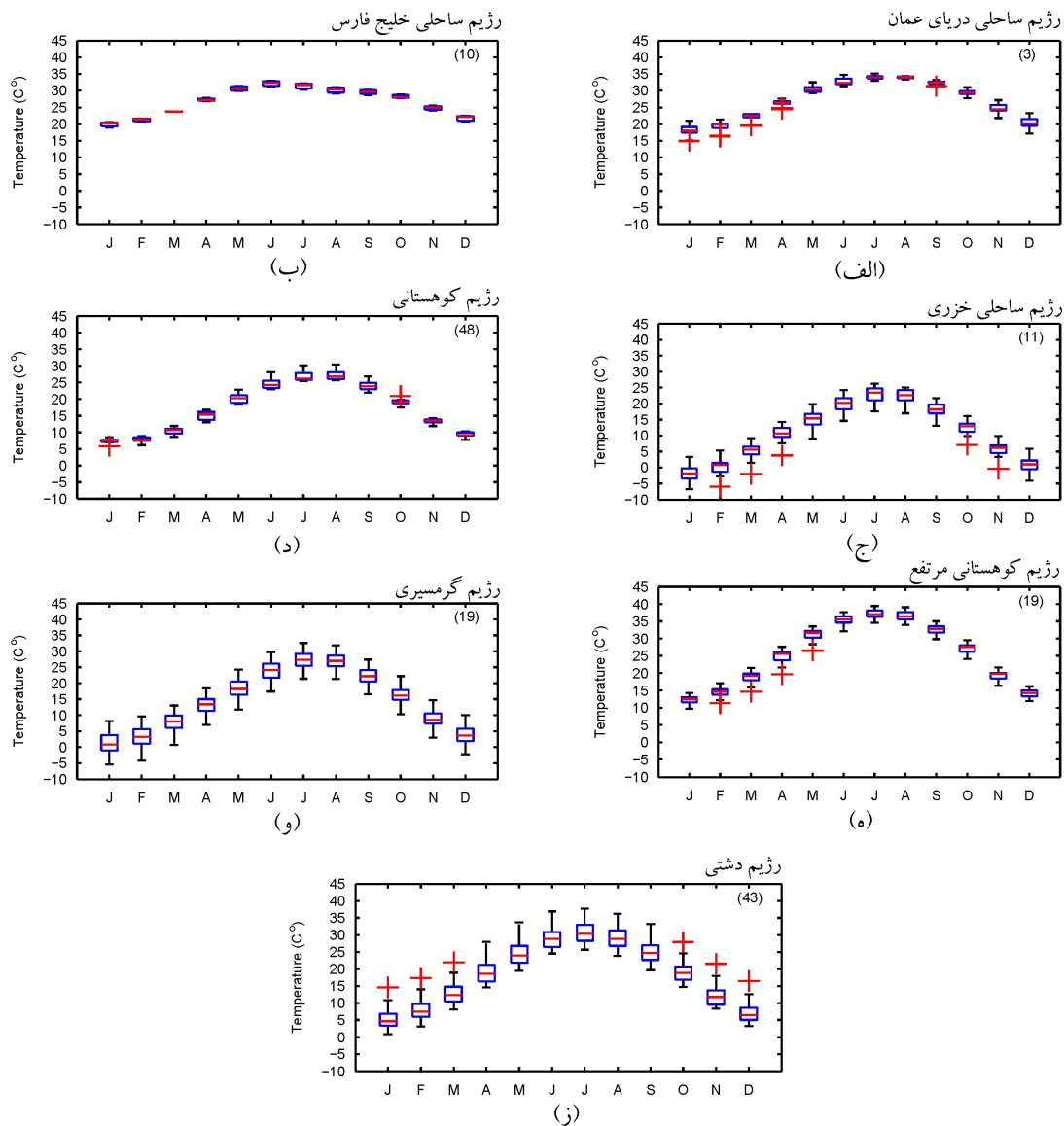
می‌دهد. فشردگی بسیار زیاد نمودار جعبه شکل ۱۰-الف و ۱۰-ب نشان از همانندی درون‌گروهی بسیار زیاد رژیم ساحلی دریای عمان و رژیم ساحلی خلیج فارس دارد. با توجه به این شکل‌ها کاملاً پیداست که دامنه اختلاف دمای ایستگاه‌های عضو هریک از این دو رژیم دمایی در همه ماه‌های سال بسیار اندک است و از تغییرات ماهانه یکسانی پیروی می‌کند. با توجه به شکل ۱۰-ج می‌توان گفت که دامنه اختلاف دمای ایستگاه‌های دسته‌بندی شده در رژیم دمایی ساحلی خزری نیز بسیار اندک است و همه آن‌ها از تغییرات زمانی یکسانی پیروی می‌کنند. فشردگی نمودار جعبه شکل ۱۰-د نیز نشان می‌دهد که دامنه تغییرات دما در ایستگاه‌های مختلف رژیم دمایی کوهستانی خیلی زیاد نیست و همه ایستگاه‌ها به‌خوبی از میانگین دمای خوشه پیروی می‌کنند. با توجه به این شکل ملاحظه می‌شود که دمای همه ایستگاه‌های این رژیم دمایی نیز در ماه‌های مختلف سال بسیار به هم نزدیک است. با توجه به گستردگی منطقه زیر پوشش رژیم دمایی کوهستانی و نیز اختلاف ارتفاع بسیار زیاد (در حدود ۲۲۶۰ متر) بین ایستگاه‌های این رژیم دمایی که از ۳۲ تا ۲۲۹۰ متر از سطح دریا در تغییر است، می‌توان گفت که ایستگاه‌های عضو این رژیم دمایی از همگنی بسیار زیادی برخوردارند. با توجه به نمودار شکل ۱۰-ه ملاحظه می‌شود که باوجود پراکندگی ایستگاه‌های دسته‌بندی شده در رژیم دمایی کوهستانی مرتفع در پهنه گسترده‌ای از کشور، دامنه اختلاف مقدار دمای ماهانه در همه ایستگاه‌های عضو این خوشه نیز بسیار اندک است که نشان از همگنی بسیار زیاد این رژیم دمایی دارد. با توجه به دامنه ارتفاعی بسیار گسترده (برابر با ۱۹۲۱ متر) در این رژیم دمایی که از ۱۰۶۵ تا ۲۹۸۶ متر از سطح دریا در تغییر است و نیز پراکنش عضوهای آن در بخش‌های مختلف کوهستانی کشور، می‌توان همانندی درون‌گروهی این رژیم دمایی را نیز بسیار زیاد ارزیابی کرد که شکل

پیرامونی دشت کویر و کویر لوت در این رژیم دمایی قرار گرفته‌اند، می‌توان این دو پهنه گسترده کویری را نیز در این رژیم دمایی قرار داد. قرارگرفتن دشت لوت در این رژیم با نتایج میلد رکسلر و همکاران (۲۰۱۱) که دشت لوت را گرم‌ترین منطقه کره زمین نامیده‌اند، هماهنگ است. با توجه به نبود ایستگاه کافی در جنوب فارس، کرمان، سیستان و بلوچستان و نیز شمال بوشهر نمی‌توان مرز مشخصی را برای این رژیم دمایی تعیین کرد (شکل ۸). با توجه به شکل ۹-و ملاحظه می‌شود که در این رژیم دمایی نیز کمترین دمای ماهانه در ماه‌های دسامبر و ژانویه رخ می‌دهد، ولی به‌ندرت به کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. در این رژیم دمایی ماه‌های ژوئیه و اوت با دمایی بین ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین دمای ماهانه را در بین رژیم‌های دمایی کشور دارد. اختلاف گرم‌ترین و سردترین ماه سال در رژیم دمایی گرمسیری در حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد است که نشان‌دهنده بری بودن آب و هوا در این منطقه دمایی است.

رژیم دمایی دشتی: این رژیم دمایی معرف شکل توزیع دما (شکل ۹-ز) در ایستگاه‌های همدیدی منطقه گسترده‌ای از شرق و مرکز ایران است که در مقایسه با منطقه کوهستانی غرب و شمال کشور ارتفاع بسیار کمتری دارد (شکل ۸). با توجه به شکل ۹-ز ملاحظه می‌شود که کمترین دمای میانگین روزانه در این رژیم دمایی نیز در ماه‌های دسامبر و ژانویه روی می‌دهد، با این تفاوت که مقدار آن از ۵ درجه سانتی‌گراد کمتر نمی‌شود. بالاترین دمای میانگین روزانه در این رژیم دمایی نیز با رقمی در حدود ۳۰ درجه سانتی‌گراد در ماه ژوئیه رخ می‌دهد که در مقایسه با رژیم کوهستانی کشور بسیار گرم‌تر است.

۲-۳ همگنی رژیم‌های دمایی

شکل ۱۰ با نمایش دامنه پراکنش دمای ایستگاه‌های عضو هر خوشه، میزان همانندی درون‌گروهی خوشه‌ها را نمایش



شکل ۱۰. نمودار جعبه رژیم‌های دمایی شناسایی شده در این پژوهش؛ اعداد درون پرانتز تعداد ایستگاه‌های عضو هر خوشه را نشان می‌دهد.

دامنهٔ اختلاف دما در بین آن‌ها خیلی کوچک است. این شکل همچنین نشان می‌دهد که در هیچ‌یک از ایستگاه‌های این رژیم دمایی میانگین دمای روزانه از ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد کمتر نمی‌شود. علیرغم گستردگی بسیار زیاد منطقهٔ تحت پوشش رژیم دمایی دشتی در پهنهٔ گسترده‌ای از مرکز، شرق و جنوب کشور فشردگی نسبی جعبه‌ها در شکل ۱۰-ز نیز نشان از همگنی و همانندی درون گروهی بسیار زیاد این رژیم دمایی دارد.

۱۰-ه نیز آن را تأیید می‌کند. با توجه به شکل ۱۰-ه تنها یکی از ایستگاه‌ها در برخی از ماه‌های سال کمی از میانگین خوشه فاصله دارد که احتمالاً ناشی از قرارگرفتن این ایستگاه در منطقهٔ مرزی بین رژیم کوهستانی و رژیم کوهستانی مرتفع است. فشردگی نمودار جعبه در شکل ۱۰-و نیز همانندی درون گروهی ایستگاه‌های رژیم دمایی گرمسیری را به خوبی نشان می‌دهد. در این رژیم دمایی نیز همهٔ ایستگاه‌ها به خوبی از میانگین خوشه پیروی می‌کنند و

۴ بحث

ارزیابی نتایج نشان داد که رژیم‌های دمایی شناسایی شده از همگنی و همانندی درون گروهی و ناهمانندی بین گروهی بسیار زیادی برخوردار هستند. پیوستگی فضایی ایستگاه‌ها در رژیم‌های دمایی شناسایی شده نیز نشان می‌دهد که خوشه‌بندی ایستگاه‌ها به خوبی انجام پذیرفته است و کاملاً با ویژگی‌های جغرافیایی و ناهموازی‌های ایران هماهنگی دارد (شکل ۸). در این خوشه‌بندی ایستگاه‌های منطقه کوهستانی غرب و شمال کشور که به واسطه اثر ناهموازی‌های زاگرس و البرز دمای ماهانه کمی طی سال دارند، در یک خوشه و ایستگاه‌های بسیار مرتفع کوهستانی در خوشه دیگری قرار گرفته‌اند. این دو رژیم دمایی سردترین ماه‌های زمستان و خنک‌ترین ماه‌های تابستان را در کشور دارند. با کاهش اثر ناهموازی‌ها در مناطق کوهپایه‌ای و پست مرکز و شرق ایران، دمای هوا در تمامی ایستگاه‌های این منطقه در مقایسه با منطقه کوهستانی البرز و زاگرس افزایش چشمگیری می‌یابد و سبب می‌شود که رژیم دمایی دشتی در مقایسه با رژیم دمایی کوهستانی به‌طور درخور توجهی گرم‌تر شود. ارتفاع بسیار کم جلگه خوزستان در جنوب غرب ایران به همراه عرض جغرافیایی پایین این منطقه و همچنین همسایگی با بیابان‌های عراق و عربستان و قرارگرفتن در مسیر بادهای گرمی که از سوی این بیابان‌ها به کشور می‌وزد، سبب شده است تا جنوب غرب کشور به همراه مناطق پیرامونی کویر لوت و دشت کویر و نیز مناطق پس‌کرانه‌ای خلیج فارس در استان‌های فارس و کرمان به‌عنوان گرم‌ترین منطقه ایران شناسایی شود. بخشی از منطقه‌ای که در این پژوهش با رژیم دمایی گرمسیری مشخص شده است، به دشت لوت نزدیک است که میلد رکسلر و همکاران (۲۰۱۱) آن را گرم‌ترین منطقه کره زمین نامیده‌اند. آن‌ها با مطالعه تصاویر ماهواره‌ای هفت سال مختلف نشان دادند که در پنج سال از این دوره

هفت‌ساله دشت لوت ایران گرم‌ترین منطقه جهان بوده است. با توجه به اینکه در شبکه ایستگاهی مورد استفاده در این پژوهش، ایستگاه هواشناسی معرفی از بیابان‌های کشور و به‌ویژه دشت لوت و دشت کویر وجود نداشته است، طبیعی است که این منطقه‌بندی اطلاعی از مقدار دمای واقعی این مناطق به دست نداده است و به همین علت، جنوب غرب ایران به همراه بخش‌های جنوبی استان فارس و کرمان و نیز مناطق پیرامونی کویر لوت و دشت کویر، گرم‌ترین منطقه کشور معرفی شده است. اثر تعدیل‌کننده آب‌های دریای عمان و خلیج فارس باعث شده است که ایستگاه‌های رژیم ساحلی دریای عمان و رژیم ساحلی خلیج فارس با وجود قرارگرفتن در عرض جغرافیایی پایین، دمای بسیار کمتری در مقایسه با ایستگاه‌های رژیم دمایی گرمسیری داشته باشند. ایستگاه‌های ناحیه خزری نیز با وجود داشتن عرض جغرافیایی بالا، در مقایسه با ایستگاه‌های منطقه کوهستانی زاگرس و البرز دمای بسیار بیشتری دارند. زاویه بازر نمودار توزیع ماهانه دمای مربوط به رژیم ساحلی دریای عمان، رژیم ساحلی خلیج فارس و رژیم ساحلی خزری (شکل ۸) نشان می‌دهد که تفاوت دمای ماه‌های مختلف در این رژیم‌های دمایی بسیار کمتر از دیگر رژیم‌های دمایی ایران است. اختلاف دمای گرم‌ترین و سردترین ماه سال در رژیم ساحلی خلیج فارس و دریای عمان در حدود ۱۵ و در رژیم ساحلی خزری در حدود ۱۹ درجه سانتی‌گراد است که نشان‌دهنده بیشتر بودن درجه بحری رژیم‌های ساحلی خلیج فارس و دریای عمان در مقایسه با رژیم ساحلی دریای خزر است.

پیوستگی خوب فضایی ایستگاه‌های خوشه‌های مختلف نشان می‌دهد که رژیم‌های دمایی به دست آمده از روند ناهموازی‌ها و ویژگی‌های جغرافیایی کشور به خوبی پیروی می‌کنند (شکل ۸). رژیم‌های دمایی این پژوهش با رژیم‌های دمایی غیور و منتظری (۱۳۸۳) نیز هم‌خوانی

کوهستانی، رژیم کوهستانی مرتفع، رژیم گرمسیری و رژیم دمایی دشتی برای ایران شناسایی شد. ایستگاههای ساحلی دریای عمان و خلیج فارس در جنوب و ایستگاههای کرانه‌های دریای خزر در شمال کشور، سه رژیم دمایی ساحلی متفاوت را در جنوب و شمال کشور پدید آورده‌اند که دامنه تغییرات دمای سالانه آنها بسیار کمتر از دیگر رژیم‌های دمایی بخش‌های داخلی کشور است. رژیم دمایی کوهستانی با تابستان‌های تقریباً خنک و زمستان‌های سرد، منطقه کوهستانی غرب و شمال کشور را در بر می‌گیرد. ایستگاه‌های بسیار مرتفع این منطقه گسترده جغرافیایی، زیرخوشه دیگری با عنوان رژیم کوهستانی مرتفع پدید آورده‌اند که در مقایسه با رژیم دمایی کوهستانی دارای زمستان‌های سردتر و تابستان‌های خنک‌تری است. مناطق کم‌ارتفاع و پست مرکزی و شرقی ایران نیز از رژیم دمایی دشتی برخوردارند که در مقایسه با رژیم دمایی کوهستانی در همه ماه‌های سال دمای بسیار بیشتری دارد. منطقه پست جلگه خوزستان در جنوب غرب کشور به همراه بخش‌های جنوبی استان فارس و کرمان و نیز مناطق پیرامونی دشت کویر و کویر لوت از رژیم دمایی گرمسیری برخوردارند که گرم‌ترین رژیم دمایی کشور به شمار می‌رود. بررسی همگنی مناطق دمایی به‌دست آمده نشان داد که رژیم‌های دمایی شناسایی شده از بیشترین همانندی درون‌گروهی و کمترین همانندی بین گروهی برخوردارند و نقش ناهمواری‌ها، عرض جغرافیایی و منابع آبی دریای خزر، دریای عمان و خلیج فارس در شکل‌گیری آنها به‌خوبی دیده می‌شود. رژیم دمایی گرمسیری به همراه رژیم‌های ساحلی خزری و دریای عمان، همگن‌ترین رژیم‌های دمایی کشور شناخته شدند و همچنین مشخص شد که رژیم‌های دمایی کوهستانی و دشتی که پیش از این به وسیله غیور و منتظری (۱۳۸۳) و اکبری و مسعودیان (۱۳۸۸) نیز شناسایی شده بودند از استقلال و همگنی قابل قبولی

تقریباً خوبی دارد. رژیم‌های دمایی کوهستانی و دشتی که بخش بسیار گسترده‌ای از کشور را در بر می‌گیرند با نتایج غیور و منتظری (۱۳۸۳) هماهنگی تقریباً خوبی دارند، ولی در کار ایشان رژیم دمایی بسیار متمایز گرمسیری با رژیم ساحلی خلیج فارس در یک خوشه و ایستگاه‌های ساحلی خزری نیز با ایستگاه‌های منطقه کوهستانی زاگرس و البرز در یک خوشه قرار گرفته‌اند. با توجه به شکل‌های ۹ و ۱۰ رژیم‌های دمایی ساحلی خزری و گرمسیری از بیشترین استقلال و همانندی درون‌گروهی برخوردارند. از این رو قرارداد این ایستگاه‌های جلگه خوزستان و ایستگاه‌های ساحلی دریای عمان و خلیج فارس در یک گروه توسط غیور و منتظری (۱۳۸۳) با واقعیت‌های جغرافیایی کشور هم‌خوانی ندارد. همچنین اعتدال دمایی ایستگاه‌های ناحیه خزری در ماه‌های مختلف سال، آنها را به شدت از ایستگاه‌های منطقه کوهستانی زاگرس و البرز متمایز ساخته است. از این رو قرارداد این دو گروه از ایستگاه‌ها در یک خوشه توسط غیور و منتظری (۱۳۸۳) نیز دور از واقعیت است. اکبری و مسعودیان (۱۳۸۸) نیز ایران را به سه رژیم معتدل، سرد و گرم طبقه‌بندی کرده‌اند که با رژیم‌های دمایی این پژوهش تقریباً هم‌خوانی دارد. آنها هر یک از رژیم‌های دمایی به‌دست آمده را به مناطق کوچک‌تر تقسیم کرده‌اند که در این خوشه‌بندی رژیم گرمسیری، رژیم ساحلی خلیج فارس، رژیم ساحلی دریای عمان و رژیم ساحلی خزری نیز به عنوان رژیم‌های دمایی مستقل شناسایی شده‌اند.

۵ نتیجه‌گیری

در این پژوهش با اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌بندی وارد بر روی داده‌های دمای ماهانه ۱۵۵ ایستگاه همدیدی پراکنده در سطح کشور تعداد هفت رژیم دمایی با عنوان رژیم ساحلی دریای عمان، رژیم ساحلی خلیج فارس، رژیم ساحلی خزری، رژیم

ذوالفقاری، ح.، و ساری صراف، ب.، ۱۳۷۸، بررسی بارش‌های شمال غرب ایران با تاکید بر تحلیل خوشه‌ای: آب و توسعه، ۷(۳۲)، ۱۳۴-۱۴۲.

غیور، ح. ع.، و منتظری، م.، ۱۳۸۳، پهنه‌بندی رژیم‌های دمایی ایران با مؤلفه‌های مبنا و تحلیل خوشه‌ای: جغرافیا و توسعه، پائیز و زمستان، ۳۴-۲۱.

مسعودیان، ا.، ۱۳۸۴، شناسایی رژیم‌های بارش ایران به روش تحلیل خوشه‌ای: پژوهش‌های جغرافیایی، ۵۲، ۴۷-۵۹.

مسعودیان، ا.، و دارند، م.، ۱۳۸۹، شناسایی و پهنه‌بندی نواحی دمای فرین سرد ایران: مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۱(۲)، ۴۳-۵۴.

مسعودیان، ا.، و عطایی، ه.، ۱۳۸۴، شناسایی فصول بارشی ایران به روش تحلیل خوشه‌ای: مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)، ۱۸(۱)، ۱-۱۲.

مسعودیان، س. ا.، زینالی، ح.، و حاجتی‌زاده، ر.، ۱۳۸۷، نواحی دمایی ایران: فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۸۹، ۱۸۴-۱۷۱.

Bunkers, M. J., Miller, J. R., and DeGaetano, A. T., 1996, Definition of climate regions in the Northern plains using and objective cluster modification technique: Journal of Climate, 9, 130-146.

Comrie, A. C., and Glenn, E. C., 1998, Principal components-based regionalization of precipitation regimes across the southwest United States and northern Mexico, with an application to monsoon precipitation variability: Climate Research, 10, 201-215.

Dinpashoh, Y., Fakheri-Fard, A., Moghaddam, M., Jahanbakhsh, S., and Mirnia, M., 2004, Selection of variables for the purpose of regionalization of Iran's precipitation climate using multivariate methods: Journal of Hydrology, 297, 109-123

Domroes, M., Kaviani, M., and Schaefer, D., 1998, An Analysis of Regional and Intra-annual Precipitation Variability over Iran using Multivariate Statistical Methods: Theoretical and Applied Climatology, 61, 151-159.

برخوردارند. نتایج این پژوهش می‌تواند به مدیریت بهتر منابع انرژی، توسعه برنامه‌های گردشگری در کشور و تعیین دقیق‌تر تقویم زراعی مناطق مختلف کشور و نیز شناسایی گیاهان مناسب برای کاشت در رژیم‌های مختلف دمایی کشور کمک کند. نتایج این پژوهش همچنین می‌تواند وزارت نیرو و وزارت نفت را در مدیریت هرچه بهینه‌تر منابع انرژی (نفت، گاز، برق) و تعیین بهای حامل‌های انرژی برای مناطق مختلف کشور یاری کند. این منطقه‌بندی دمایی همچنین می‌تواند مهندسان و معماران کشور را در طراحی هرچه بهتر ساختمان‌ها، متناسب با ویژگی‌هایی دمایی هر منطقه یاری کند و از بسیاری از هزینه‌های اضافی در طراحی و ساخت ساختمان‌ها بکاهد.

منابع

اسدی، ا.، و مسعودیان، س. ا.، ۱۳۹۳، پهنه‌بندی ایران بر پایه دماهای فرین بالا: فیزیک زمین و فضا، ۴۰(۴)، ۱۶۸-۱۵۵.

اکبری، ط.، و مسعودیان، س. ا.، ۱۳۸۸، شناسایی رژیم دمایی و پهنه‌بندی نواحی دمایی ایران: جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۳۳(۱)، ۷۴-۵۹.

جهانبخش اصل، س.، و ذوالفقاری، ح.، ۱۳۸۱، بررسی الگوهای هم‌دیدگی بارش‌های روزانه در غرب ایران: فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره پیاپی ۶۳ و ۲۳۴-۲۵۸.

خسروی، م.، دوستکامیان، م.، میرموسوی، ح.، بیات، ع.، و بیگ‌رضایی، ا.، ۱۳۹۳، طبقه‌بندی دما و بارش در ایران زمین با استفاده از روش‌های زمین‌آمار و تحلیل خوشه‌ای: فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال چهارم، ۱۳، ۱۲۱-۱۳۲.

- cluster analysis: *Journal of Hydrology*, **318**, 37–56.
- Raziei, T., Bordi I., and Pereira, L. S., 2008, A precipitation-based regionalization for Western Iran and regional drought variability: *Hydrology and Earth System Sciences (HESS)*, **12**, 1309–1321.
- Richman M.B., 1981, Obliquely rotated principal components: An improved meteorological map typing technique: *Journal of Applied Meteorology*, **20**, 1145-1159.
- Richman, M. B., 1986, Rotation of principal components: *Journal of Climatology*, **6**, 293-335.
- Rousseuw, P. J., 1987, Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis: *Journal of Computational and Applied Mathematics*, **20**, 53-65.
- Saraçlı, S., Doğan, N., and Doğan, I., 2013, Comparison of hierarchical cluster analysis methods by cophenetic correlation: *Journal of Inequalities and Applications*, 2013:203.
- Saris, F., Hannah, D.M., Eastwood, W. J., 2010, Spatial variability of precipitation regimes over Turkey: *Hydrological Sciences Journal*, **55**(2), 234-249.
- Sarmadi, F., and Azmi, M., 2015, Regionalizing mean air temperature in Iran by multivariate analysis and L-moment methods, *Journal of Hydrologic Engineering*, DOI: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001280.
- Sheskin, D., 2007, *Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures*, Chapman & Hall/CRC, 1736 pp.
- Singh, K. K., and Singh, S. K., 1996, Space-time variation and regionalization of seasonal and monthly summer monsoon rainfall of the sub-Himalayan region and Gangetic plains of India: *Climate Research*, **6**, 251-262.
- Todhunter, P. E., Mearns, L. O., Terjung, W. H., Hayes, J. T., and Ji, H. Y., 1989, Effects of Mesoonal fluctuations on Grains in China. Part I, Climatic conditions for 1961-1975: *Journal of Climate*, **2**, 5-17.
- Unal, Y., Kindap, T., and Karaca, M., 2003, Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis: *International Journal of Climatology*, **23**(9), 1045–1055.
- Yarnal, B., 1993, *Synoptic Climatology in Environmental Analysis: A primer*, Belhaven Press, London, UK.
- Ehrendorfer, M., 1987, A regionalisation of Austria's precipitation climate using principal component analysis: *Journal of Climate*, **7**, 71–89.
- El Kenawy, A., López-Moreno, J. I., and Vicente-Serrano, S. M., 2013, Summer temperature extremes in northeastern Spain: spatial regionalization and links to atmospheric circulation (1960–2006): *Theoretical and Applied Climatology*, **113**, 387–405.
- Fernández Mills, G., 1995, Principal Component Analysis of precipitation and rainfall regionalization in Spain: *Theoretical and Applied Climatology*, **50**(3), 169-183.
- Fovel, R. G., and Fovel, M. C., 1993, Climate zones of coterminous United States defined using cluster analysis: *Journal of Climate*, **6**, 2103-2135.
- Green, M. C., Flocchini, G., and Myrup, L. O., 1993, Use of temporal principal components analysis to determine seasonal periods: *Journal of Applied Meteorology*, **32**(5), 986-995.
- Janowalk J. E., 1988, An Investigation of interannual rainfall variability in Africa: *Journal of Climate*, **1**, 240-255.
- Jones, D. A., 1999, Characteristics of Australian land surface temperature variability: *Theoretical and Applied Climatology*, **63**, 11-31.
- Kansakar, S. R., Hannah, D. M., Gerrard, A. J., and Rees, G., 2004, Spatial pattern in the precipitation regime of Nepal: *International Journal of Climatology*, **24**, 1645–1659.
- Mildrexler, D. J., Maosheng, Z., and Running, S. W., 2011, Satellite Finds Highest Land Skin Temperatures on Earth: *Bulletin of the American Meteorological Society*, **92**(7), 855-860.
- Modarres, R., 2006, Regional precipitation climates of Iran: *Journal of Hydrology (NZ)*, **45**(1): 15-29.
- Modarres, R., and Sarhadi, A., 2011, Statistically-based regionalization of rainfall climates of Iran: *Global and Planetary Change*, **75**, 67–75.
- North, G. R., Bell, T. L., and Cahalan, R. F., 1982, Sampling errors in the estimation of empirical orthogonal functions: *Monthly Weather Review*, **110**, 699–706.
- Rao, A. R., and Srinivas V. V., 2006, Regionalization of watersheds by hybrid-

Identification of the temperature regimes of Iran using multivariate methods

Tayeb Raziei^{1*}

¹Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

(Received: 11 September 2016, Accepted: 31 December 2016)

Summary

Identification of temperature regimes is very crucial for a better management of energy resources, recreations and truisms as well as for adequately determining agricultural calendars in different parts of the country. Few attempts have been made to adumbrate the Iranian temperature regimes; thus it is necessary to identify the most realistic temperature regimes of Iran using as many available stations across the country as possible. For this purposes, 155 Iranian synoptic stations with a relatively regular distribution across the country, mostly having full data records for the common period of 1990 to 2014, were used for the identification of the temperature regimes. In all stations, the average of the mean monthly temperature was computed in the mentioned period and further employed for the analysis. A principal Component Analysis (PCA) was applied to the inter-stations correlations matrix (155×12) composed of 155 stations and 12 mean monthly temperature values for each station. The computed Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) measure of the sampling adequacy indicated that the matrix with the KMO value of 0.87 is useful for a PCA application. The first three leading PCs were considered for further analysis based on the scree plot and the sampling errors of the PCs (North et al., 1982). The remaining PCs were then rotated using varimax orthogonal criterion. The PC scores of both rotated and un-rotated solutions were separately used as inputs for Cluster Analysis (CA) to partition the considered stations into distinctive clusters. Moreover, all agglomerative CA methods as well as K-means CA were examined so as to find out the most appropriate method for partitioning the data. The cophenetic correlation coefficient was employed to measure how well the hierarchical dendrogram of a given CA represents the relationships within the input data. The results indicated that all the clustering approaches properly represented the inherent structure of the input data, yet the Ward method was selected as the most appropriate method since it resulted in much realistic clusters that quite perfectly matched the topographic and geographical features of the country. The correct number of clusters was also selected based on the Silhouette index (Rousseeuw, 1987) that measures how well objects lie within their cluster, and which ones are merely somewhere in between the clusters. The average silhouette width provides an evaluation of clustering validity, and might be used to select an 'appropriate' number of clusters. Computing the index for a set of predefined cluster numbers (2 to 15 clusters), it was observed that six is the most appropriate number for clusters for a better representation of the inherent structure of the data. As such, all 155 stations were classified into six clusters applying Ward CA method on the three leading un-rotated PC scores.

The maps of varimax rotated PC scores properly represented areas characterized with seasonal temperature variability. The first and second varimax rotated PC sores respectively display the winter and summer temperature variability across the country. Applying Ward clustering on un-rotated PC scores resulted in seven distinct clusters that appropriately specified the Iranian temperature regimes. It was found that the western and northern mountainous areas have a mountainous temperature regime whereas the central-eastern Iran hosting the Iranian deserts has a plain temperature regime which is considerably warmer than the earlier one. The third temperature regime includes stations scattered across the mountainous region, all of which are characterized with a very high elevation, hence having the coldest winters and the coolest summers in the country. The hot temperature regime which is the warmest temperature regime in the country belonged to the southwest and certain parts of the south. The stations located in the coastal areas of the northern and southern Iran respectively have the Caspian coastal, Persian Gulf coastal and Oman Sea coastal temperature regimes, all with the lowest annual temperature ranges in the country. Four out of the seven Iranian temperature regimes are continental but the two mountainous temperature regimes are the most continental regimes in the country due to their wider temperature ranges. The results conduce to a better management of energy resources, recreations and tourisms as well as an optimal determination of agricultural calendars in different parts of the country.

Keywords: temperature regime, principal component analysis, cluster analysis, homogeneous regions, Iran

*Corresponding author: