صص ۳۳-۱۹

جابه‌جایی مناطقِ اقلیمی کوپن–گایگر در فلاتِ بلوچستانِ پاکستان و چالش‌های بالقوه آن بر ایران

محمد یوسف احمدپور
دانشجوی کارشناسی ارشد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
تقی طاوسی
استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
حمید نظری پور*
استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۲۲

چکیده

سیستم‌های طبقه‌بندی اقلیم، ابزارهای مهم برای درک مشخصه‌های اقلیم یک منطقه می‌باشند. هدف اصلی این طبقه‌بندی‌ها، تعیین انواع مُدهای اقلیم و یافتن شباهت‌ها و تمایز و تغییرپذیری در الگوهای اقلیم می‌باشد. مناطق اقلیمی در معرض تهدیدات ناشی از گرمایش جهانی و تغییرات اقلیم قرار دارند. این بررسی، با هدف ارزیابی جابه‌جایی احتمالی مرزهای اقلیم در فلات بلوچستان پاکستان و اثرات بالقوه آن بر ایران بر پایه روش بهبود یافته کوپن-گایگر انجام گرفته است. داده‌های مقیاس ماهانه بارش و دما در دوره ۲۰۱۷-۱۹۰۰ از پایگاه داده دانشگاه دلاور اساس این پژوهش را شکل می‌دهند. نتایج طبقه‌بندی، بیانگر حاکمیت اقلیم‌های بیابانی گرم و سرد در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. گستره اقلیم بیابانی گرم، مناطق جنوبی و غربی است. در حالی‌که اقلیم بیابانی سرد، در مناطق شمالی و غربی نمود دارد. در دهه‌های اخیر، دامنه اقلیم بیابانی سرد به‌طور محسوس کاهش داشته و از حدود ۶۵-۵۵ به حدود ۵۵-۵۰ درصد رسیده است. در مقابل، دامنه اقلیم بیابانی گرم در پاسخ به این شرایط، افزایش و از حدود ۴۵-۳۵ به حدود ۵۰-۴۵ درصد رسیده است؛ بنابراین، دامنه اقلیم بیابانی گرم در دهه‌های اخیر با روند افزایشی سبب محدود شدن اقلیم بیابانی سرد گردیده و پیش‌بینی می‌شود این شرایط در آینده نیز تداوم داشته باشد. این شرایط سبب کاهش کیفیت محیط و منابع به‌ویژه در سرزمین‌های هم‌جوار با ایران شده و می‌تواند چالش‌های مهم از قبیل مهاجرت‌های اقلیمی، امنیت مرز و سلامت را در برداشته باشد. نتایج این بررسی می‌تواند سهم قابل‌توجهی در اتخاذ سیاست‌های آینده نگرانه برای رویارویی با اثرات و چالش‌های تغییر اقلیم منطقه مورد مطالعه بر روی مناطق مرزی ایران ایفا کند.

واژگان کلیدی: **تغییر اقلیم، سیستم طبقه‌بندی اقلیم، مهاجران اقلیمی، امنیت، دامنه تغییرات.**

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۹۴۹۸۹۰۷ Email: h.climatologist@yahoo.com

مقدمه

طبقه‌بندی اقلیم، روش‌هایی هستند که برای شناسایی نوع اقلیم و تغییرپذیری زمانی و فضایی آن مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ به عبارت دیگر، طبقه‌بندی اقلیم با هدف تعیین انواع مُدهای اقلیم و یافتن شباهت‌ها و تمایز در الگوهای اقلیمی موجود در مناطق مختلف جهان می‌باشد(ینگ و همکاران، ۲۰۱۲). طبقه‌بندی اقلیم، ترکیب‌بندی سیستم‌هایی برای تشخیص، آشکارسازی و خلاصه‌سازی شباهت‌های اقلیم‌ها و تمایزهای بین نواحی جغرافیایی به‌منظور تقویت درک علمی از اقلیم تعریف می‌گردد(استرن و همکاران،۲۰۰۰). اهمیت علمی و کاربردی طبقه‌بندی اقلیم در درک مکانیسم‌های تأثیرگذار بر اقلیم و ارزیابی پتانسیل‌های اقلیمی و جنبه‌هایی از به‌کارگیری آن‌ها در مناطق مختلف زمین است(عدنان و همکاران، ۲۰۱۷). فرض‌های طبقه‌بندی اقلیم، از یک‌سو، شناسایی مناطقی با الگوهای اقلیمی متمایز است و از سوی دیگر، این امکان را فراهم می‌آورد که شباهت‌های اقلیمی را در قسمت‌های مختلف جهان بیابیم(بِک و همکاران، ۲۰۰۵). سیستم‌های طبقه‌بندی اقلیم در اعتبارسنجی مدل‌های اقلیمی، مطالعات تغییر اقلیم و تعریف مناطق اقلیمی کشاورزی کاربرد دارد (چان و همکاران، ۲۰۱۶).

طبقه‌بندی و منطقه بندی اقلیم، همواره مورد توجه اقلیم شناسان قرار داشته و سبب توسعه و گسترش رویکردهای مختلف برای طبقه‌بندی اقلیم شده است. به‌طور کلی، رویکردهای طبقه‌بندی اقلیم به سه گروه سیستم‌های طبقه‌بندی ژنتیک[1]، توصیفی و کاربردی تقسیم می‌گردند. سیستم‌های طبقه‌بندی ژنیتک بر پایه قوانین طبیعی شکل‌گیری اقلیم‌ها استوار می‌باشند که نه‌تنها انواع اقلیم‌ها را پوشش می‌دهند؛ بلکه دلایل وجود الگوهای متفاوت اقلیم در مناطق مختلف را نیز توضیح می‌دهند. سیستم طبقه‌بندی استرالر[2]، یک نمونهٔ شناخته شده از این رده می‌باشد که در آن اقلیم با توده‌های هوای اصلی که آن‌ها را ایجاد می‌کنند مرتبط دانسته می‌شود. سیستم‌های طبقه‌بندی توصیفی از آن جهت که تمایز اقلیم‌ها را با معیار عددی بیان می‌کنند در اقلیم‌شناسی بسیار رایج می‌باشند. سیستم طبقه‌بندی کوپن-گایگر[3] یک نمونه معروف از این رده است که بر اساس معیارهای دما و بارش استوار می‌باشد. گروه سوم، جنبه‌ای از طبقه‌بندی اقلیم را شامل می‌شوند که برای استفاده در کشاورزی، صنعت، ساختمان، خدمات بهداشت عمومی و غیره توسعه یافته‌اند که به طبقه‌بندی‌های کاربردی معروف می‌باشند. سیستم طبقه‌بندی تُرنت‌ویت از این رده است که در آن، گروه‌های اقلیم بر اساس نیازهای آبی تعیین می‌گردند.

ما بایستی این واقعیت را بپذیریم که کلیه طبقه‌بندی‌ها، ساختگی می‌باشند تا بتوانیم از طریق آن‌ها به یک ساختارِ پیوستهٔ پیچیده یک مرز تحمیل کنیم. در نتیجه، بسیاری از طبقه‌بندی‌ها ذهنی می‌باشند. در حقیقت، طبقه‌بندی بیشتر زائیدهٔ نبوغ انسان است تا پدیدهٔ طبیعی(بکر و همکاران، ۲۰۱۰). در طبقه‌بندی‌های اقلیم ما با مشکلات دیگری نیز روبه‌رو هستیم که ناشی از عدم کفایت داده‌های اقلیمی موجود هم از نظر پوشش فضایی و هم از نظر مدت و قابلیت

1. Genetic
2. Strahler
3. Köppen-Geiger

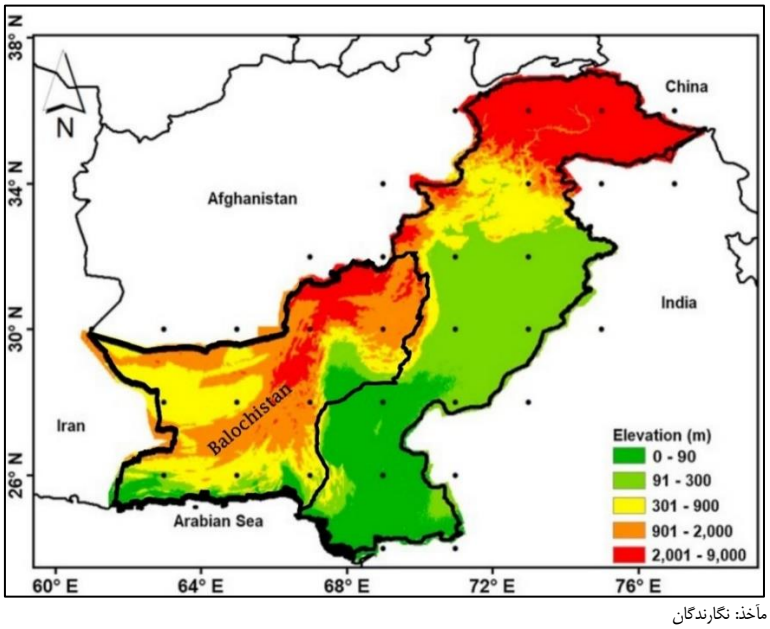
اطمینان می‌باشد. اقلیم نیز یک سامانه پویا است؛ بنابراین، نوسان می‌کند و در طول زمان متفاوت خواهد بود. البته این بدان معنی است که مرزهای اقلیمی ما نیز در نوسان خواهد بود(چان و همکاران، ۲۰۱۶). از مهم‌ترین، معتبرترین و مرسوم‌ترین رویکردهای طبقه‌بندی اقلیم، می‌توان به دو روش کوپن (۱۹۳۶) و تورنت‌ویت (۱۹۴۸) اشاره کرد(پیل و همکاران، ۲۰۰۷). اگر چه روش طبقه‌بندی اقلیمی تورنت‌ویت (۱۹۴۸) از اعتبار علمی بسیار بالایی برخوردار است؛ ولی روش طبقه‌بندی کوپن همچنان به‌عنوان پُرطرفدارترین روش طبقه‌بندی اقلیم مورداستفاده قرار می‌گیرد. سیستم طبقه‌بندی کوپن–گایگر از مناطق آب و هوایی به‌شدت در اقلیم‌شناسی (لارسن و همکاران، ۲۰۱۴) مورد استفاده قرار می‌گیرد. مطالعات تغییر اقلیم و دامنه وسیعی از کاربردهای مربوط زیست سپهر و آب سپهر از آن جمله هستند (کلیدن و همکاران، ۲۰۰۰؛ وانگ و اورلند، ۲۰۰۴؛ پیل و همکاران، ۲۰۰۷). این مدل، اساساً دمای هوا و بارش را به توزیع پوشش گیاهی طبیعی ارتباط می‌دهد؛ با این فرض که پوشش گیاهی طبیعی بهترین بیان از اقلیم در یک منطقه است (گالاردو و همکاران، ۲۰۱۳). سیستم طبقه‌بندی اقلیمی کوپن–گایگر در مکان‌های مختلف و با اهداف متعددی مورد استفاده قرار گرفته است. به‌عنوان مثال در کشورهای اروپایی(دکاسترو و همکاران، ۲۰۰۷)، در چین(کیم و همکاران، ۲۰۰۸)، در برزیل(آلوارس و همکاران،۲۰۱۳)، در کل دنیا(پیل و همکاران، ۲۰۰۷)، در ایران(رضیئی، ۱۳۹۶) و در زمینه‌های هواشناسی کشاورزی(رولیم؛ آپارسیدو، ۲۰۱۶)، جغرافیا(پترسن و همکاران، ۲۰۱۲) و اقلیم‌شناسی(روحلی؛ وگا، ۲۰۱۲) از این قبیل هستند. تغییرات اقلیمی می‌تواند باعث افزایش و یا کاهش گستره یک منطقه اقلیمی و در نتیجه جابه‌جایی مناطق اقلیمی شود و تنش‌هایی را در جوامع انسانی،گیاهی و جانوری آن مناطق پدید آورد (چن و چن، ۲۰۱۳؛ وانگ و اورلند، ۲۰۰۴). با توجه به این‌که در روش طبقه‌بندی کوپن–گایگر، از ترکیب دو متغیر اقلیمی مهم دما و بارش استفاده شده است، دانشمندان زیادی در سال‌های گذشته از این رویکرد برای بررسی امکان جابه‌جایی مناطق اقلیمی در اثر گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی استفاده کرده‌اند. به‌عنوان مثال، گوتر و کوتزباخ(۱۹۹۰)، لومان و همکاران(۱۹۹۳)، فریدریش و همکاران(۲۰۰۱) و دی‌کاسترو و همکاران(۲۰۰۷) از این رویکرد طبقه‌بندی برای ارزیابی مدل‌های اقلیمی در شبیه‌سازی گرمایش جهانی استفاده کرده‌اند. کلیدن و همکاران(۲۰۰۰) نیز با روش طبقه‌بندی کوپن و شبیه‌سازی مدل‌های اقلیمی، اثر تغییرات پوشش گیاهی در اقلیم جهانی را بررسی و ارزیابی کردند.

شناخت اقلیم نواحی پیرامونی مرزهای سرزمینی همواره موضوع بسیار مهم بوده است. فلات بلوچستان پاکستان، سرزمینی پهناور در هم‌جواری جنوب شرقی ایران است. شناخت اقلیم این سرزمین پهناور می‌تواند به دانش ما دربارهٔ سرزمین‌های پیرامونی خود بیفزاید؛ بنابراین انگیزه اصلی این پژوهش، ضمن شناخت اقلیم‌های حاکم بر بلوچستان پاکستان، تعیین گستره‌های مکانی آن‌ها و بررسی میزان جابه‌جایی مرزهای اقلیم در پاسخ به افزایش دمای جهانی می‌باشد. نتایج این بررسی می‌تواند سهم قابل‌توجهی در اتخاذ سیاست‌های آینده‌نگرانه برای رویارویی با اثرات و چالش‌های تغییرات اقلیم منطقه مورد بر روی مناطق مرزی ایران ایفا کند.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

بلوچستان، یکی از چهار استان کشور پاکستان است. این منطقه، از نظر مساحت، وسیع‌ترین استان پاکستان می‌باشد که در جوار سرزمین ایران قرار دارد و بخش جنوب غربی کشور پاکستان را شامل می‌شود(شکل۱) و بیش از ۴۳ درصد از مساحت کشور پاکستان را پوشش می‌دهد. این قلمرو بیش از ۱۲ میلیون نفر جمعیت دارد که قریب به ۶ درصد از جمعیت کشور پاکستان را شامل می‌شود. این منطقه، کم جمعیت‌ترین بخش کشور پاکستان است. گروه‌های قومی اصلی این استان شامل بلوچ‌ها و پشتون‌ها می‌باشند. این منطقه، به‌شدت توسعه‌نیافته است و اقتصاد آن بر پایه منابع طبیعی به‌ویژه میدان‌های گاز طبیعی می‌باشد. از لحاظ شرایط ناهمواری، بخش‌های شرقی و جنوبی آن سرزمین‌های پست و هموار بوده و بخش‌های شمال شرقی آن را ارتفاعات شکل داده‌اند(شکل۱). اقلیم ارتفاعات آن با زمستان‌های بسیار سرد و تابستان‌های گرم مشخص می‌گردد. با کاهش عرض جغرافیایی به‌سوی سرزمین‌های پست‌تر، سختی زمستان نیز تعدیل می‌گردد. به‌گونه‌ای که در دشت‌های مرکزی و سواحل، دمای زمستان هرگز به ریز نقطه انجماد اُفت نمی‌کند. تابستان‌ها به‌ویژه در مناطق خشک آن، داغ و خشک است. دشت‌ها نیز در فصل تابستان بسیار گرم می‌باشند و دمای آن‌ها به ۵۰ درجه سلسیوس می‌رسد. اقلیم بیابانی این سرزمین با شرایط گرم و بسیار خشک مشخص می‌گردد و گاهی اوقات طوفان‌های شدید باد، شرایط را سخت می‌نماید. متوسط بارندگی سالانه در بلوچستان بین ۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر متغیر است. بیشینه میزان بارندگی در مناطق شمال شرقی با متوسط سالانه ۲۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر است. بارندگی در مناطق جنوبی و شرقی کاهش می‌یابد. میزان تبخیر از میزان بارندگی بالاتر بوده و به‌طور کلی بین ۱۸۳۰ تا ۱۹۳۰ میلی‌متر در سال تغییر می‌کند(شمشاد، ۱۹۸۸).

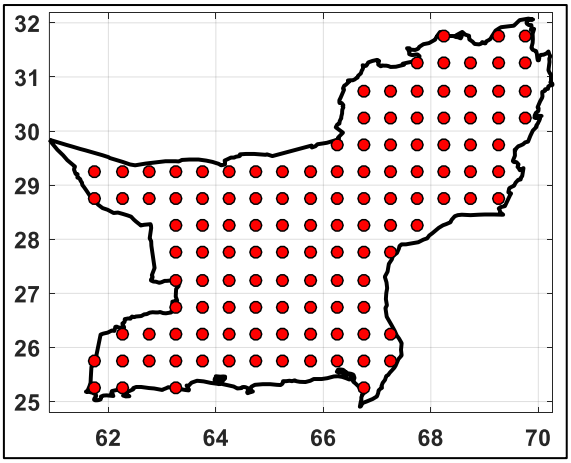


مآخذ: نگارندگان

شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و شرایط توپوگرافی منطقه مورد مطالعه

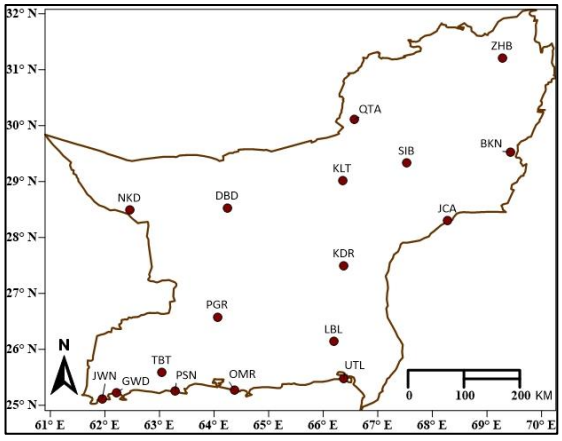
داده‌ها

داده‌های این پژوهش از لحاظ ماهیت ایجادی به دو دسته تقسیم می‌گردند. دسته اول بر پایه ایستگاه‌های هواشناسی است. مقیاس این داده‌ها، ماهانه و در دوره زمانی ۲۰۱۸– ۱۹۹۹ موجود می‌باشند. این داده‌ها از دپارتمان هواشناسی پاکستان، اخذ شده است. متغیرهای این پایگاه داده شامل دما و بارش برای ۱۷ ایستگاه هواشناسی می‌باشد. مشخصات کامل ایستگاه‌ها در جدول (۱) و توزیع فضایی آن‌ها در شکل (۳) ارائه شده است. کمبود و نبود داده در این پایگاه داده، از طریق روش‌های مرسوم شامل نسبت نرمال (یانگ، ۱۹۹۲)، رگرسیون خطی بین ایستگاه‌ها(یان و سو، ۲۰۰۹) و عکس فاصله (ستاری و همکاران، ۲۰۱۷) جبران شده است. دسته دوم از داده‌ها، شامل داده‌های شبکه‌ای می‌باشند. در میان مجموعه بسیار زیاد داده‌های شبکه‌ای دما و بارش ماهانه، پایگاه داده دانشگاه دلاور به دلیل تجربه موفق مطالعاتی(چن و چن، ۲۰۱۳؛ چان و همکاران، ۲۰۱۶) آن انتخاب شده است. پوشش فضایی این پایگاه داده، کُل دنیا را با شبکه منظم و متراکم ۰/۵ درجه عرض جغرافیایی در ۰/۵ طول جغرافیایی شامل می‌شود. پوشش زمانی این داده‌ها نیز یک دوره بسیار طولانی از ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۷ می‌باشد. البته این اطلاعات مختص نسخه به‌روز (V.5.01) از این پایگاه داده است. فرمت این داده‌ها nc. می‌باشد که در محیط نرم‌افزار متلب فراخوانی می‌شود. سپس اقدام به برش داده‌های منطقه مورد مطالعه می‌گردد. بر این اساس، منطقه مورد مطالعه شامل ۱۲۳ یاخته است (شکل ۲). این داده‌ها در بخش علوم طبیعی از آزمایشگاه تحقیقات سیستم زمین وابسته به اداره ملی جو و اقیانوس ایالات‌متحده امریکا به‌طور رایگان قابل دستیابی است.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۲: چارچوب داده‌های دانشگاه دِلاوِر برای بلوچستان پاکستان



مأخذ: نگارندگان

شکل۳: موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی در منطقه مورد مطالعه

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی در ایالت بلوچستان پاکستان

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی(شرقی)	عرض جغرافیایی(شمالی)	ارتفاع(متر)
۱	بارکهان	۶۹° ۴۳'	۲۹° ۵۳'	۱۰۹۷
۲	دالبندین	۶۴° ۲۴'	۲۸° ۵۳'	۸۴۸
۳	گوادر	۶۲° ۲۰'	۲۵° ۰۸'	۱۱
۴	جیکب آباد	۶۸° ۲۸'	۲۸° ۱۸'	۵۵
۵	جیونی	۶۱° ۴۸'	۲۵° ۰۴'	۵۶
۶	کلات	۶۶° ۳۵'	۲۹° ۰۲'	۲۰۱۵
۷	خضدار	۶۶° ۳۸'	۲۷° ۵۰'	۱۲۳۱
۸	لسبیله	۶۶° ۱۹'	۲۶° ۱۴'	۸۸
۹	نوک کندی	۶۲° ۴۵'	۲۸° ۴۹'	۶۸۲
۱۰	اورماره	۶۴° ۳۷'	۲۵° ۱۳'	۲
۱۱	پنجگور	۶۴° ۰۶'	۲۶° ۵۸'	۹۸۰
۱۲	پسنی	۶۳° ۲۹'	۲۶° ۱۶'	۴
۱۳	کویته	۶۶° ۵۷'	۳۰° ۱۱'	۱۶۲۶
۱۴	سبی	۶۷° ۵۳'	۲۹° ۳۳'	۱۳۳
۱۵	تربت	۶۳° ۰۴'	۲۵° ۵۹'	۱۵۵
۱۶	اتهل	۶۶° ۳۷'	۲۵° ۴۸'	۴۲
۱۷	ژوب	۶۹° ۲۸'	۳۱° ۲۱'	۱۴۰۵

مآخذ: نگارندگان

روش‌شناسی

سیستم طبقه‌بندی اصلاح‌شده از کوپن-گایگر، به‌عنوان سیستم مورد نظر در طبقه‌بندی اقلیم منطقه مورد مطالعه انتخاب گردیده است. در سیستم اصلاح‌شده از طبقه‌بندی کوپن- گایگر، ۳۴ طبقه از اقلیم یافت می‌شود. سه طبقه از این تعداد، قابل تحقق نمی‌باشند. طبقات اقلیم با حروف لاتین مشخص می‌شوند. تنها شش طبقه از این تعداد، دو حرفی و سایر آن سه حرفی می‌باشند. در روش طبقه‌بندی اقلیمی کوپن-گایگر، پنج اقلیم اصلی با عنوان اقلیم بارانی استوایی(A)، اقلیم خشک(B)، اقلیم معتدل بارانی(C)، اقلیم جنگلی برفی(D) و اقلیم قطبی(E) شناخته می‌شوند. این اقلیم‌ها، بر اساس بارش و دمای ماهانه، تعیین می‌گردند. لازم به یادآوری است که در این سیستم طبقه‌بندی اقلیم، یکای بارش و دما به ترتیب میلی‌متر و سلسیوس می‌باشد. سپس، هریک از آن‌ها بر اساس تغییرات فصلی بارش و دما به طبقات ریزتری تقسیم می‌شوند. اقلیم بارانی استوایی(A)، بر اساس دمای ماهانه تعیین و بر اساس تغییرات فصلی بارش به ۴ ریز مجموعه تقسیم می‌گردد و در نهایت با ترکیب دو حروف لاتین مشخص می‌گردد. اقلیم خشک(B) بر اساس بارش مشخص می‌گردد و بر اساس تغییرات فصلی بارش و دما، به ۴ ریز مجموعه تقسیم و با ترکیب سه حروف لاتین

مشخص می‌شود. اقلیم معتدل بارانی(C)، بر اساس دما تعریف می‌گردد و بر اساس تغییرات فصلی بارش و دما به ۱۲ زیرمجموعه تقسیم و با ترکیب سه حروف لاتین مشخص می‌شود. البته لازم به ذکر است که سه طبقه از این اقلیم، قابل تحقق نیست. اقلیم جنگلی برفی(D)، بر اساس دما تعیین و بر اساس تغییرات فصلی بارش و دما به ۱۲ زیر مجموعه تقسیم و با ترکیب سه حروف لاتین مشخص می‌گردد. در نهایت، اقلیم قطبی(E)، بر اساس دما تعیین و شامل دو طبقه می‌باشد. روش‌شناسی سیستم طبقه‌بندی اصلاح‌شده از کوپن-گایگر توسط (کوتک و همکاران،۲۰۰۶) توضیح داده شده است. علاوه بر آن، این روش‌شناسی توسط(رضیئی، ۱۳۹۶) تشریح شده است. اقلیم‌های مورد انتظار برای منطقه مورد مطالعه از خانواده اقلیم‌های خشک(B) و معتدل بارانی(C) است.

اعتبار داده‌های شبکه‌ای دانشگاه دلاور از طریق یک دوره مشترک ۱۵ ساله(۲۰۱۴-۲۰۰۰) با داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مورد مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفته است. داده‌های شبکه‌ای دارای ۱۴۱۶ زمان می‌باشند. مقیاس زمان، ماه می‌باشد؛ بنابراین داده‌ها برای ۱۱۸ سال موجود هستند. برای ارزیابی دقیق میزان تغییر دامنه‌های اقلیم و جابه‌جایی مرزهای اقلیمی، داده‌ها را به دوره‌های ۵سالانه[۴] تقسیم نموده و متوسط‌گیری شده است؛ بنابراین ۲۳ دوره ۵سالانه و یک دوره ۳سالانه[۵] ایجاد شده است. سپس، با استفاده از امکانات برنامه نویسی در محیط نرم‌افزار مت لب[۶]، مُدهای اقلیمی دوره‌های مزبور تعیین گردیده است. از امکانات جعبه ابزار نقشه‌نگاری[۷] نیز برای ترسیم نقشه مُدهای اقلیم منطقه مورد مطالعه استفاده شده است. سپس تغییرات دامنه اقلیم‌ها در بستر زمان و مکان محاسبه گردیده است. برای این منظور، تعداد یاخته‌ها با اقلیم یکسان در هر دوره مورد شمارش قرار گرفته است و به درصد تبدیل شده است. سپس، جهت آشکارسازی تغییرات دامنه اقلیم‌ها از برازش معادله رگرسیون خطی ساده استفاده شده است (تولارام و ایله، ۲۰۱۰). در نهایت، جهت اطمینان از پویایی اقلیم در گذر زمان، فراوانی تغییر حالت اقلیم در گستره مورد مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفته و موقعیت مکانی گستره‌های دارای تغییر تعیین گردیده است.

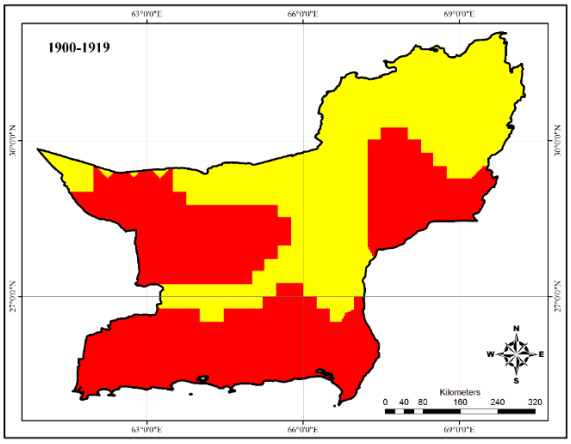
نتایج و بحث

نتایج طبقه‌بندی و منطقه بندی اقلیم منطقه مورد مطالعه بر اساس داده‌های شبکه مبنا در شکل(۴) نشان داده شده است. این نتایج برای ۲۳ دوره ۵ ساله از ۱۹۰۴-۱۹۰۰ تا ۲۰۱۴-۲۰۱۰ و یک دوره ۳ ساله ۲۰۱۷-۲۰۱۵ است. از آنجا که تعداد نقشه‌های زیاد بوده و امکان نمایش آن‌ها وجود نداشت بنابراین نقشه‌های دوره‌های ۲۰ ساله نمایش داده شده است. همان‌گونه که انتظار می‌رفت، منطقه مورد مطالعه دارای اقلیم بیابانی گرم(BWh) و بیابانی سرد(BWk) است؛ بنابراین از میان ۳۱ طبقه قابل تحقق اقلیم در سیستم کوپن-گایگر تنها دو طبقه در منطقه مورد مطالعه یافت می‌گردد. گستره اقلیم

4. Lustrum
5. Triennial
6. MATLAB
7. Mapping Toolbox

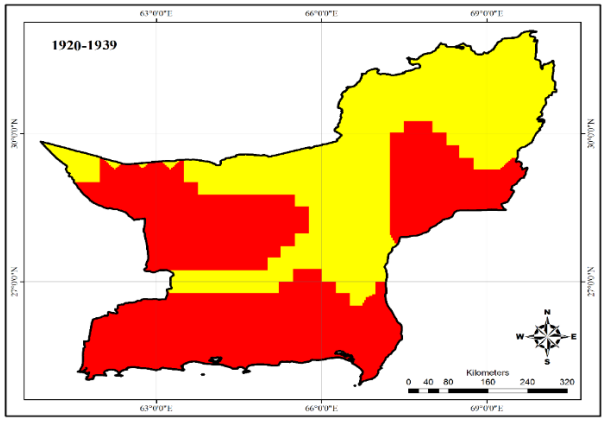
بیابانی گرم، عمدتاً بر مناطق عرض‌های جنوبی و غربی از منطقه مورد مطالعه حاکم است که شامل مناطق پست‌تر از لحاظ ناهمواری است. در سوی دیگر، اقلیم بیابانی سرد، حاکم بر مناطق شمالی و شمالی غربی می‌باشد که هم از لحاظ عرض جغرافیایی و هم از لحاظ شرایط ناهمواری ارزش‌های بالاتری دارند. به‌روشنی آشکار است که دامنه مکانی اقلیم‌های بیابانی گرم و سرد در طی یک قرن گذشته به‌طور تدریجی تغییر نموده است. از ابتدای دوره(۱۹۰۴–۱۹۰۰) تا دوره ۱۹۳۹–۱۹۳۵ گستره اقلیم بیابانی سرد رو به افزایش بوده است. اوج گستره مکانی این اقلیم در دهه ۱۹۳۹–۱۹۳۰ بوده است. از آن پس تا دوره ۱۹۸۴–۱۹۸۰ یک شرایط تقریباً ثابت مکانی را تجربه نموده است. از دوره مزبور تا به حال، گستره مکانی اقلیم بیابانی سرد رو به کاهش است. از آنجا که اقلیم منطقه تنها دارای دو طبقه می‌باشد؛ بنابراین، هرگونه تغییر در گستره مکانی یکی از اقلیم‌ها با واکنش اقلیم دیگر همراه است؛ بنابراین، شرایط تغییر گستره مکانی اقلیم بیابانی گرم، دقیقاً برعکس اقلیم بیابانی سرد می‌باشد.

تغییرات حدود اقلیم در پاسخ به گرمایش جهانی یکی از نمودهای تغییر اقلیم شناخته می‌شود. جابه‌جایی‌های زمانی و مکانی اقلیم‌های بیابانی سرد و گرم در منطقه مورد مطالعه در شکل(۵) ارائه شده است. همان‌گونه که پیداست، همواره در طی دوره‌های مورد مطالعه اقلیم از لحاظ مکانی تغییر کرده است. در دهه‌های اخیر، دامنه اقلیم بیابانی سرد به‌طور محسوس کاهش داشته و از حدود ۶۵–۵۵ به حدود ۵۵–۵۰ درصد رسیده است. در مقابل، دامنه اقلیم بیابانی گرم در پاسخ به این شرایط، افزایش و از حدود ۴۵–۳۵ به حدود ۵۰–۴۵ درصد رسیده است؛ بنابراین، دامنه اقلیم بیابانی گرم در دهه‌های اخیر با روند افزایشی سبب محدود شدن اقلیم بیابانی سرد شده و پیش‌بینی می‌شود این شرایط در آینده نیز تداوم داشته باشد. به‌طور خلاصه، در گذر زمان حدود ۱۶ درصد از گستره اقلیم بیابانی سرد کاسته و به گستره اقلیم بیابانی گرم افزوده شده است. بیشترین جابه‌جایی‌های اقلیم در بخش‌های میانی منطقه مورد مطالعه رخ‌داده است که منطقه گذر اقلیم‌ها قلمداد می‌گردد. روندهای معنی‌دار کاهشی و افزایشی گستره اقلیم‌های بیابانی سرد و گرم به ترتیب در شکل‌های(۶) و (۷) نشان داده شده است.

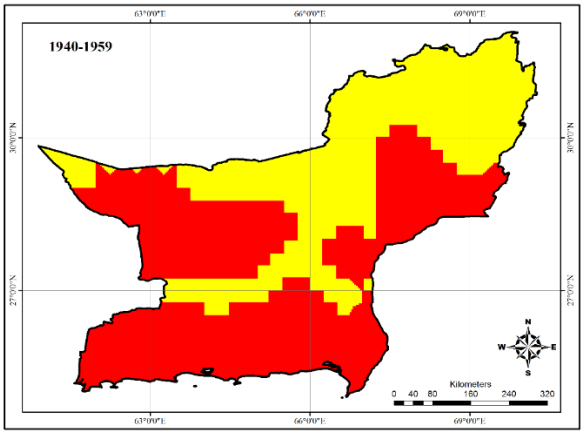


مأخذ: نگارندگان

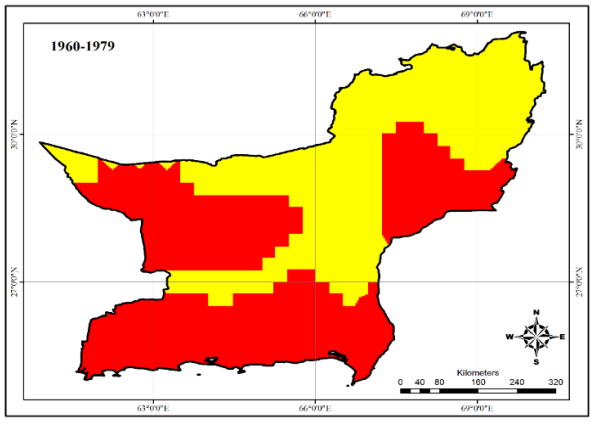
شکل۴: گستره فضایی اقلیم‌های بیابانی سرد و گرم در دوره بیست ساله ۱۹۱۹–۱۹۰۰



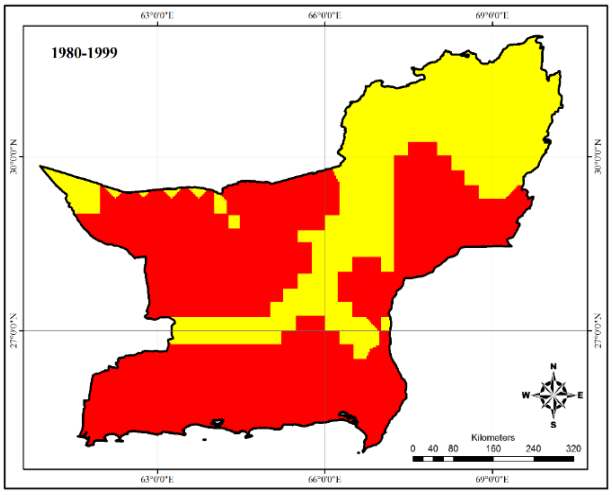
ادامه شکل ۴: گستره فضایی اقلیم‌های بیابانی سرد و گرم در دوره بیست ساله ۱۹۳۹-۱۹۲۰



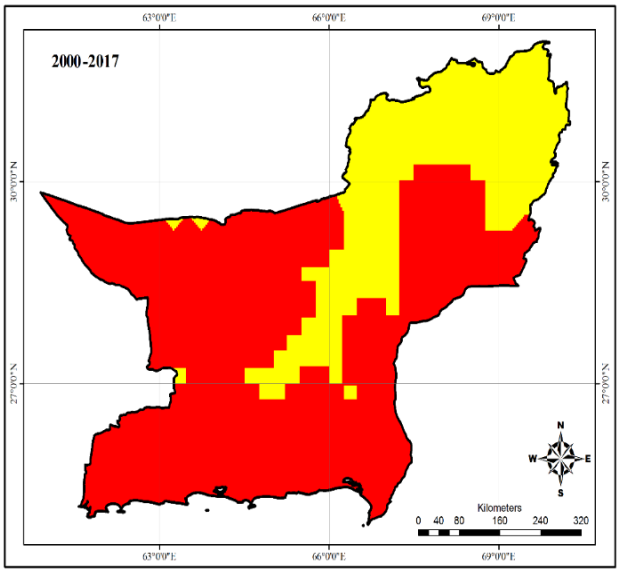
ادامه شکل ۴: گستره فضایی اقلیم‌های بیابانی سرد و گرم در دوره بیست ساله ۱۹۵۹-۱۹۴۰



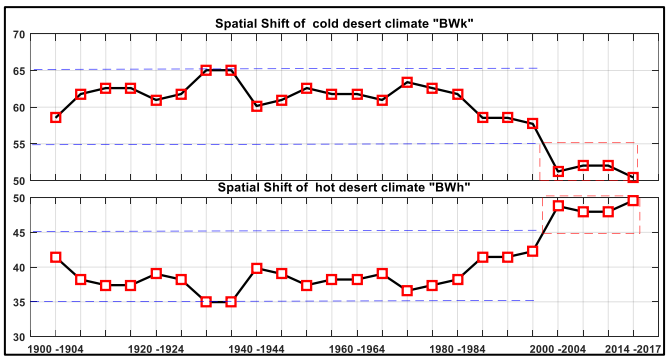
ادامه شکل۴: گستره فضایی اقلیم‌های بیابانی سرد و گرم در دوره بیست ساله ۱۹۷۹-۱۹۶۰



ادامه شکل۴: گستره فضایی اقلیم‌های بیابانی سرد و گرم در دوره بیست ساله ۱۹۹۹–۱۹۸۰

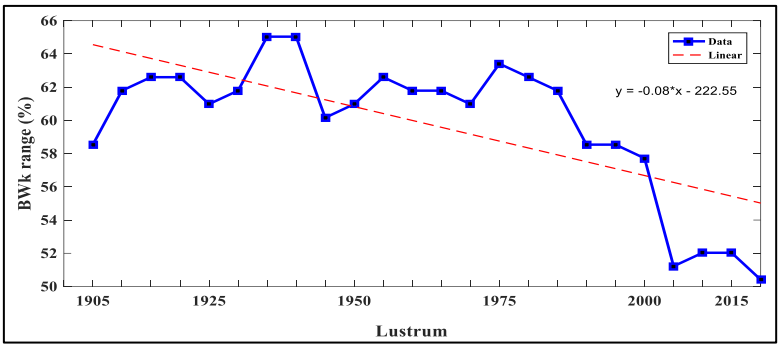


ادامه شکل۴. گستره فضایی اقلیم‌های بیابانی سرد و گرم در دوره شبه بیست ساله ۲۰۱۷–۲۰۰۰



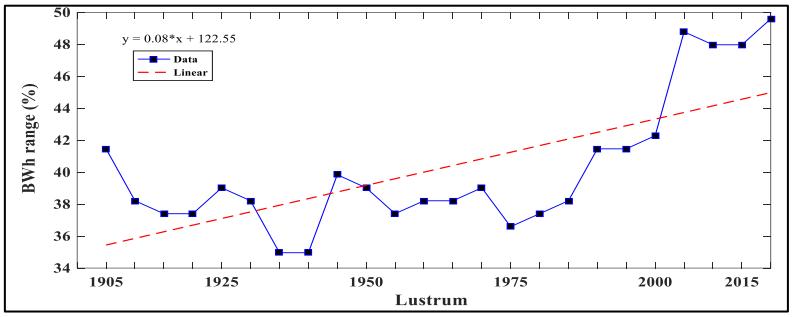
مآخذ: نگارندگان

شکل۵: جابه‌جایی‌های زمانی–مکانی اقلیم‌های بیابانی سرد(BWk) و گرم(BWh) در فلات بلوچستان پاکستان



مآخذ: نگارندگان

شکل ۶: تغییرات زمانی گستره اقلیم بیابانی سرد(BWk) در فلات بلوچستان پاکستان



مآخذ: نگارندگان

شکل ۷: تغییرات زمانی گستره اقلیم بیابانی گرم(BWh) در فلات بلوچستان پاکستان

تغییر اقلیم، یک تهدید جدی با اثرات قوی بر بقاء و الگوهای زندگی بشر به شمار می‌رود. بر اساس تازه‌ترین فهرست جهانی خطر اقلیم در سال ۲۰۲۰، پاکستان در رده پنجم در بین کشورهایی قرار دارد که بیشترین تأثیر را از تغییرات منفی اقلیم تجربه کرده‌اند (جدول ۳). پاکستان در سال‌های اخیر تأثیرات ویرانگر از بلایای طبیعی و تغییرات اقلیم را متحمل شده است. پاکستان در سال ۲۰۰۵ شاهد زمین‌لرزه مخرب با بزرگی ۷/۶ ریشتر و در سال ۲۰۱۰ با سیلاب‌های سنگین مواجه بوده است. این حوادث منجر به مهاجرت‌های ناشی از آب و هوا گردیده است. هر ساله هزاران پاکستانی که از فقر، بیکاری و مشکلات نظم و قانون فرار می‌کنند در جستجوی فرصت‌های بهتر برای کار، سعی در ورود غیرقانونی از طریق ایران و ترکیه به کشورهای اروپایی دارند. بیشتر این پناه‌جویان در مرزهای ایران و ترکیه دستگیر می‌شوند. به‌عنوان یک نمونه، بر اساس گزارش رسمی آژانس تحقیقات فدرال پاکستان، تنها در سال ۲۰۱۶، ایران تعداد ۲۹۰۷۴ تبعه پاکستانی را به مقامات پاکستان در مرز تفتان تحویل داده است. طبق آمار مهاجرت پاکستان۲۰۲۰-۱۹۶۰، در سال ۲۰۱۵ سهم پاکستان از مهاجرت بین‌المللی بیش از ۳/۵ میلیون نفر بوده است (جدول ۲). این مقدار در سال ۲۰۱۰ قریب به ۴ میلیون نفر بوده است. از این لحاظ، کشور پاکستان بعد از کشورهای هند و اکراین در جایگاه سوم قرار دارد.

با این اوصاف، به‌روشنی مشخص می‌شود که پاکستان با بیش از ۲۲۰ میلیون نفر جمعیت از لحاظ آسیب‌پذیری نسبت به خطرات اقلیم بسیار مستعد است. آمار جمعیت مهاجر نیز گویای این واقعیت است. یکی از جذاب‌ترین و در عین حال راحت‌ترین مسیر برای مهاجرت غیرقانونی از طریق مرزهای ایران است. هر ساله شمار زیادی از پاکستانی‌ها به‌قصد

دستیابی به کشورهای اروپایی وارد مرزهای ایران می‌شوند. هرچند شمار زیادی از این مهاجران غیرقانونی در نهایت دستگیر و بازگردانده می‌شوند ولیکن قطعاً جمعیت زیادی از آن‌ها نیز یا به مقصد می‌رسند و یا اینکه در شهرهای مرزی ایران مانند زاهدان سکونت می‌گزینند؛ بنابراین انتظار می‌رود با افزایش گرمایش جهانی و وقوع رویدادهای حدی اقلیم مانند سیلاب‌ها و افزایش فراوانی و شدت خشک‌سالی‌ها و همچنین کاهش کیفیت محیط، در آینده جمعیت بیشتری از این مهاجران اقلیمی وارد مرزهای ایران شوند. این شرایط می‌تواند چالش‌های عظیمی در بخش‌های سلامت و امنیت داشته باشد. لذا لازم است سیاست‌های آینده نگرانه برای رویارویی با این چالش اقلیمی اتخاذ گردد.

جدول ۲: داده‌های تاریخی مهاجرت بین‌المللی کشور پاکستان

سال	جمعیت	درصد از کل جمعیت
۲۰۱۵	۳۶۲۸۹۵۶	۱/۹۲
۲۰۱۰	۳۹۴۱۵۸۶	۲/۳۲
۲۰۰۵	۳۱۷۱۱۳۲	۲/۰۷
۲۰۰۰	۴۱۸۱۹۱۲	۳/۰۲
۱۹۹۵	۳۶۶۹۳۰۸	۲/۹۹
۱۹۹۰	۶۲۸۸۲۰۴	۵/۷۷
۱۹۸۵	۶۲۸۸۲۱۰	۵/۷۷
۱۹۸۰	۵۰۱۲۵۲۴	۵/۷۷
۱۹۷۵	۴۵۷۴۳۴۸	۵/۷۷
۱۹۷۰	۵۱۰۵۵۵۶	۵/۷۷
۱۹۶۵	۵۶۹۸۴۵۲	۵/۷۷
۱۹۶۰	۶۳۵۰۲۹۶	۵/۷۷

مآخذ: نگارندگان

جدول ۳: تأثیرپذیری کشورها از خطر اقلیم در دوره ۲۰۱۸-۱۹۹۹(اکستین و همکاران، ۲۰۱۹)

شاخص خطر اقلیم ۲۰۱۸-۱۹۹۹	کشور	نمره شاخص خطر اقلیم	شمار مرگ	مرگ در هر ۱۰۰ هزار ساکنان	تعداد رویدادها ۲۰۱۸-۱۹۹۹
۱	پورتوریکو	۶/۷۶	۱۴۹/۹۰	۴/۰۹	۲۵
۲	میانمار	۱۰/۳۳	۷۰۵۲/۴۰	۱۴/۲۹	۵۵
۳	هایتی	۱۳/۸۳	۲۷۴/۱۵	۲/۸۱	۷۸
۴	فیلیپین	۱۷/۶۷	۸۶۹/۸۰	۰/۹۶	۳۱۷
۵	پاکستان	۲۸/۸۳	۴۹۹/۴۵	۰/۳۰	۱۵۲
۶	ویتنام	۲۹/۸۳	۲۸۵/۸۰	۰/۳۳	۲۲۶
۷	بنگلادش	۳۰	۵۷۷/۴۵	۰/۳۹	۱۹۱
۸	تایلند	۳۱/۵	۱۴۰/۰۰	۰/۲۱	۱۴۷
۹	نپال	۳۱/۵	۲۲۸/۰۰	۰/۸۷	۱۸۰
۱۰	دومینیکا	۳۲/۳۳	۳/۳۵	۴/۷۲	۸

نتیجه‌گیری

برای شناسایی مُدهای اقلیم فلات بلوچستان پاکستان و بررسی تغییرات اقلیم و جابه‌جایی‌های احتمالی مرزهای اقلیم، از سیستم طبقه‌بندی اقلیم اصلاح‌شده کوپن-گایگر استفاده شده است. ورودی‌های این سیستم طبقه‌بندی، داده‌های متوسط ماهانه دما و بارش می‌باشند که از پایگاه داده دانشگاه دلاور استخراج شده است. طبقه‌بندی بر اساس داده‌های شبکه مبنا، نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه تنها دارای اقلیم بیابانی گرم و اقلیم بیابانی سرد است. گستره اقلیم بیابانی گرم، عمدتاً بر مناطق عرض‌های جنوبی و غربی از منطقه مورد مطالعه محدود می‌باشد. در حالی که اقلیم بیابانی سرد، محدود بر مناطق شمالی و شمالی غربی است. نتایج بررسی تغییرات اقلیم و جابه‌جایی مرزهای اقلیمی نیز نشان می‌دهد که در دوره مورد مطالعه هیچ اقلیمی ناپدید و هیچ اقلیم جدیدی ظهور نکرده است. به این مفهوم که در یک قرن گذشته، اقلیم سرزمین بلوچستان پاکستان، اقلیم بیابانی گرم و سرد بوده است. منتها، مرز و دامنه اقلیم‌های موجود تغییر نموده است. دوره ۵-ساله ۸۴-۱۹۸۰ سرآغاز یک تغییر در اقلیم بلوچستان می‌باشد. دامنه اقلیم بیابانی سرد، از این دوره به بعد به‌طور محسوس اُفت یافته و از حدود ۶۵-۵۵ به حدود ۵۵-۵۰ درصد رسیده است. در مقابل، دامنه اقلیم بیابانی گرم، در پاسخ به این شرایط، افزایش و از حدود ۴۵-۳۵ به حدود ۵۰-۴۵ درصد رسیده است؛ بنابراین در سی سال اخیر، گستره اقلیم بیابانی سرد کاهش و اقلیم بیابانی گرم افزایش‌یافته و در حال حاضر از لحاظ گستره برابری می‌کنند. پیش‌بینی می‌شود این شرایط در آینده با افزایش گستره اقلیم بیابانی گرم همراه باشد. این‌یک واقعیت آشکار در نتیجه اثرات گرمایش جهانی اخیر بر محدوده‌های اقلیمی است

بنابراین پیش‌بینی می‌شود، کاهش کیفیت محیط در منطقه بلوچستان پاکستان در نتیجه گسترش اقلیم بیابانی گرم، اثرات بالقوه قابل‌توجهی بر روی کشور همسایه خود(ایران) در برداشته باشد. انتظار می‌رود در آینده جمعیت زیادی از مهاجران اقلیمی وارد مرزهای ایران شوند. این شرایط می‌تواند چالش‌های عظیمی در بخش‌های سلامت و امنیت داشته باشد. لذا لازم است سیاست‌های آینده‌نگرانه برای رویارویی با این چالش اقلیمی اتخاذ گردد. آمار رسمی و غیررسمی گویای ورود تعداد قابل ملاحظه‌ای از مهاجران پاکستانی به ایران می‌باشند. این مهاجران عمدتاً با انگیزه دستیابی به کشورهای اروپایی وارد ایران می‌شوند؛ اما در بسیاری از موارد در شهرهای مرزی و حتی پایتخت(تهران) ماندگار می‌شوند. این مهاجران ناخوانده توانایی ایجاد چالش‌های بزرگی می‌باشند. به‌عنوان نمونه، ورود داروهای غیرقانونی و غیر بهداشتی توسط این مهاجران و جولان آن‌ها در بازارهای غیررسمی(زاهدان) از جمله چالش‌هایی است که حوزه سلامت را تهدید می‌کند، ورود ویروس‌ها و بیمارهای ناشناخته فصلی به همراه این مهاجران نیز می‌تواند چالش مهمی در حوزه سلامت تلقی شود. علاوه بر آن بسیاری از این مهاجران به تکدی‌گری، پزشکی خیابانی و شغل‌هایی از این قبیل روی آورده و سیمای اقتصادی و اجتماعی شهرها به‌ویژه شهرهای مرزی را تخریب می‌کنند؛ بنابراین لازم است سیاست‌هایی برای مقابله با این پدیده اتخاذ گردد.

منابع

۱- رضیئی، طیب.، (۱۳۹۶): چشم‌اندازی از مناطق اقلیمی ایران به روش کوپن–گایگر در سده بیست و یکم. مجله ژئوفیزیک ایران، ۱(۱۱)، صص ۱۰۰-۸۴.

۲- رضیئی، طیب.، (۱۳۹۶): منطقه بندی اقلیمی ایران به روش کوپن–گایگر و بررسی جابه‌جایی مناطق اقلیمی کشور در سدهٔ بیستم، فیزیک زمین و فضا، ۲ (۴۳)، صص ۴۳۹-۴۱۹.

3- Adnan, S., Ullah, K., Gao, S., Khosa, A. H., & Wang, Z. (2017): Shifting Of Agro-Climatic Zones, Their Drought Vulnerability, And Precipitation And Temperature Trends In Pakistan. International Journal Of Climatology, 37, Pp. 529-543.

4- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., De Moraes, G., Leonardo, J., &Sparovek, G. (2013): Köppen's Climate Classification Map For Brazil. Meteorologischezeitschrift, 22(6), Pp. 711-728

5- Baker, B., Diaz, H., Hargrove, W., & Hoffman, F. (2010): Use Of The Köppen–Trewartha Climate Classification To Evaluate Climatic Refugia In Statistically Derived Ecoregions For The People’s Republic Of China. Climatic Change, 98(1-2), 113.

6- Beck, C., Grieser, J., Kottek, M., Rubel, F., & Rudolf, B. (2005): Characterizing Global Climate Change By Means Of Köppen Climate Classification. Klimastatusbericht, 51, Pp. 139-149.

7- Chan, D., Wu, Q., Jiang, G., & Dai, X. (2016): Projected Shifts In Köppen Climate Zones Over China And Their Temporal Evolution In CMIP5 Multi-Model Simulations. Advances In Atmospheric Sciences, 33(3), Pp. 283-293.

8- Chen, D., & Chen, H. W. (2013): Using The Köppen Classification To Quantify Climate Variation And Change: An Example For 1901–2010. Environmental Development, 6, Pp. 69-79.

9- De Castro, M., Gallardo, C., Jylha, K., &Tuomenvirta, H. (2007): The Use Of A Climate-Type Classification For Assessing Climate Change Effects In Europe From An Ensemble Of Nine Regional Climate Models. Climatic Change, 81(1), Pp. 329-341.

10- De Souza Rolim, G., & De O. Aparecido, L. E. (2016): Camargo, Köppen And Thornthwaite Climate Classification Systems In Defining Climatical Regions Of The State Of São Paulo, Brazil. International Journal Of Climatology, 36(2), Pp. 636-643.

11- Eckstein, D., Künzel, V., Schäfer, L., &Winges, M. (2019): Global Climate Risk Index 2020. Bonn: Germanwatch.

12- Fraedrich, K., Gerstengarbe, F. W., & Werner, P. C. (2001): Climate Shifts During The Last Century. Climatic Change, 50(4), Pp. 405-417.

13- Gallardo, C., Gil, V., Hagel, E., Tejeda, C., & De Castro, M. (2013): Assessment Of Climate Change In Europe From An Ensemble Of Regional Climate Models By The Use Of Köppen–Trewartha Classification. International Journal Of Climatology, 33(9), Pp. 2157-2166.

14- Guetter, P. J., &Kutzbach, J. E. (1990): A Modified Köppen Classification Applied To Model Simulations Of Glacial And Interglacial Climates. Climatic Change, 16(2), Pp. 193-215.

15- Kleidon, A., Fraedrich, K., & Heimann, M. (2000): A Green Planet Versus A Desert World: Estimating The Maximum Effect Of Vegetation On The Land Surface Climate. Climatic Change, 44(4), Pp. 471-493.

16- Kim, H. J., Wang, B., Ding, Q., & Chung, I. U. (2008): Changes In Arid Climate Over North China Detected By The Koppen Climate Classification. Journal Of The Meteorological Society Of Japan. Ser. II, 86(6), Pp. 981-990.

17- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., &Rubel, F. (2006): World Map Of The Köppen-Geiger Climate Classification Updated. Meteorologischezeitschrift, 15(3), 259-263.

18- Larson, P. R., &Lohrengel, C. F. (2014): An Addendum To "A New Tool For Climatic Analysis Using Köppen Climate Classification". Journal Of Geography, 113(1), Pp. 35-38.
19- Lohmann, U., Sausen, R., Bengtsson, L., Cubasch, U., Perlwitz, J., &Roeckner, E. (1993): The Köppen Climate Classification As A Diagnostic Tool For General Circulation Models. Climate Research, 3, Pp. 177-193.
20- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & Mcmahon, T. A. (2007): Updated World Map Of The Köppen-Geiger Climate Classification. Hydrology And Earth System Sciences Discussions, 4(2), Pp. 439-473.
21- Petersen, J.F., D. SACK, R.E. GABLER, (2012): Physical Geography. Brooks/Cole Cengage Learning, Belmont, Pp. 646.
22- Rohli, R.V., A.J. VEGA, (2012): Climatology. 2nd Ed. – Jones & Bartlett Learning, Udbury, Pp. 425.
23- Sattari, M. T., Rezazadeh-Joudi, A., &Kusiak, A. (2017): Assessment Of Different Methods For Estimation Of Missing Data In Precipitation Studies. Hydrology Research, 48(4), Pp. 1032-1044.
24- Shamshad, K. M. (1988): The Meteorology Of Pakistan: Climate And Weather Of Pakistan. Royal Book Company.
25- Stern, H., De Hoedt, G., & Ernst, J. (2000): Objective Classification Of Australian Climates. Australian Meteorological Magazine, 49(2), Pp. 87-96.
26- Tularam, G. A., &Ilahee, M. (2010): Time Series Analysis Of Rainfall And Temperature Interactions In Coastal Catchments. Journal Of Mathematics And Statistics, 6(3), Pp. 372-380.
27- Wang, M., & Overland, J. E. (2004): Detecting Arctic Climate Change Using Köppen Climate Classification. Climatic Change, 67(1), Pp. 43-62.
28- Ying, S., Xue-Jie, G., &Jia, W. (2012): Projected Changes In Köppen Climate Types In The 21st Century Over China. Atmospheric And Oceanic Science Letters, 5(6), Pp. 495-498.
29- Young, K. C. (1992): A Three-Way Model For Interpolating For Monthly Precipitation Values. Monthly Weather Review, 120(11), Pp. 2561-2569.
30- Yan, X., & Su, X. (2009): Linear Regression Analysis: Theory And Computing. World Scientific, London, Vol. 1–2.