

پهنه‌بندی بوم اقلیم‌شناسی ایران

مهران لشنی‌زند^{۱*}، کیانفر پیامنی^۲، شهلا احمدی^۳ و ایرج ویس‌کریمی^۴
^۱استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان و ^۲و ^۳مربی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۰۶

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۷/۰۳

چکیده

مقایسه نقشه‌های اقلیمی و پوشش گیاهی ارتباط بسیار نزدیک بین دو پراکنش را نشانی می‌دهند، ولی چگونگی همبستگی اقلیم و پوشش گیاهی به خوبی درک نشده است. بنابراین، شناسایی و تعیین اثرات عوامل و عناصر مهم اقلیمی که بر پراکنش گونه‌های اصلی گیاهان ایران تأثیر می‌گذارند و سپس پهنه‌بندی بوم اقلیم‌شناسی کشور بر پایه عوامل و عناصر مذکور هدف اصلی این پژوهش است. بدین منظور ۵۱ ایستگاه سینوپتیک کشور که دارای دوره آماری ۳۰ ساله (۲۰۰۵-۱۹۷۶) یا بیشتر بودند، انتخاب و داده‌های هواشناسی آن‌ها از بانک اطلاعاتی سازمان هواشناسی کشور استخراج شد. پس از تعیین متغیرهای اقلیمی موثر، به‌کارگیری تکنیک مؤلفه‌های مبنا سبب شد که ماتریس مجموع متغیرهای اولیه (۵۱×۲۶۹)، به ۱۴ مؤلفه با مقادیر ویژه بیش از یک تقلیل یابد که حدود ۹۶/۴ درصد از واریانس کل را توجیه می‌کنند. با توجه به این که سه مؤلفه اولیه (به ترتیب حرارتی، رطوبتی و بارشی) بیشترین تأثیر را در تبیین شرایط اقلیمی کشور دارند، به‌عنوان مبنای پهنه‌بندی‌های اقلیمی مورد استفاده قرار گرفتند. سه مؤلفه اول اقلیمی در محیط نرم‌افزار ArcGIS با استفاده از روش کریجینگ به نقشه‌های رستری تبدیل شدند. نقشه‌های رستری حاصل به‌عنوان ورودی تکنیک خوشه‌بندی نظارت نشده مورد استفاده قرار گرفته و نقشه پهنه‌بندی اقلیمی ایران ترسیم شد. سرانجام با استفاده از دو مؤلفه اقلیمی (حرارتی و رطوبتی) به اضافه نقشه طبقات ارتفاعی کشور و با به‌کارگیری تکنیک خوشه‌بندی نظارت نشده، نقشه پهنه‌بندی بوم اقلیم‌شناسی کشور ترسیم شد. بررسی این نقشه پهنه‌بندی نشان می‌دهد که مرزبندی مناطق بوم اقلیم‌شناسی کشور، عمدتاً منطبق بر دو عامل اقلیمی (حرارتی و رطوبتی) و یک عامل شکل زمین (ارتفاع از سطح دریا) می‌باشد. از دیگر نتایج این پژوهش آن است که بیشترین پهنه‌های بوم اقلیمی کشور متعلق به مناطق کم ارتفاع (پایین‌تر از ۱۲۰۰ متر) بوده و سهم پهنه‌های بوم اقلیمی مرتفع (بالتر از ۲۴۰۰ متر) بسیار ناچیز می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پوشش گیاهی، خوشه‌بندی، عامل اقلیمی، کریجینگ، نقشه اقلیمی

مقدمه

شده‌اند. در طبقه‌بندی‌هایی که تاکنون انجام گرفته یا صرفاً به متغیرهای اقلیمی کشور پرداخته‌اند یا تنها با توجه به نیازهای زیستی برخی گونه‌ها طبقه‌بندی‌های زیست اقلیمی محدودی انجام گرفته است. بنابراین، یک طبقه‌بندی زیست اقلیمی واحد که بر پایه

اقلیم از تعیین‌کننده‌ترین عوامل پراکندگی جانداران به‌ویژه گیاهان است. به همین دلیل است که برای تعیین قلمرو انواع پوشش‌های گیاهی، طبقه‌بندی‌های زیست اقلیمی گوناگونی معرفی

Ramos (۲۰۰۱)، به بررسی تغییرپذیری الگوی توزیع بارش در منطقه مدیترانه با روش‌های خوشه‌بندی پرداخته است. Alhamed و همکاران (۲۰۰۲)، میانگین‌های برآوردهای چند مدل اقلیمی را به‌عنوان ورودی یک تحلیل خوشه‌ای به‌کار برده‌اند. به‌کارگیری تحلیل خوشه‌ای به‌ویژه در زمینه متغیرهایی که تغییرات مکانی بزرگی نشان می‌دهند، سودمند است.

Philip (۲۰۰۸)، الگوهای روزانه دما و فشار را در سطح اروپا مورد مطالعه قرار داده است و بر اساس روش خوشه‌بندی این الگوها را به‌صورت ماهانه طبقه‌بندی کرده است. Main Sabir و Seungho (۲۰۰۹)، داده‌های بارش پاکستان را در ۳۲ ایستگاه باران‌سنجی در دوره آماری ۲۰۰۶-۱۹۸۰ و بر اساس روش تحلیل عاملی مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و در نهایت به‌وسیله روش Ward، شش ناحیه بارشی را تعیین و خوشه‌بندی کردند. Yilmaz و Marti (۲۰۱۰)، آب سطحی حوضه Kizilirmak که یکی از آلوده‌ترین آب‌های سطحی در ترکیه می‌باشد، را بر اساس پارامترهای کیفیت آب و با استفاده از تحلیل خوشه‌ای طبقه‌بندی کردند. Cadena و همکاران (۲۰۱۲)، در پژوهشی تحت عنوان پهنه‌های اقلیمی، ارتفاع، عرض جغرافیایی و تکامل گونه‌ها در دنیای جدید، اظهار نمودند که طبقات ارتفاعی به طریقی که دامنه‌های دمایی، گونه‌های مختلف مناطق معتدله را از مناطق حاره جدا می‌کنند، در مناطق معتدله و حاره یک گونه را از گونه‌های دیگر جدا نمی‌کنند.

Kasmaiee (۱۹۹۲)، در طرح پژوهشی تحت عنوان پهنه‌بندی اقلیمی ایران مسکن و محیط‌های مسکونی، با ترسیم نقشه‌ای به مقیاس ۱:۴۰۰۰۰۰۰ محدوده جغرافیایی پهنه‌های مختلف اقلیمی ایران را مشخص نمود. در این نقشه نیاز به سیستم‌های مختلف ساختمانی و تاسیساتی و اهداف عمده اقلیمی برای هر یک از زیرگروه‌های اقلیمی مشخص شده بود. Kamali و Koochaki (۱۹۹۸)، بر اساس آمارهای درازمدت آب و هوایی و نیازهای بیوکلیمایی پنبه، طبقه‌بندی اقلیم کشاورزی را در استان خراسان تهیه نمودند. Bradaranrad (۱۹۹۹)، با استفاده از GIS

متغیرهای اقلیمی انجام گرفته باشد، وجود ندارد. تجزیه و تحلیل ارتباط گونه‌های گیاهی با محیط از موضوعات بسیار قدیمی است، به‌طوری‌که اهمیت اقلیم در توزیع حیوانات و گیاهان از دیرباز کاملاً شناخته شده است. تاثیر اقلیم به‌عنوان مهم‌ترین عامل پراکنش موجودات و به‌ویژه گیاهان به‌دلیل عدم تحرک آن‌ها مورد تایید اکولوژیست‌ها و اقلیم‌شناسان می‌باشد (Stiner، ۱۹۶۵) که این همبستگی در مقیاس کلان بیشتر نمایان است (Walter، ۱۹۷۳). بررسی‌های پالئوبوتانیک نیز نشان می‌دهد که مناطق پراکنش اجتماعات گیاهی با تغییر اقلیم جابه‌جا می‌شده است (Woodward، ۱۹۸۷؛ Huntley، ۱۹۸۸). اگرچه اقلیم بر پوشش گیاهی اثر می‌گذارد، اما وجود، عدم وجود و یا نوع گیاه نیز ممکن است بر اقلیم تاثیر داشته باشد (Godfrey، ۲۰۰۰). به‌همین دلیل، تجزیه و تحلیل ارتباط بین اقلیم و الگوی پراکنش رستنی‌های طبیعی، به‌عنوان موضوعی بحث‌انگیز در محافل علمی و پژوهشی جغرافیای زیستی طی سالیان دراز مطرح بوده است. اقلیم حتی بر پراکنش مواد غذایی در پروفیل خاک نیز تاثیر دارد. اکثر متغیرهای اقلیمی با سایر عوامل اکولوژیک همبستگی بسیار بالائی را نشان می‌دهند، از این‌رو امکان تقسیم‌بندی‌های اقلیمی به‌منظور تفکیک اقلیم زیستی در سطح کلان و اقلیم کشاورزی و منابع طبیعی در مقیاس خرد مقدور است (Compagnucci و همکاران، ۲۰۰۱).

یکی از پیامدهای تغییر اقلیم این است که مرزهای جغرافیایی زیستگاه گونه‌ها تغییر کرده و در نتیجه الگوی توازن زیستی دگرگون می‌شود. بنابراین، برای شناخت تغییراتی که در آینده در قلمرو الگوهای زیستی رخ خواهد داد، باید وضع کنونی قلمروهای بوم اقلیمی کشور شناسایی شود. توجه به تفاوت میان اقلیم و اقلیم زیستی بسیار مهم است. به‌همین دلیل در این پژوهش از آن دسته متغیرهای اقلیمی که بر روی گونه‌های گیاهی و فرایندهای زیستی موثرند، استفاده شد. بدین ترتیب تعدادی متغیر و تعدادی شاخص زیست اقلیمی برای انجام طبقه‌بندی اقلیمی برگزیده شد.

پهنه‌بندی اقلیمی استان سیستان و بلوچستان را با استفاده از روش تحلیل عاملی تهیه نمودند. بررسی آن‌ها نشان داد که اقلیم استان ساخته پنج عامل رطوبت جوی، بارش، حرارت، تابش و باد و تندر است. Mohammadi و همکاران (۲۰۰۸)، شاخص‌هایی را ارائه دادند که نشان می‌دهد ایستگاه‌های شیراز، منجیل، گرگان، گنبد و سرپل‌ذهاب الگوی دمایی مشابه با نواحی زیتون خیز دارند.

Raziei و Azizi (۲۰۰۹)، مناطق همگن بارشی را در غرب ایران تعیین کرده‌اند. آن‌ها میانگین نه متغیر وابسته به بارش در دوره ۲۰۰۰-۱۹۶۵ را برای ۱۴۰ ایستگاه هواشناسی پراکنده در سطح منطقه محاسبه و مورد استفاده قرار دادند. متغیرهای یادشده به کمک روش تحلیل مولفه‌های اصلی (با آرایه R) به چهار مؤلفه کاهش و با استفاده از چرخش واری‌ماکس چرخش داده شدند. سپس با بهره‌گیری از روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی به شیوه Ward، ایستگاه‌های مورد استفاده در این تجزیه و تحلیل را بر مبنای مقادیر نمرات استاندارد آن‌ها در مولفه‌های به‌دست آمده گروه‌بندی و به این ترتیب غرب ایران را به چهار زیرمنطقه همگن بارشی تقسیم نمودند. نتیجه نشان داد که روند ناهم‌واری‌ها و عرض جغرافیایی در مرزبندی و تفاوت‌های مکانی بین مناطق، نقش بسیار مهمی دارند.

Khosravi و Mahmoudi (۲۰۱۱)، اقدام به پهنه‌بندی غرب و شمال‌غرب ایران کردند. برای انجام این کار ابتدا داده‌های هواشناسی را به نمره z تبدیل و سپس با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای، خوشه‌بندی ایستگاه‌ها انجام شد. سپس بر اساس خوشه‌های به‌دست آمده پهنه‌بندی اقلیمی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده: در این پژوهش ابتدا با استفاده از اطلاعات سازمان هواشناسی به ترتیب داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران‌سنجی جمع‌آوری شد. اطلاعات عنصر تبخیر از سایت www.CloudySky.ir جمع‌آوری شد. چون هدف از تهیه این آمار، طبقه‌بندی اقلیمی و مقایسه و گروه‌بندی ایستگاه‌های مشابه بوده است، لازم بود تا از

پهنه‌بندی اقلیمی مناطق آذربایجان را با استفاده از سیستم طبقه‌بندی سیلیانینف انجام داد.

Tklobighsh (۱۹۹۹)، استان همدان را از نظر گندم و با استفاده از سیستم GIS ناحیه‌بندی کرده است. Heidari و Alizani (۱۹۹۹) با استفاده از ۴۹ متغیر اقلیمی، ۴۳ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کشور را با تحلیل عاملی و تجزیه خوشه‌ای طبقه‌بندی کردند. طبقه‌بندی اقلیمی ایران با روش تحلیل خوشه‌ای توسط Torabi و Jahanbakhsh (۲۰۰۱) انجام شده است. در مطالعه فوق مهم‌ترین متغیرهای اقلیمی (دما، بارش و نم نسبی) ۱۴۱ ایستگاه سینوپتیک کشور در یک دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۶۶-۱۹۹۵) استفاده شده است. Masoodian (۲۰۰۳)، با استفاده از ۲۷ عنصر اقلیمی در مقیاس سالانه و با روش تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای نواحی اقلیمی ایران را تعیین نموده است.

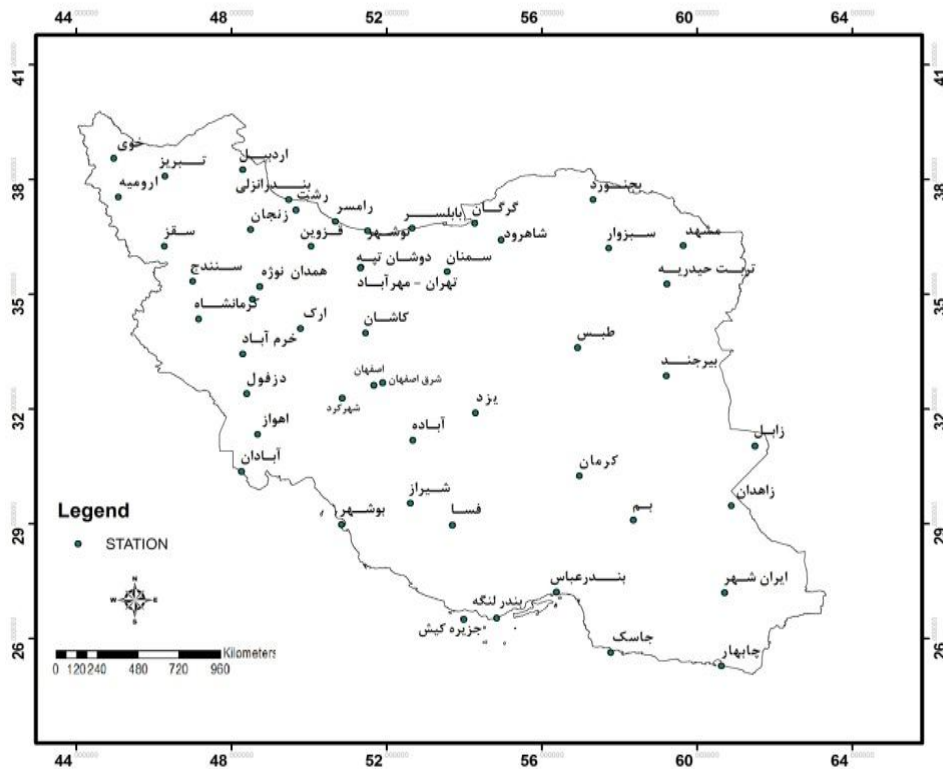
Ghaffari و همکاران (۲۰۰۴)، نخستین نقشه پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی ایران را تهیه نمودند. این نقشه نخستین و کامل‌ترین نقشه پهنه‌بندی کشاورزی ایران است و استفاده از تبخیر و تعریق مطلق به جای دما، ویژگی اصلی آن است. این نقشه براساس طبقه‌بندی سازمان یونسکو برای مناطق خشک جهان و با استفاده از سه شاخص مهم رژیم رطوبتی، تیپ زمستانی و تیپ تابستانی تهیه شده است. در این نقشه ایران به ۲۸ پهنه اقلیمی و شش ناحیه تقسیم شده است.

Khodagholi (۲۰۰۵)، در پژوهشی مهمترین عناصر اقلیمی موثر بر پراکنش اجتماعات گیاهی را بررسی و تعیین نموده است. کاربرد GIS در امکان‌سنجی کشت زیتون در استان اصفهان توسط Mohammadi و همکاران (۲۰۰۸)، بررسی شد. نتایج پژوهش آن‌ها حاکی از عدم انطباق مکانی شرایط اقلیمی و محیطی استان اصفهان جهت کشت زیتون می‌باشد.

Yaghmaie و همکاران (۲۰۰۸)، اثر عوامل اقلیمی را بر گسترش درمنه کوهی و دشتی در استان اصفهان و با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره بررسی نموده‌اند. Esmailnejhad و همکاران (۲۰۰۸)،

سال یا بیشتر بودند، به‌عنوان ایستگاه‌های قابل استفاده در این بررسی انتخاب شدند. به‌منظور بررسی نحوه توزیع و پراکندگی ایستگاه‌های مختلف در سطح کشور، موقعیت ۵۱ ایستگاه سینوپتیک در نقشه ایران مشخص شد (شکل ۱). بررسی این نقشه نشان داد که توزیع ایستگاه‌های هواشناسی در سطح کشور یکنواخت نیست. در ایستگاه‌های انتخابی بعضی پارامترها که به هر دلیلی فاقد آمار بود، با استفاده از روش نسبت‌ها و تفاضل‌ها بازسازی صورت گرفت.

میان ایستگاه‌های موجود، تنها ایستگاه‌هایی انتخاب شوند که دارای آماری کامل در طول دوره‌های طولانی (حداقل ۳۰ سال) باشند. اما بررسی هر یک از ایستگاه‌ها نشان داد که از میان ۱۰۱ ایستگاه سینوپتیک کشور تنها ۵۱ ایستگاه دارای آماری کامل برای یک دوره ۳۰ ساله هستند. با توجه به این‌که در این بررسی از میانگین ماهانه پارامترهای مختلف استفاده شده است (با پایه مشترک آماری سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۷۶)، ایستگاه‌هایی که دارای دوره آماری ۳۰



شکل ۱- نقشه موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده

در جدول ۱ ارائه شده است. در مجموع، از ۲۶۹ متغیر اقلیمی که بر روی گونه‌های گیاهی و فرایندهای زیستی آن‌ها مؤثرند، بهره گرفته شد. پس از بررسی و تایید صحت و سقم داده‌ها، ماتریسی به حالت R (مکان ایستگاه‌ها بر روی ردیف‌ها و متغیرهای اقلیمی روی ستون‌ها) به ابعاد ۵۱×۲۶۹ (عدد ۵۱ نمایانگر تعداد ایستگاه‌ها و عدد ۲۶۹ نشانگر تعداد متغیرهای یاد شده در ۱۲ ماه و متغیرهای فصلی و سالانه می‌باشد) تهیه شد.

در این پژوهش، از آن دسته متغیرهای اقلیمی که بر روی گونه‌های گیاهی و فرایندهای زیستی آن‌ها مؤثرند، استفاده شده است. بنابراین، به‌منظور فهم و بیان چگونگی پراکندگی گونه‌ها باید این قبیل متغیرها را در طبقه‌بندی‌ها و پهنه‌بندی‌های اقلیمی در نظر گرفت. متغیرهای حدی از آن جهت که بر پراکندگی گونه‌ها مؤثرند، اهمیت می‌یابند. عناصری که از آن‌ها برای پهنه‌بندی بوم اقلیم‌شناسی کشور استفاده شده،

جدول ۱- عناصر اقلیمی مورد استفاده در پهنه‌بندی بوم اقلیم‌شناسی کشور

ردیف	نام متغیر	واحد اندازه‌گیری	تعداد
۱	معدل دما	درجه سانتی‌گراد	۱۳
۲	معدل بیشینه دما	درجه سانتی‌گراد	۱۳
۳	معدل کمینه دما	درجه سانتی‌گراد	۱۳
۴	پایین‌ترین دما	درجه سانتی‌گراد	۱۳
۵	بالا‌ترین دما	درجه سانتی‌گراد	۱۳
۶	رطوبت نسبی در ساعت ۳	درصد	۱۳
۷	رطوبت نسبی در ساعت ۹	درصد	۱۳
۸	رطوبت نسبی در ساعت ۱۵	درصد	۱۳
۹	معدل رطوبت نسبی	درصد	۱۳
۱۰	مجموع بارش	میلی‌متر	۱۳
۱۱	حداکثر بارش روزانه	میلی‌متر	۱۳
۱۲	روزهای بارانی مساوی و بیش از ۱۰ میلی‌متر	تعداد روز	۱۳
۱۳	کل روزهای بارانی	تعداد روز	۱۳
۱۴	تبخیر و تعرق پتانسیل	میلی‌متر	۱۳
۱۵	بارش مؤثر	تبخیر و تعرق پتانسیل-بارش	۷
۱۶	روزهای توأم با پدیده یخبندان	تعداد روز	۱۳
۱۷	ساعات آفتابی	ساعت	۱۳
۱۸	معدل سرعت باد (ارتفاع ۱۰ متری)	متر بر ثانیه	۱۳
۱۹	معدل فصلی تبخیر و تعرق	میلی‌متر	۴
۲۰	معدل فصلی بارش	میلی‌متر	۴
۲۱	معدل فصلی دما	درجه سانتی‌گراد	۴
۲۲	معدل فصلی دمای کمینه	درجه سانتی‌گراد	۴
۲۳	معدل فصلی دمای بیشینه	درجه سانتی‌گراد	۴
۲۴	معدل فصلی رطوبت نسبی	درصد	۴
۲۵	معدل فصلی ساعات آفتابی	ساعت	۴
۲۶	نسبت بارش ماهانه به سالانه	درصد	۱۲
۲۷	درجه روز < ۵	درجه سانتی‌گراد	۱

تحلیل مولفه‌های مبنا^۱: تحلیل مولفه‌های مبنا در حقیقت یک نگاهت خطی است که متغیرهای اولیه را بر روی محورهای تازه‌ای می‌نگارد. نخستین محور این دستگاه مختصات جدید در راستایی گسترش می‌یابد که بیشترین مقادیر متغیرها در پیرامون آن جا بگیرند. دومین محور عمود بر محور اول گسترش یافته و محورهای دیگر نیز به همین ترتیب ارائه شدند تا بیشترین مقدار پراکنش متغیرهای اولیه در این دستگاه مختصات جدید توضیح داده شود. هر محور دارای یک مقدار ویژه است که بیانگر مقداری از پراکنش متغیرهای اولیه است که به وسیله محور توضیح داده می‌شود. بنابراین، تا زمانی که مقدار ویژه محور از آستانه معینی کمتر نشده، می‌توان بر تعداد

آن‌ها افزود. Compagnucci و همکاران (۲۰۰۱)، تاکید می‌کنند که پژوهندگان علوم هوا و اقلیم‌شناسی، به‌منظور منطبقه‌بندی اقلیمی، به دو روش تحلیل مولفه‌های مبنا و EOF^۲ در سال‌های اخیر توجه بسیاری نموده‌اند. در این روش‌ها، با حذف داده‌های تقریباً یکسان، چند سری از داده‌های مستقل جدید که درصد زیادی از واریانس داده‌های اصلی را تعریف می‌کنند، به وجود می‌آید.

اگر هدف کاهش اطلاعات موجود در متغیرهای زیاد به صورت مجموعه‌ای از ترکیب‌های خطی وزن‌دار متغیرها باشد، تحلیل مولفه‌های اصلی که بین واریانس مشترک و واریانس یگانه تمایزی قائل نمی‌شود، به کار

^۱ Principal Component Analysis^۲ Empirical Orthogonal Functions

برای تهیه آماره‌های موثر لازم است که برای یک طبقه‌بندی آتی یک فایل شناسایی ایجاد شود، هر خوشه باید حاوی سلول‌های کافی برای تهیه خوشه‌ای درست باشد. مقدار وارد شده برای حداقل اندازه طبقه باید حدود ۱۰ برابر بزرگ‌تر از تعداد لایه‌های رستری ورودی باشد.

تهیه نقشه‌های پایه: محدوده جغرافیایی ایران در فاصله ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۳ درجه طول شرقی گسترده شده است. این محدوده امروز فقط قسمتی از فلات ایران است که ۱۶۴۸۰۰۰ کیلومتر مربع مساحت دارد و با توجه به این وسعت و گسترش آن در طول و عرض جغرافیایی نسبتاً قابل توجه باید گفت که تنوع طبیعی از خصوصیات بارز محیطی آن است (Rahnemai, ۲۰۰۹).

در این پژوهش به منظور تهیه مدل رقومی ارتفاع کشور^۴ از نقشه‌های رادار ۵۰ متری، استفاده شد. نقشه طبقات ارتفاع از سطح دریا بر اساس طبقه‌بندی (Makhdoum, ۱۹۹۳) برای ایران ترسیم شد. نقشه طبقات شیب و نقشه جهت جغرافیایی به‌طور جداگانه و با به‌کارگیری نقشه مدل رقومی ارتفاع کشور در محیط GIS تهیه شد. به‌منظور تهیه نقشه پوشش گیاهی از نقشه رقومی پوشش مرتعی و نقشه رقومی پوشش جنگلی کشور که توسط مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی تهیه شده است، استفاده شد. بدین منظور در محیط نرم‌افزار ArcGIS با استفاده از روند AnalysisTools\Overlay\Union و تلفیق نقشه پوشش مرتعی با نقشه پوشش جنگلی، نقشه پوشش گیاهی کشور حاصل شد. در نقشه‌های پوشش مرتعی، جنگلی و نقشه نهائی پوشش به‌علت تعدد طبقات در راهنمای نقشه‌های ارائه شده، تقسیمات گیاهی مشخص نشده است.

نتایج و بحث

برای افزایش تمایز بین مجموعه متغیرهای (مانند دما، باد و بارش) هر یک از مؤلفه‌ها، از دوران استفاده شد. مقدار و نوع دوران با بررسی آرایش مکانی مقادیر مؤلفه‌ها به‌دست آمد. محورهای مؤلفه‌ها را باید آن‌قدر

می‌رود. اما اگر مقصود تشخیص متغیرهای پنهانی باشد که در واریانس مشترک مجموعه‌ای از متغیرهای مورد اندازه‌گیری سهیم است، تحلیل عاملی^۱ را که تلاش می‌کند، واریانس یگانه را از تحلیل خارج کند، به‌کار گرفته می‌شود.

خوشه‌بندی نظارت نشده^۲: ابزار ایزوکلستر یا تحلیل‌گر مکانی روش اصلاح شده خوشه‌بندی بهینه را به‌کار می‌برد که به‌عنوان روش میانگین متحرک شناخته شده است. این الگوریتم همه سلول‌ها را به چند گروه مجزای همگن مشخص شده توسط کاربر تقسیم می‌کند که در فضای چند بعدی از باندهای ورودی قرار دارند. این ابزار اغلب در طبقه‌بندی نظارت نشده استفاده می‌شود. پیشوند ایزوی الگوریتم خوشه‌بندی، مخفف روش خود سازماندهی تکرار شونده اجرای خوشه‌بندی است. این نوع خوشه‌بندی از فرایندی استفاده می‌کند که در آن، در هر تکرار، تمام نمونه‌ها به مراکز خوشه‌های موجود و میانگین‌های جدیدی اختصاص داده می‌شوند که برای هر طبقه محاسبه می‌شوند. تعداد مطلوب طبقه‌ها معمولاً نامعلوم است. بنابراین، توصیه می‌شود که وارد کردن تعداد زیاد خوشه‌ها با احتیاط صورت گیرد (تجزیه و تحلیل خوشه انجام شود و تابع با تعدادی از طبقه‌های کمتر تکرار شود).

ایزوکلستر (تحلیل‌گر مکانی): از یک الگوریتم خوشه‌بندی برای تعیین خصوصیات گروه‌بندی‌های طبیعی سلول‌ها در فضای توصیفی چند بعدی و ذخیره نتایج در یک فایل خروجی اسکی استفاده می‌شود. ایزوکلستر خوشه‌بندی داده‌های چند متغیره‌ای را اجرا می‌کند که حاوی لیستی از باندهای ورودی هستند. پنج فایل شناسایی^۳ حاصله می‌تواند به‌عنوان ورودی برای ابزار طبقه‌بندی به‌کار رود، از جمله برای طبقه‌بندی حداکثر احتمال، که یک نقشه رستری با طبقه‌بندی نظارت نشده را تولید می‌کند. کمترین عدد معتبر برای تعداد طبقه‌ها عدد دو است. برای تعداد خوشه‌ها حداکثری وجود ندارد. به‌طور کلی، خوشه‌های بیشتر، نیازمند تکرار بیشتری هستند.

¹ Factor Analysis

² Iso Cluster Unsupervised Classification

³ Signature file

⁴ DEM (Digital Elevation Models)

معکوس، بیشترین سهم را در تبیین کل تغییرات داشته‌اند.

مؤلفه رطوبت: این مؤلفه نیز به تنهایی ۲۶/۱۴ درصد از واریانس کل را بیان می‌کند. به‌همین علت عامل فوق به‌نام عامل رطوبت نامگذاری شد. متغیرهای معدل ماهانه، فصلی، سالانه و ساعتی رطوبت نسبی با ضرایب بیش از ۹۲ درصد با رابطه مستقیم و تبخیر ماهانه و فصلی با ضرایب بیش از ۷۱- درصد و رابطه معکوس، بیشترین سهم را در تبیین کل تغییرات داشته‌اند.

مؤلفه بارش: این مؤلفه ۱۶/۶ درصد از کل واریانس را بیان می‌کند. بررسی مقادیر بار مؤلفه نشان می‌دهد که متغیرهای معدل ماهانه بارش، معدل فصلی بارش، روزهای بارش با بارش بیش از ۱۰ میلی‌متر و بارش مؤثر با ضرایب بزرگ‌تر از ۰/۸۷ درصد با رابطه مستقیم و متغیر معدل ساعات آفتابی ماهانه با ضرایب بیش از ۰/۶۱- و رابطه معکوس، بیشترین سهم را در تبیین کل تغییرات داشته‌اند. عوامل چهارم تا چهاردهم مجموعاً ۱۹/۸ درصد از واریانس را بیان می‌کنند.

ماتریس دیگری که در نتیجه تحلیل مؤلفه‌های اصلی و چرخش واری‌ماکس حاصل شد، ماتریس بار عاملی است. این ماتریس میزان همبستگی بین متغیرها و عوامل را بیان می‌کند. به‌منظور نام‌گذاری عوامل، مقادیر بار عاملی که در واقع ضرایب همبستگی بین عوامل و متغیرها هستند، ابتدا بر حسب قدرمطلقشان مرتب شده و سپس مقادیر بیش از $\pm 0/6$ انتخاب و بقیه حذف شدند (جدول ۳).

طبقه‌بندی اقلیمی حاصل از خوشه‌بندی، چون فقط ایستگاه‌های هواشناسی کشور را طبقه‌بندی می‌نماید، نمی‌تواند به‌عنوان مبنای پهنه‌بندی بوم اقلیمی کشور استفاده شود. به‌همین دلیل، سه مؤلفه اول که بعد از انجام تحلیل و دوران متغیرهای اولیه (۲۶۹×۵۱)، حاصل شدند (مؤلفه‌های حرارتی، رطوبتی و بارشی)، پس از انجام بررسی‌های مقایسه‌ای و تعیین مقادیر خطای روش‌های مختلف میان‌یابی در محیط نرم‌افزار ArcGIS، با توجه به حصول کمترین مقادیر خطا در روش کریجینگ و با استفاده از این روش به‌عنوان شیوه مناسب میان‌یابی، به نقشه‌های رستری تبدیل شدند.

دوران داد تا میزان تمایز میان مقادیر روی هر یک از محورها به بیشترین مقدار برسد. به‌کارگیری تکنیک مؤلفه‌های مبنای سبب شد که ماتریس مجموع متغیرهای اولیه (۲۶۹×۵۱)، بعد از انجام تحلیل و دوران مؤلفه‌ها به‌روش چرخش واری‌ماکس^۱، به ۱۴ مؤلفه با مقادیر ویژه بیش از یک تقلیل یابد که حدود ۹۶/۴ درصد از واریانس کل را توجیه می‌کنند (درصد واریانس هر یک از مؤلفه‌ها در جدول ۲ آمده است). این موضوع بدان معناست که حدود ۳/۶ درصد از کل واریانس، بیان نشده است که می‌توانست با بررسی متغیرهای اضافی در هر دو زمینه اقلیمی و غیراقلیمی افزایش یابد.

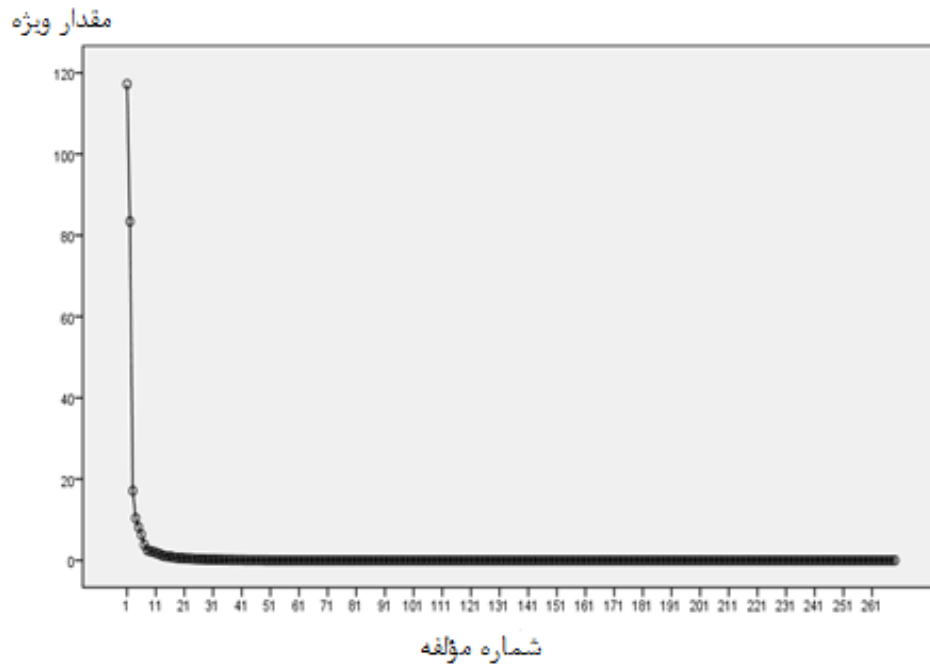
به‌منظور اطمینان از تعداد مؤلفه‌های استخراجی از آزمون صخره‌ای^۲ استفاده شد (شکل ۲). این شکل نشان می‌دهد که مؤلفه اول نسبت به مؤلفه دوم بیشترین شیب را دارد و مؤلفه دوم نسبت به مؤلفه سوم نیز به همین ترتیب، سپس شیب کمتر شده و از عامل هشتم به بعد، تقریباً افقی شده است. اما با توجه به این که سه مؤلفه اولیه بیشترین تأثیر را در تبیین شرایط اقلیمی کشور دارند، مبنای تجزیه و تحلیل‌های بعدی قرار می‌گیرند (جدول ۲).

بدین ترتیب از سه مؤلفه اول، جهت ترسیم نقشه‌های پهنه‌بندی بوم اقلیمی و همچنین، به‌عنوان داده‌های اولیه جهت آنالیز خوشه‌ای استفاده شد. با توجه به آن که میزان همبستگی یافته‌ها و ارتباط درونی متغیرها چنان که در حول یک مؤلفه تجمع پیدا کنند، به‌صورت ارتباط مثبت و بالعکس به‌صورت ارتباط منفی متجلی می‌شود، لذا بر این اساس نیز می‌توان مؤلفه‌ها را نیز نام‌گذاری نمود. مؤلفه‌هایی که در این راستا استخراج شدند، به قرار زیر هستند.

مؤلفه حرارت: این مؤلفه به تنهایی ۳۳/۸۶ درصد از کل واریانس را توضیح می‌دهد و مهمترین مؤلفه است. متغیرهای درجه روز رشد، معدل دمای ماهانه، معدل حداقل دمای ماهانه و حداقل مطلق ماهانه دما به‌ترتیب با ضرایب بیش از ۹۶ درصد با رابطه مستقیم و متغیرهای تعداد روزهای توام با یخبندان ماهانه، فصلی و سالانه با ضرایب بیش از ۹۳- درصد و رابطه

^۱ Varimax Rotation

^۲ Scree Plot



شکل ۲- نمودار صخره‌های متغیرهای اقلیمی

جدول ۲- مجموع واریانس توضیح داده شده پس از دوران مؤلفه‌ها (خروجی نرم‌افزار SPSS17)

مؤلفه	مجموع مربعات دوران یافته وزن عاملی ^۲			مجموع مربعات استخراج شده وزن عاملی ^۱		
	درصد تجمعی	درصد واریانس	جمع کل	درصد تجمعی	درصد واریانس	جمع کل
۱	۳۳/۸۶	۳۳/۸۶	۹۱/۰۸	۴۳/۵۷	۴۳/۵۷	۱۱۷/۲۱
۲	۵۹/۹۹	۲۶/۱۴	۷۰/۳۱	۷۴/۵۸	۳۱/۰۱	۸۳/۴۱
۳	۷۶/۵۹	۱۶/۵۹	۴۴/۶۳	۸۰/۹۴	۶/۳۶	۱۷/۱۱
۴	۸۱/۶۶	۵/۰۷	۱۳/۶۴	۸۴/۸۰	۳/۸۶	۱۰/۳۸
۵	۸۵/۷۷	۴/۱۱	۱۱/۰۷	۸۷/۸۴	۳/۰۴	۸/۱۸
۶	۸۸/۰۵	۲/۲۸	۶/۱۳	۹۰/۱۹	۲/۳۵	۶/۳۲
۷	۸۹/۵۰	۱/۴۴	۳/۸۹	۹۱/۶۲	۱/۴۳	۳/۸۵
۸	۹۰/۷۸	۱/۲۸	۳/۴۵	۹۲/۵۷	۰/۹۵	۲/۵۵
۹	۹۰/۰۶	۱/۲۸	۳/۴۴	۹۳/۴۲	۰/۸۵	۲/۲۹
۱۰	۹۳/۱۷	۱/۱۱	۲/۹۹	۹۴/۲۰	۰/۷۹	۲/۱۱
۱۱	۹۴/۲۴	۱/۰۷	۲/۸۷	۹۴/۹۱	۰/۷۱	۱/۹۰
۱۲	۹۵/۰۸	۰/۸۵	۲/۲۸	۹۵/۵۲	۰/۶۱	۱/۶۴
۱۳	۹۵/۸۸	۰/۸۰	۲/۱۴	۹۶/۰۱	۰/۴۹	۱/۳۲
۱۴	۹۶/۴۰	۰/۵۲	۱/۴۰	۹۶/۴۰	۰/۳۹	۱/۰۶

^۱ Extraction Sums of Squared Loadings

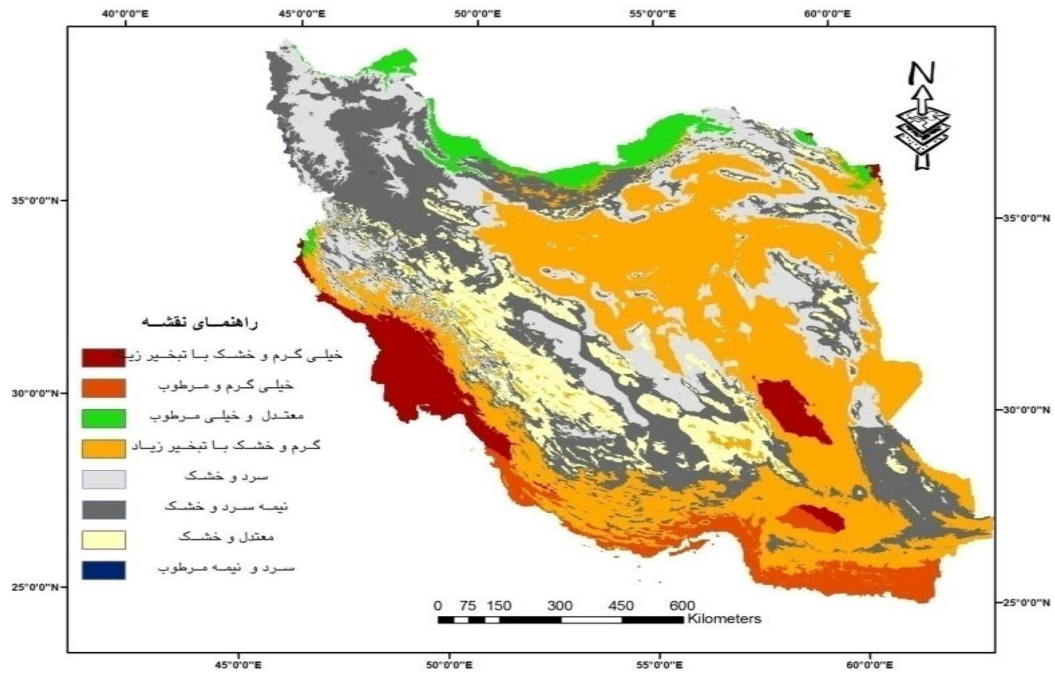
^۲ Rotation Sums of Squared Loadings

جدول ۳- ماتریس بار عاملی دوران یافته

عامل اول: حرارتی	عامل دوم: رطوبتی	عامل سوم: بارشی
درجه روز رشد	۰/۹۸۴	معدل رطوبت نسبی بهار
معدل دمای اکتبر	۰/۹۸۲	معدل رطوبت نسبی ژوئن
معدل دمای کمینه می	۰/۹۷۶	معدل رطوبت نسبی می
معدل دمای کمینه بهار	۰/۹۷۳	رطوبت نسبی ساعت ۳ ژوئن
معدل دمای پائیز	۰/۹۷۳	معدل رطوبت نسبی اکتبر
معدل دمای زمستان	۰/۹۶۸	رطوبت نسبی ساعت ۳ ژوئیه
معدل دمای نوامبر	۰/۹۶۸	رطوبت نسبی ساعت ۱۵ می
معدل دمای فوریه	۰/۹۶۸	معدل رطوبت نسبی ژوئیه
معدل دمای سپتامبر	۰/۹۶۶	معدل رطوبت نسبی تابستان
معدل دمای کمینه آوریل	۰/۹۶۵	رطوبت نسبی ساعت ۳ اوت
معدل دمای کمینه ژوئن	۰/۹۶۴	رطوبت نسبی ساعت ۳ سپتامبر
معدل دمای کمینه تابستان	۰/۹۶۴	معدل رطوبت نسبی سپتامبر
معدل دمای کمینه ژوئیه	۰/۹۶۳	معدل رطوبت نسبی اوت
پائین‌ترین دمای ژوئن	۰/۹۶۲	رطوبت نسبی ساعت ۹ می
تعداد روزهای یخبندان مارس	-۰/۸۹۳	تبخیر و تعرق پتانسیل می
تعداد روزهای یخبندان پائیز	-۰/۹۰۹	تبخیر و تعرق پتانسیل بهار
تعداد روزهای یخبندان دسامبر	-۰/۹۱۷	تبخیر و تعرق پتانسیل سپتامبر
تعداد روزهای یخبندان ژانویه	-۰/۹۱۹	تبخیر و تعرق پتانسیل اوت
تعداد روزهای یخبندان سالانه	-۰/۹۳۷	تبخیر و تعرق پتانسیل ژوئن
تعداد روزهای یخبندان زمستان	-۰/۹۴۴	تبخیر و تعرق پتانسیل تابستان
تعداد روزهای یخبندان فوریه	-۰/۹۴۶	تبخیر و تعرق پتانسیل ژوئیه
		مجموع بارش سپتامبر
		مجموع بارش تابستان
		روزهای بارانی بیش از ۱۰ میلی‌متر سپتامبر
		مجموع بارش اوت
		روزهای بارانی بیش از ۱۰ میلی‌متر اوت
		بارش موثر اکتبر
		بارش موثر نوامبر
		مجموع بارش اکتبر
		روزهای بارانی بیش از ۱۰ میلی‌متر ژوئیه
		روزهای بارانی بیش از ۱۰ میلی‌متر اکتبر
		بیشینه بارش روزانه سپتامبر
		مجموع بارش پائیز
		مجموع بارش نوامبر
		مجموع بارش ژوئیه
		ساعات آفتابی ژوئن
		ساعات آفتابی مارس
		ساعات آفتابی آوریل
		ساعات آفتابی سپتامبر
		ساعات آفتابی می
		ساعات آفتابی اکتبر
		ساعات آفتابی بهار

پس از این که سه مؤلفه اول به نقشه تبدیل شدند، نقشه‌های رستری حاصل به‌عنوان ورودی تکنیک Iso Cluster Unsupervised Classification مورد استفاده قرار گرفته و نقشه‌های پهنه‌بندی اقلیمی مختلفی برای کشور ترسیم شد. از آنجایی که هدف اصلی این پژوهش پهنه‌بندی بوم اقلیم‌شناسی کشور می‌باشد. بنابراین، علاوه بر متغیرهای اقلیمی در این مرحله از نقشه‌های شکل زمین (ارتفاع، شیب و جهت) به‌عنوان مهمترین عوامل جغرافیایی تاثیرگذار بر توزیع و پراکنش پوشش گیاهی کشور استفاده شد. به‌همین

منظور در محیط نرم‌افزار ArcGIS با به‌کارگیری تکنیک خوشه‌بندی نظارت نشده، چندین نقشه تلفیقی با استفاده از سه نقشه مؤلفه‌های اقلیمی و نقشه‌های شکل زمین ترسیم شد. پس از بررسی نقشه‌های ترسیم شده و مقایسه تطبیقی آن‌ها با نقشه پوشش گیاهی کشور، شکل ۳ که با استفاده از دو مؤلفه اقلیمی (حرارتی و رطوبتی) به اضافه نقشه طبقات ارتفاعی کشور و با به‌کارگیری روش خوشه‌بندی نظارت نشده ترسیم شده است، به‌عنوان نقشه پهنه‌بندی بوم اقلیم‌شناسی کشور برگزیده شد.



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی بوم اقلیم‌شناسی کشور با استفاده از دو مؤلفه اقلیمی و عامل ارتفاع

جدول ۴- درصد مساحت تحت پوشش امتیازات عاملی برای هر یک از پهنه‌های بوم اقلیمی ایران

طبقات	خیلی گرم و خشک با تبخیر زیاد	خیلی گرم و مرطوب	معتدل و خیلی مرطوب	گرم و خشک با تبخیر زیاد	معتدل و خیلی مرطوب	خیلی گرم و مرطوب	سرد و نیمه مرطوب	سرد و خشک	نیمه سرد و خشک	سرد و خشک	نیمه سرد و خشک	معتدل و خشک	سرد و نیمه مرطوب
۱-۱	۲۷/۱۰	۹۶/۴۰	۰	۲۰/۲۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲-۱	۴۹/۵۱	۳/۶۰	۰	۱۳/۷۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳-۱	۲۱/۹۶	۰	۰	۱۷/۶۴	۶۵/۸۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴-۱	۱/۴۳	۰	۰	۱/۸۳	۲۱/۴۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۵-۱	۰	۰	۰	۱۹/۷۹	۱۲/۶۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱-۲	۰	۰	۳/۲۳	۳/۶۴	۰/۰۹	۳۲/۸۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲-۲	۰	۳۶/۱۸	۹/۳۸	۶/۲۱	۱/۵۸	۲۷/۸۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳-۲	۲۱/۷۶	۶۳/۸۲	۴۳/۵۸	۴۱/۸۳	۳۵/۲۰	۳۹/۲۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴-۲	۵۸/۷۴	۰	۶۵/۲۲	۱۷/۳۶	۳۵/۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۵-۲	۱۹/۵۰	۰	۶۰/۵۰	۳۰/۹۲	۲۷/۹۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
<۴۰۰	۹۹/۴۰	۹۹/۱۴	۰	۰	۵۶/۱۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
-۸۰۰	۰/۶۰	۰/۸۶	۰	۰/۱۴	۴۱/۲۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
-۱۲۰۰	۰	۰	۰/۳۰	۸/۱۷	۵۵/۷۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
-۱۶۰۰	۰	۰	۱۹/۶۸	۸۶/۸۶	۰/۱۲	۰/۵۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
-۲۰۰۰	۰	۰	۶۵/۴۰	۴/۷۵	۰	۰/۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
-۲۴۰۰	۰	۰	۹/۴۲	۰/۰۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
-۲۸۰۰	۰	۰	۳/۸۷	۰	۰/۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
-۳۲۰۰	۰	۰	۱/۲	۰	۱/۹۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
-۳۶۰۰	۰	۰	۰/۱۲	۰	۰/۶۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
-۴۰۰۰	۰	۰	۰/۰۱	۰	۰/۱۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
-۴۴۰۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
-۴۸۰۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
-۵۲۰۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
درصد مساحت هر پهنه	۵/۰۳	۴/۳۰	۳/۳۰	۳۵/۳۹	۱۷/۳۱	۲۴/۶۴	۱۰	۰/۰۲	۰	۰	۰	۰	۰

زامبیزین، زیر منطقه رویشی عمان-سندی، پرونس^۱ ایران جنوبی است. این پرونس به‌صورت کمربندی با عرض متفاوت و ارتفاع از سطح دریایی پایین، دور خلیج فارس و عمان کشیده شده است و به تیغه‌های جنوبی کوه‌های زاگرس و مکران راه می‌یابد.

تعیین دقیق خط مرزی بین فلور قلمرو عمان-سندی و ایران-تورانی در ایران بسیار دشوار است. در این پرونس شمار زیادی از جنس‌های اندمیک نظیر *Zhumaria* از خانواده *Lamiaceae* وجود دارد که در کوه‌های بندرعباس دامنه انتشار محدودی دارد (Majnonyan, ۱۹۹۸). نمونه‌هایی از گونه‌های اندمیک این پرونس شامل گونه‌های زیر است.

Diceratella canescens, *Pycnocycla nodiflora*, *Fagonia acerosa*, *F. subinermis*, *Otostegia aucheri*, *Salvia mirzayanii*, *Echinops kotschi*
پوشش گیاهی چیره این پرونس تروپیکال کویری است و شامل اجتماع گوناگونی از جمله جوامع زیر است (Majnonyan, ۱۹۹۸).

Periploca aphylla, *Amygdalus arabica*, *Euphorbia larica*, *Jaubertia aucheri*, *Euphorbia lorica*, *Convolvulus acanthocladus*, *Euphorbia larico*, *Sphaerocoma aucheri*

۳- پهنه‌های معتدل و خیلی مرطوب: این نواحی در شمال ایران با مساحتی حدود ۳/۳ درصد از کل کشور، بخش قابل توجهی از استان‌های گیلان، مازندران و گرگان را در بر می‌گیرند. از نظر شرایط اقلیمی، این ناحیه دارای آب و هوای معتدل و خیلی مرطوب می‌باشد. جدول ۳ نشان می‌دهد که بیش از ۶۶ درصد از مساحت این پهنه در طبقه سوم عامل حرارتی، یعنی نرمال به لحاظ دما و یخبندان قرار دارد. تمامی این ناحیه در طبقات دوم و سوم عامل رطوبتی، یعنی مرطوب و نرمال به لحاظ رطوبت قرار دارد. به لحاظ توزیع ارتفاعی حدود ۹۵ درصد از مساحت این پهنه، ارتفاعی کم‌تر از ۸۰۰ متر دارد.

این ناحیه پرونس هیرکانی نامیده می‌شود و در واقع جنگل‌های باستانی باقی‌مانده در جنوب‌غربی و جنوب جلگه‌های ساحلی خزر از لنکر (در جنوب شرقی ماوراء قفقاز) تا گیلان و مازندران، شیب‌های شرقی کوه‌های تالش، شیب‌های شمالی کوه‌های البرز و دنباله شرقی آن را در بر می‌گیرد.

با استناد به نقشه پهنه‌بندی بوم اقلیمی (شکل ۳) و جدول ۴ که چگونگی پراکنش مکانی امتیازات عاملی را برای هریک از پهنه‌های بوم اقلیمی نشان می‌دهند، پهنه‌های بوم اقلیمی ایران و ویژگی‌های آن‌ها در زیرتشریح می‌شود.

۱- پهنه‌های خیلی گرم و خشک با تبخیر زیاد: این نواحی در جنوب غرب ایران با مساحتی حدود پنج درصد از کل کشور بخش قابل توجهی از استان خوزستان و محدوده کوچک‌تری از کرمان و سیستان را در بر گرفته‌اند. به‌لحاظ اقلیمی این ناحیه دارای آب و هوای خیلی گرم و خشک با تبخیر زیاد است. بیش از ۷۶/۶ درصد این ناحیه در طبقات اول و دوم عامل حرارتی قرار گرفته است. به‌لحاظ عامل رطوبتی نیز بیش از ۸۰ درصد این پهنه در طبقات چهارم و پنجم عامل دوم، یعنی خشک و خیلی خشک با تبخیر زیاد قرار گرفته است. به لحاظ توزیع ارتفاعی بیش از ۹۹ درصد مساحت این پهنه، ارتفاعی کم‌تر از ۴۰۰ متر دارد.

حوضه فلورستیکی نوبو-سندی، ناحیه سودانی، قسمت اعظم استان خوزستان و بخش‌هایی از استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان دیده می‌شود. گونه‌های شاخص گیاهی در این منطقه شامل گونه‌های زیر است (Majnonyan, ۱۹۹۸).

Calotropis procera, *Hammada Salicornica*, *Gymnocarpus decander*, *Prosopis farcta*, *Platychaeta mucronifolia*, *Ziziphus nummularia*, *Ziziphus spins-christi*, *Stipa capensis*

۲- پهنه‌های خیلی گرم و مرطوب: این نواحی در کرانه جنوبی کشور به‌صورت نواری در حاشیه جنوب-جنوب شرقی با مساحتی حدود ۴/۳ از کل کشور امتداد یافته و بخش‌هایی از استان‌های سیستان و بلوچستان، هرمزگان و بوشهر را در بر گرفته‌اند.

به لحاظ اقلیمی این ناحیه دارای آب و هوای خیلی گرم و مرطوب است. تقریباً تمامی این پهنه در طبقه اول عامل حرارتی، یعنی خیلی گرم با یخبندان بسیار کم قرار گرفته است. از نظر عامل رطوبتی نیز بیش از ۳۶ درصد ناحیه مرطوب است. از نظر توزیع ارتفاعی، بیش از ۹۹ درصد مساحت این پهنه، ارتفاعی کم‌تر از ۴۰۰ متر دارد. این محدوده متعلق به پهنه رویشی پالئوتروپیک، منطقه رویشی سودانو-

^۱ Provence: یک ناحیه جغرافیایی است.

استان‌های فارس، کرمان، خوزستان، بوشهر، هرمزگان، سیستان و بلوچستان، یزد و خراسان می‌روید. گونه‌های متعلق به *Haloxylon*, *Hammada*, *Salsola*, *Hertia*, *Khazyra* خاص مناطق بیابانی هستند و گونه *Halostachys Belanqueriana* در مناطق باتلاقی شور اطراف دریاچه قم، بین زاهدان و پژمان، اطراف دریاچه سیستان و یزد می‌رویند و از گونه‌های شاخص این محدوده هستند.

۵- پهنه‌های سرد و خشک: این نواحی بخش‌های پراکنده‌ای در آذربایجان و برخی مناطق مجاور آن به‌ویژه دریاچه ارومیه، از جهت شرق به تهران و شیب‌های جنوبی بخش مرکزی کوه‌های البرز و از جمله دماوند و همچنین، مناطق مرتفع از استان‌های سمنان، خراسان و یزد را در بر می‌گیرند. این پهنه با مساحتی حدود ۱۷ درصد کل کشور از نظر شرایط اقلیمی به تبعیت از شرایط توپوگرافی (بیش از ۹۵ درصد آن در حد فاصل ارتفاع ۸۰۰ تا ۱۶۰۰ متر از سطح دریا گسترش یافته است) دارای آب و هوای سرد و خشک می‌باشد.

به لحاظ اقلیمی بیش از ۳۵ درصد این مناطق در طبقات سرد و بسیار سرد عامل حرارتی قرار گرفته‌اند. از نظر عامل رطوبتی نیز بالغ بر ۴۸ درصد از محدوده‌های مورد نظر در طبقات خشک و خیلی خشک قرار دارند. شمار زیادی از عناصر این پرونس در جنوب تا شیراز و کرمان راه یافته‌اند. این گستره بسیار شبیه به پرونس فرعی آتروپاتن یا آذربایجان از پرونس ارمنستان-ایران است. همچنین، به سمت شرق که حرکت می‌کنیم به زیر ناحیه خراسان می‌رسیم که پوشش گیاهی آن شبیه به آذربایجان است با این تفاوت که در این زیر ناحیه جنگل‌های پسته ایران به صورت وحشی دیده می‌شوند. شماری از جنس‌های اندمیک این ناحیه عبارتند از: *Elburzia*, *Kalaxia*, *Szovitsia*. به‌عنوان برخی از گونه‌های اندمیک آن می‌توان از گیاهان زیر نام برد (*Majnonyan*, ۱۹۹۸).

Delphinium charducrum, *Acanthophyllum versicolor*, *Allium akaka*, *Pistacia vera*, *Salsola cana*, *Atropatenia rostrata*, *Papaver bipinnatum*, *Acanthophyllum bungai*

پاره‌ای از اجتماعات محدود شده آن در جهت کوه بجنورد نیز دیده می‌شود. پرونس هیرکانی یکی از متمایزترین و مشخص‌ترین پرونس‌های منطقه ایران-تورانی است. پرونس هیرکانی یک جزیره باستانی باقی‌مانده از جنگل‌های مزوفیل قدیمی از فلور (ترتیبیاری دوران سوم) است. گونه‌های آندمیک و نیمه آندمیک پرونس هیرکانی به قرار زیرند.

Ranunculus dolosus, *Epimedium pennatum*, *Buxus hyrcana*, *Alnus subcordata*, *Cyclamen elegans*, *Populus caspica*, *Alcea hyrcana*, *Daphne rechihnger*, *Pyrus hyrcana*, *Rubus hyrcanuus*, *Ilex hyrcana*

پوشش پرونس هیرکانی عمدتاً جنگل است. در اراضی جلگه‌ای جنگل‌های ساحلی قرار دارند که ویژگی بارز آن‌ها وجود گونه‌های زیر است (*Majnonyan*, ۱۹۹۸).

Alnus subcordata, *Gleditsia caspica*, *Populus caspica*, *Pterocarya fraxinifolia*

۴- پهنه‌های گرم و خشک با تبخیر زیاد: این نواحی با مساحتی بالغ بر ۳۵ درصد از کل کشور بزرگ‌ترین پهنه بوم اقلیمی ایران می‌باشد که بخش قابل توجهی از استان‌های یزد، کرمان، سیستان و بلوچستان، اصفهان، خراسان، سمنان، قم، فارس، خراسان رضوی و جنوبی را شامل می‌شود. از نظر شرایط اقلیمی دارای آب و هوای گرم و خشک با تبخیر زیاد می‌باشد.

جدول ۴ نشان می‌دهد که ۳۳ درصد از این ناحیه در طبقات گرم و خیلی گرم عامل حرارتی قرار گرفته و بیش از ۶۳ درصد از آن در طبقه خشک با تبخیر زیاد واقع شده است. به لحاظ توزیع ارتفاعی حدود ۹۷ درصد این پهنه در حد فاصل ۴۰۰ تا ۱۲۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است. پرونس فرعی ایران مرکزی پوشش گیاهی این منطقه عمدتاً خاصیت کویری دارد. عرصه‌های وسیعی از آن به‌وسیله اجتماعات درمنه پوشیده شده است که متناوباً با پوشش گیاهی شور دوست و شن دوست تغییر می‌یابد. اجتماعات باقی‌مانده از گونه‌های *Amygdalus scoparia* و *Pistacia khinjuk* در این ناحیه امری عادی بوده و مشخصه بارزی برای آن به‌شمار می‌آید.

از دیگر گیاهان این ناحیه می‌توان به *Gymnocarpus decander* اشاره کرد که در

کرمان، پرونس ایران) عمدتاً مناطق جنوب‌شرقی سیستم زاگرس تا جنوب و شرق شیراز، کوه‌های یزد-کرمان را در بر می‌گیرند (Majnonyan, ۱۹۹۸). مساحت این نواحی ۱۰ درصد از کل کشور را شامل می‌شود و از نظر عامل حرارتی بیش از ۷۶ درصد از آن در طبقه نرمال حرارتی واقع شده است. به لحاظ عامل رطوبتی نیز بیش از ۸۲ درصد آن در طبقات خشک و خیلی خشک واقع شده است.

مرزهای این پرونس زیاد مشخص نیست و مخصوصاً در شمال غربی در جایی که پوشش گیاهی بینابین از فلور پرونس‌های فرعی فارس-کرمان و کردستان-زاگرس شکل می‌گیرد، این مرز کاملاً نامشخص است و در واقع ارتفاعات بین ۲۰۰۰ تا ۲۸۰۰ متر را در این نواحی در بر می‌گیرد. در میان آندمیک‌های این ناحیه جنس انحصاری و منوتیپیک *Hypericopsis persica* از همه قابل توجه‌تر است که در مناطق فارس و شیراز دیده می‌شود. علاوه بر این در این پرونس فرعی گونه *Acanthocardium erinaceum* و بسیاری دیگر از گونه‌های آندمیک نظیر *Cotoneaster persica*, *Alkana leptophylla*, می‌رویند. گونه *Zerdana anchonioides* از گونه‌های آندمیک و مشترک بین پرونس‌های فرعی فارس-کرمان و کردستان-زاگرس است. دیگر نمونه‌های شاخص آن گونه‌های زیر است (Majnonyan, ۱۹۹۸).

Juniperus excelsa sub sp. *polycarpus*,
Amygdalus wendellboio, *Olea aucheri*

۸- پهنه‌های سرد و نیمه‌مرطوب: این نواحی با مساحتی حدود ۰/۰۲ درصد از کل کشور کوچک‌ترین پهنه بوم اقلیمی ایران می‌باشد. از نظر عامل حرارتی تمامی مناطق تحت پوشش این بوم اقلیم در طبقات سرد و خیلی سرد واقع شده‌اند. به لحاظ عامل رطوبتی نیز تمامی این بوم اقلیم در طبقه نرمال رطوبتی و در محدوده ارتفاعی ۲۸۰۰ تا ۳۲۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. این طبقه بوم اقلیمی محدود به مناطق کوچکی در خراسان رضوی، خراسان شمالی و آذربایجان شرقی می‌شود. با توجه به مساحت بسیار کم طبقه و دقت نقشه پوشش گیاهی که در حد جنس می‌باشد، در منابع متعدد گیاه‌شناسی گونه شاخصی برای این پهنه مشخص نشده و عمده

۶- پهنه‌های نیمه‌سرد و خشک: این نواحی با مساحتی بالغ بر ۲۴ درصد از کل کشور، دومین گستره وسیع بوم اقلیمی ایران را شامل می‌شوند که عمدتاً در محدوده ارتفاعی بین ۱۲۰۰ تا ۲۰۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته‌اند. به لحاظ عامل حرارتی این نواحی در طبقات گرم تا خیلی سرد با یخبندان بسیار زیاد گسترش یافته‌اند. از نظر عامل رطوبتی نیز حدود ۴۴ درصد این نواحی در طبقات خشک و خیلی خشک واقع شده‌اند. در واقع عمدتاً جنگل‌های زاگرس را در بر می‌گیرند و قابل مقایسه با پرونس فرعی که کردستان-زاگرس است و با پرونس فرعی وجوه اشتراک زیادی دارد.

در ایران این پرونس، شمال‌غربی و بخش‌های مرکزی سیستم زاگرس (شمال کردستان ایران و بخش‌هایی از آذربایجان ایران) و به‌طرف جنوب تا تقریباً عرض جغرافیایی روستاهای کازرون و شیراز امتداد دارد، این پرونس از فلور غنی برخوردار است و جنس‌های آندمیک زیادی را نظیر *Alrawia*, *Chorianta Zeugandra*, *Brossadia* در خود جای داده است. اجتماعات گیاهی باستانی (رلیک) از گونه *Zelkova carpinifoli* در آن دیده می‌شود (Majnonyan, ۱۹۹۸). مشخصه گیاهی این منطقه استپ‌های کوهستانی (به‌ویژه استپ‌های خاردار) و همین‌طور جنگل‌های بلوط (به‌ویژه جنگل‌های بلوط متشکل از *Quercus libani*, *Q. infectoria*, *Q. branti*) و انواع مختلفی از درخت‌زارهای باز است.

در واقع جنگل‌های بلوط از سردشت شروع و به‌سمت جنوب شرق در امتداد زاگرس ادامه پیدا کرده و به کازرون ختم می‌شود. در شمال زاگرس یا کردستان هر سه گونه را داریم، در قسمت‌های جنوبی‌تر فقط گونه *Q. branti* را داریم. در غرب ایران در بالای جنگل‌های بلوط گونه ارس یا *Juniperus excelsa* دیده می‌شود. در جایی که این جنگل‌ها تخریب شده‌اند، گونه *Daphne mucrunata* به‌صورت مهاجم درآمده است که به همراه *Cirsium congestum* و گونه‌های خشبی از زیر جنس *Tragacantha* دیده می‌شوند.

۷- پهنه‌های معتدل و خشک: این نواحی تحت عنوان پرونس فرعی فارس-کرمان (منطقه فارس-)

تغییرات عناصر اقلیمی در مقیاس کوچکی تفاوت زیاد دارند، می‌باشد.

از جمله دیگر نتایج این پژوهش ترسیم چندین نقشه تلفیقی با استفاده از سه نقشه مؤلفه‌های اقلیمی و نقشه‌های شکل زمین در محیط نرم‌افزار ArcGIS با به‌کارگیری تکنیک خوشه‌بندی نظارت نشده بود. بدین لحاظ نیز نتایج این تحقیق با کار Godfrey (۲۰۰۰) که به‌منظور بررسی کارایی روش‌های آماری و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی اقدام به پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی ایالت آیداهو امریکا نمود، هم‌خوانی دارد. زیرا Godfrey معتقد است که استفاده از روش‌های چندمتغیره و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی قادر به شناسایی و تفکیک پهنه‌های همگون اقلیم کشاورزی در حد کارآمدی می‌باشد. در آخر از مهمترین دستاوردهای این پژوهش می‌توان به نقشه پهنه‌بندی بوم اقلیم‌شناسی کشور (شکل ۳) که با استفاده از دو مؤلفه اقلیمی (حرارتی و رطوبتی) به اضافه نقشه طبقات ارتفاعی کشور و با به‌کارگیری تکنیک خوشه‌بندی نظارت نشده ترسیم شد، اشاره کرد. این نقشه تا حدود زیادی با نقشه پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی ایران با روش یونسکو (Ghaffari و همکاران، ۲۰۰۴) و نقشه پهنه‌بندی اقلیمی ایران، مسکن و محیط‌های مسکونی (Kasmaiee، ۱۹۹۲) مطابقت دارد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از همکاری صمیمانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان و پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور قدردانی می‌شود.

گونه‌های موجود به اقلیم ارتفاعات تعلق دارند. شایان ذکر است که فهرست پوشش گیاهی (شامل پوشش مرتعی و جنگلی) هریک از پهنه‌های بوم اقلیمی، با به‌کارگیری نقشه پهنه‌بندی بوم اقلیم‌شناسی کشور (شکل ۳) استخراج شد.

بررسی نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که سه مؤلفه اقلیمی حرارتی، رطوبتی و بارشی به‌ترتیب بیشترین تأثیر را در تبیین شرایط اقلیمی کشور دارند. برهمین اساس سه مؤلفه حرارتی، رطوبتی و بارشی به نقشه تبدیل شده و در تهیه نقشه پهنه‌بندی اقلیمی ایران به‌عنوان نقشه‌های مینا مورد استفاده قرار گرفتند.

از دیگر نتایج این پژوهش آن است که بیشترین پهنه‌های بوم اقلیمی کشور متعلق به مناطق کم ارتفاع (پایین‌تر از ۱۲۰۰ متر) بوده و سهم پهنه‌های بوم اقلیمی مرتفع (بالتر از ۲۴۰۰ متر) بسیار ناچیز می‌باشد (جدول ۴). این نتایج با پژوهش Hassel و همکاران (۱۹۹۹) که اقلیم‌های زیستی بریتانیا و ایرلند را طبقه‌بندی کردند، هم‌خوانی دارد. در این بررسی ۸۹ متغیر اقلیمی و زیست اقلیمی معیار طبقه‌بندی قرار گرفتند. با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های مینا، ۸۹ متغیر اولیه به هفت مؤلفه تبدیل شده است. سپس نمرات مؤلفه‌ها با روش تحلیل خوشه‌ای، پهنه‌بندی و نقشه‌های مربوطه ترسیم شده است. در ادامه در هر یک از پهنه‌های به‌دست آمده پوشش گیاهی که عمدتاً گونه‌های درختی هستند، شناسایی شد. در انتها مشخص شد که بزرگ‌ترین خوشه‌ها مربوط به مناطق پایین‌دست و کم ارتفاع و کوچک‌ترین خوشه‌ها مربوط به ارتفاعات، جایی که

منابع مورد استفاده

1. Alhamed, A., S. Lakshmiarahan and D.J. Stensrud. 2002. Cluster analysis of multimodalensemble data from SAMEX. Monthly Weather Review, 130: 226-256.
2. Bradaranrad, R. 1999. Climatic zonation using GIS, case study: North West of Iran. MSc thesis, field of Agricultural Meteorology. 195 pages (in Persian).
3. Cadena, C.D., K.H. Kozak, J.P. Go'mez, J.L. Parra, C.M. McCain, R.C.K. Bowie, A.C. Carnaval, C. Moritz, C. Rahbek, T.E. Roberts, N.J. Sanders, C.J. Schneider, J. VanDer Wal, K.R. Zamudio and C.H. Graham. 2012. Latitude, elevational climatic zonation and speciation in New World vertebrates. Proceedings of the Royal Society, 297: 194-201.
4. Compagnucci, R., D. Araneo and P. Canzianipo. 2001. Principal sequence pattern analysis: a new approach to classifying the evolution of atmospheric systems. International Journal of Climatology, 21: 197-217.

5. Esmailnejhad, M., M. Salighe and F. Barimani. 2008. Climatic zonation of Sistan and Baluchestan. *Geography and Development*, 6(12): 101-116 (in Persian).
6. Ghaffari, A.A., V.R. Ghasemiand, E. Depauo. 2004. Agroclimatical zoning (ACZ) of Iran. *Proceeding of The 8th Iranian Crop Production and Breeding Congress*: 62-73 (in Persian).
7. Godfrey, B. 2000. Agro climate Zones for Idah. [Http://insideidaho.Org/data/ICS/archive/agroclim-id-ics.gz](http://insideidaho.Org/data/ICS/archive/agroclim-id-ics.gz)
8. Hassel, J.E., A.E. Riding, T.P. Dawson and P.A. Harrison. 1999. Bioclimatic classification for Britain and Ireland http://www.Ukcip.Org.uk/pdfs/monarch/Chapter2_final.pdf.
9. Heidari, H. and B. Alijani. 1999. Climatologically classification of Iran using multivariate statistical methods. *Geographical Research*, 37: 74-57 (in Persian).
10. Huntley, B. and T. Webb. 1988. *Vegetation history. Handbook of vegetation science*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 803 pages.
11. Kamali, G.H. and A. Koochaki. 1998. Investigation of climatic condition cotton crop of the viewpoint ecology in the Khorasan province. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 1(8): 35-54 (in Persian).
12. Kasmaiee, Kh. 1992. Climatic classification of Iran for housing and residential environment. *Building and Housing Research Center*. 500 pages (in Persian).
13. Khodaghohi, M. 2005. A survey of plant bioclimatology of Zayanderood Basin. PhD Thesis. 180 pages (in Persian).
14. Khosravi, M. and P. Mahmoudi. 2011. Climate zoning of West and Northwest Iran the approach road pavement management. *Journal of the Geographic Space*, 33: 1-25 (in Persian).
15. Main Sabir, H. and L. Seungho. 2009. A classification of rainfall regions in Pakistan. *Journal of the Korean Geographical Society*, 44(5): 605-623.
16. Makhdom, M. 1993. *Fundamental of land use planning*. Tehran, University of Tehran. 289 pages (in Persian).
17. Masoodian, S.A. 2003. Climatological regions of Iran. *Geography and Development*, 2: 171-184 (in Persian).
18. Majnonyan, H. 1998. *Phytogeography of Iran (application of the phytogeography in protection)*. Environmental Protection organization, Tehran. 222 pages (in Persian).
19. Mohammadi, H., A.A. Zynanloand A.A. Roushan. 2008. Modeling adaptation of olive (*Olea europaea* L.) in Iran. *Geographical Research*, 64: 37-51 (in Persian).
20. Philip, A. 2008. Comparison of principal component and cluster analysis for classifying circulation pattern sequences for the European domain. *Institute for Geography, University of Augsburg, Germany*.
21. Rahnemai, M. 2009. *Spatial potentials of Iran. Urban planning and architecture research center ministry of Housing and Urban Development*. 368 pages (in Persian).
22. Ramos, M.C. 2001. Divisive and hierarchical clustering techniques to analyze variability of rainfall distribution patterns in a Mediterranean region. *Journal of Hydrology*, 57: 123-138.
23. Raziie, T. and Gh. Azizi. 2009. Delineation of homogeneous Precipitation sub-regions in Western Iran. 20(34): 65-86 (in Persian).
24. Stiner, A. 1965. Multivariate statistical approach to climatic classification. *Tidschrift van het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig genootschap*, 82: 329-347.
25. Tklobighsh, A. 1999. Agricultural climatic regionalization of the Hamedan province using GIS with emphasis on dry wheat. MSc thesis, 210 pages (in Persian).
26. Torabi, S. and S. Jahanbakhsh. 2001. Classification of Iran climate (multivariate method). *Journal of Geographical Research, Institute of Geographic Tehran University*, 39: 39-50 (in Persian).
27. Walter, H. 1973. *Die Vegetation der Erde, in öko-physiologischer Betrachtung*. Vol. I: Die Tropischen und subtropischen Zonen. 3rd ed. Gustav-Fischer-Verlag, Jena-Stuttgart. 744 pages.
28. Woodward, F.I. and B.G. Williams. 1987. Climate and plant distribution at global and local scales. *Vegetation*, 69: 189-197.
29. Yaghmaie, L., S. Soltani and M. Khodaghohi. 2008. Effect of climatic factors on distribution of *Artemisia Sieberi* and *Artemisia aucheri* in Isfahan Province Using Multivariate Statistical Methods. *JWSS-Isfahan University of Technology*, 12(44): 359-370 (in Persian).
30. Yilmaz, V. and A. Marti. 2010. Classification of surface water quality of Kızılırmak Basin in Turkey. *Selcuk University, Eng. Arch. Faculty, Civil Eng. Department Konya*.

Ecological climate zonation of Iran

Mehran Lashanizand^{*1}, Kianfar Payamani², Shahla Ahmadi³ and Iraj Veyskarami⁴

¹ Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Lorestan, Iran and

^{2,3,4} Scientific Board, Agricultural and Natural Resources Research Center, Lorestan, Iran

Received: 25 September 2013

Accepted: 25 February 2014

Abstract

There is a very close relationship between two distributions of climate and vegetation maps. But, the relation between climate and vegetation is not clear. Therefore, the main objective of this research is to determine the effect of main climatic factors on distribution of main vegetal species and its zonation in Iran. For this purpose, 51 synoptic stations with 30-year data (1976-2005) or more were selected and their meteorological data were extracted. Using principal components techniques, 269 climatic variables were considered and the numbers of variables reduced to 14 factors with eigenvalues more than one that represent 96.4% of the total variance. The first three factors (the thermal component, moisture and precipitation, respectively) had the most influence on the climate, so, they were considered for climate zonation criteria. These three components were rasterized within ArcGIS using Kriging interpolation method. Resulted raster map was used to create the climatic zonation map by unsupervised clustering technique. Finally, ecological climate zonation map was derived using two climate parameters (temperature and humidity) and elevation map of country and by using unsupervised clustering technique. This map shows that the boundaries of ecological climate regions are mainly based on climatic (temperature and humidity) and landform factors (elevation). Another result of the research was that most ecological climatic zones were related to the low elevation areas of the country (below 1200 m) and the rate of high ecological climatic areas (above 2400 m) were very low.

Key words: Climate factor, Climate map, Clustering, Kriging, Vegetal cover

* Corresponding author: mehran.lashanizand@gmail.com