نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی
سال شانزدهم | شماره شصت و دوم| تابستان ۱٤۰٤
وصول: ۱٤۰۳/۱۲/۰۷ پذیرش: ۱٤۰٤/۰۵/۰٦
صص ۵۸-۳۹

تحلیل ظرفیت اقلیمی نوار جنوبی ایران

قاسم عزیزی*[۱]، مصطفی قویدل[۲]، معصومه مقبل[۳]، علی اکبر شمسی پور[٤]، سعید بازگیر[۵]
۱- استاد اقلیم شناسی، دانشگاه تهران، تهران،ایران.
۲- دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه تهران،ایران.
۳، ۴ و ۵- دانشیاراقلیم شناسی، دانشگاه تهران ،ایران

چکیده

در این مطالعه، ظرفیت اقلیمی نوار جنوبی ایران با استفاده از روش تحلیل چند معیاره و روش وارد (WARD) بررسی شده است. ظرفیت اقلیمی به مجموعه اثرات مثبت عناصر بارش و دما مانند بارندگی موثر، درجه روز رشد، آب های سطحی و غیره و همچنین اثرات منفی این عناصر مثل دمای حدی، بارش سنگین، طوفان و غیره اشاره دارد. به همین منظور، برای ارزیابی ظرفیت اقلیمی نوارجنوبی ایران، داده‌های مورد نیاز از سازمان آب، سازمان هواشناسی دریافت و همچنین داده هایی از ماهواره‌های لندست و مادیس اخذ شدند. با استفاده از این داده‌ها، مجموعا امتیاز ۲۱ عامل موثر بر ظرفیت اقلیمی منطقه مطالعاتی در مقیاس شهرستان (مجموعاً ۹۸ شهرستان) تهیه شد و یک ماتریس عددی را تشکیل داد. پس از آن ماتریس عددی به عنوان ورودی در فرآیند خوشه بندی قرار گرفت و با استفاده از روش وارد، شهرستان‌های منطقه در ۱۰ خوشه دسته‌بندی شدند. نتایج نشان داد که خوشه شماره ۴ با کسب امتیاز ۶۳.۶ در نقاط قوت ظرفیت اقلیمی، به عنوان بهترین خوشه و حاوی بیشترین ظرفیت اقلیمی در این مطالعه شناخته شد. این خوشه شامل شهرستان‌های اندیکا، ایذه، باغ ملک، بهبهان، رامهرمز، لالی، مسجد سلیمان، هفتگل و بندرعباس است. در مقابل، خوشه شماره ۶ با امتیاز ۳۴.۴۵، نامساعدترین خوشه از نظر ظرفیت اقلیمی شناخته شد که شامل شهرستان‌های ایرانشهر، مهرستان، سرباز، هندیجان، بشاگرد، بندرلنگه، پارسیان، خمیر، رودان، سیریک، میناب، دیلم، کنگان، عسلویه، گراش، لامرد و مهر می‌باشد. بدیهی است شناخت ظرفیت ها و محدودیت های اقلیمی این منطقه می تواند در برنامه ریزی های مدیریت منابع آب، خشکسالی، فرین‌های اقلیمیی و ... به ویژه تحت تاثیر تغییراقلیم در آینده مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: **ظرفیت اقلیمی، تحلیل چند معیاره، روش وارد، خوشه‌بندی، نوار جنوبی ایران.**

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۳۸٤۱۱۹۲
Email: ghazizi@ut.ac.ir

مقدمه

مفهوم ظرفیت اقلیم در برابر تغییراقلیم جهانی و محیطی، برای نخستین بار در دهه ۱۹۹۰ و در زمینه مطالعات توسعه معرفی شد. پس از آن، کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در خصوص ظرفیت‌سازی در برابر تغییراقلیم، مطالعات گسترده‌ای را آغاز کرد (Le Treut. H, 2007). به طوریکه Yan. Z et al (2011) ظرفیت اقلیمی را به عنوان معیاری برای سنجش توانایی یک کشور در انطباق با تغییراقلیم معرفی کردند و بر این نکته تأکید کردند که سازگاری با این تغییرات یک نیاز واقعی و فوری برای کشورهای در حال توسعه است. این امر نیازمند توسعه نظریه‌ها و روش‌های جدیدی است که متناسب با موقعیت‌های عملی باشند. به‌طور کلی، ظرفیت اقلیمی دو بعد اصلی دارد: اول، ظرفیت طبیعی اقلیم که شامل عواملی نظیر دما، نور خورشید، بارش و پدیده‌های اقلیمی است؛ و دوم، ظرفیت اقلیمی مشتق شده که شامل منابع آب، منابع زمین، سیستم‌های اکولوژیکی و مخاطرات اقلیمی است (JIAHUA. P, ET AL, 2015). توجه به مفهوم ظرفیت اقلیمی به دلیل کاهش ظرفیت طبیعی اکوسیستم‌ها برای حمایت از فعالیت‌های انسانی، به شدت مورد توجه قرار گرفته است. این کاهش ظرفیت، منجر به بروز اثرات منفی گسترده‌ای بر اکوسیستم‌ها و جوامع انسانی می‌شود (Abbass. K, 2022). شواهد فزاینده‌ای وجود دارد که نشان می‌دهد فعالیت‌های انسانی تغییرات قابل توجهی در سیستم اقلیمی زمین ایجاد می‌کند و این تغییرات به نوبه خود بر ظرفیت طبیعی اکوسیستم‌ها تأثیر می‌گذارد (National Climate Assessment, 2017). به علاوه، تغییراقلیم تأثیرات قابل توجهی بر اکوسیستم‌ها و جوامع انسانی دارد، که شامل تغییر در الگوهای دما و بارش، افزایش سطح دریا، افزایش فراوانی و شدت رویدادهای شدید اقلیمی و تغییر در توزیع و فراوانی گونه‌های گیاهی و جانوری می‌شود (Shivanna. K. R, 2022). نگرانی‌های فزاینده‌ای نیز وجود دارد که تغییراقلیم ممکن است نابرابری‌های اجتماعی و اقتصادی را به ویژه در کشورهای در حال توسعه تشدید کند (Green. F, Healy. N, 2022). درک روند تغییرات دما و بارش برای ارزیابی ظرفیت اقلیم ضروری است. شیب و نوع روند دما و بارش، بینش‌هایی درباره پویایی اقلیم در حال تغییر ارائه می‌دهد که برای پیش‌بینی شرایط آینده و برنامه‌ریزی استراتژی‌های سازگاری حیاتی است (Emami. F, Koch. M, 2018). در این میان، ظرفیت اقلیمی به توانایی یک منطقه برای تحمل تغییراقلیم و سازگاری با آن‌ها اشاره دارد. این مفهوم شامل ارزیابی توانایی محیط زیست، جوامع و اقتصادها برای مقابله با اثرات تغییر اقلیم و حفظ عملکردهای ضروری است. افزایش دما، تغییر الگوهای بارش، و افزایش فراوانی و شدت رویدادهای اقلیمی شدید، همگی نشان‌دهنده نیاز فوری به توسعه راهکارهای سازگاری است. (Vose. R. S et al, 1992). اهمیت توجه به ظرفیت و توان های طبیعی و به ویژه اقلیمی مناطق به حدی است که مطالعات گسترده ای در این خصوص در جهان به انجام رسیده است. چنانچه در ایران Abbaspour. K. C et al (2009) در مطالعه ای با عنوان بررسی تاثیر تغییر اقلیم بر منابع آب ایران بیان کرد از آنجایی که منابع آب به دلیل افزایش سطوح تقاضای جامعه تحت فشار بیشتری قرار می گیرند، درک تأثیر تغییرات اقلیم بر اجزای مختلف چرخه آب از اهمیت راهبردی در مدیریت این منبع ضروری برخوردار است. در این مطالعه از عوامل بارش و NDWI جهت تفکیک مناطق استفاده شده است. هر نوع اقدامی که سبب بهره برداری بهتر و بهینه از عناصر دما و بارش شود موجب تقویت ظرفیت اقلیمی می شود برای مثال Assayed. A et al (2013) در مطالعه ای به این نتیجه رسید شد که راه حل های محلی اتکا به سیستم های آب عمومی را کاهش می دهد و در نهایت به مقابله با کمبود آب در سطح ملی کمک می کند. همچنین در این راستا M. Abid et al (2015) در مطالعه ای عوامل تغییر ارقام زراعی، تغییر تاریخ کاشت، کاشت درختان سایه دار و تغییر کودها، اصلی ترین روش های سازگاری خانوارهای کشاورزی در منطقه پنجاب پاکستان را بررسی کرد. نتایج حاصل از مدل لجستیک باینری نشان داد که تحصیلات، تجربه مزرعه، اندازه خانوار، مساحت زمین، وضعیت اجاره، مالکیت یک چاه لوله، دسترسی به اطلاعات بازار، اطلاعات مربوط به پیش بینی اقلیم و خدمات ترویج کشاورزی، همگی بر انتخاب کشاورزان برای اقدامات سازگاری تأثیرگذار بوده اند. Jamshidi. O et al (2019) در پژوهشی به بررسی چگونگی سازگاری کشاورزان خرده مالک استان همدان با تغییر اقلیم می‌پردازد. محققان با استفاده از ۲۳ شاخص، ظرفیت تطبیقی ۲۸۰ خانوار کشاورز را که به طور تصادفی انتخاب شده بودند در پنج شهرستان به صورت کمی ارزیابی کردند. یافته‌ها نشان داد که تنها ۱۵ درصد از کشاورزان

ظرفیت سازگاری بالایی داشتند، در حالی که ۲۷.۵ درصد ظرفیت سازگاری بسیار پایینی را نشان دادند. انرژی‌های تجدیدپذیر نقش عمده‌ای در توسعه پایدار مناطق دارند و سبب تقویت ظرفیت اقلیمی بوده‌اند به طور مثال A. Suman et al (2021) در مطالعه ای به بررسی نیازهای ظرفیت سازی بخش انرژی برای کاهش تغییراقلیم در نپال می‌پردازد. او در این اهمیت توسعه فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر، بهبود بهره وری انرژی، و افزایش ظرفیت ذینفعان انرژی برای اجرای اقدامات کاهش اقلیم را برجسته می کند. همچنین انرژی مورد مصرف بخش کشاورزی در مطالعات ظرفیت اقلیمی مورد بحث بوده است. چنانچه در مطالعه ای از Nicole (2022) Lefore et al مشخص شد که آبیاری با استفاده از پمپ های خورشیدی به طور بالقوه یک منبع انرژی مقرون به صرفه و پایدار برای تضمین تولید غذا و حفظ معیشت در راستای اهداف چندگانه توسعه پایدار فراهم می کند، اما دستیابی به چنین پتانسیلی مستلزم بهبود سیاست ها و نهادها برای هماهنگی بین سهامداران، اهداف و رویکردهای متعدد است. همیشه در مطالعات ظرفیت اقلیمی و سازگاری کاربرد عوامل مختلف مد نظر بوده است. در مطالعه ای از Shui. W et al (2023) که نتایج آن در ۱۳ مقاله مستقل به ثبت رسیده است، از عوامل پوشش گیاهی، بارش، گردش جو، ناهنجاری های دما، درک فضایی و زمانی کشاورزان، شاخص EVI، رطوبت نسبی، سرعت باد، آب اکولوژیک، آب زیرزمینی، دریاچه ها و تالاب ها جهت تفکیک مناطق استفاده شده است. قوانین و سیاست های دولتی در برنامه ریزی و مقابله با تغییر اقلیم موثر است برای مثال Tofigh Maboudi, (2024) در مطالعه ای به بررسی اثربخشی قوانین تغییراقلیم در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا، با تمرکز بر تاثیر آنها بر انتشار گازهای گلخانه ای (GHG) و ظرفیت سازگاری می پردازد. این مطالعه با استفاده از مجموعه داده‌ای متشکل از ٦٦٠ مشاهدات سالانه کشور از ۲۲ کشور در طول ۳۰ سال، نشان می‌دهد که اگرچه این قوانین به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کرده‌اند، اما ظرفیت سازگاری این کشورها را به میزان قابل توجهی افزایش نداده‌اند. این تحقیق تأثیر سیاست نفتی و اهداف توسعه اساسی را به عنوان عوامل کلیدی محدودکننده موفقیت تلاش‌های سازگاری برجسته می‌کند.

آنچه مسلم است افزایش جمعیت و تغییر سبک زندگی بر منابع طبیعی کره زمین اثر گذاشته و آنها را در معرض نابودی قرار داده است. بنابراین، مطالعات ظرفیت اقلیمی یکی از بسترهای علمی است که می‌تواند مسیرهای رفع چالش مقابله با تغییراقلیم را مهیا کند. علاوه بر این، مطالعه ظرفیت اقلیمی می‌تواند توانایی‌های اکولوژیک محیط را شناسایی کرده و مکان‌های مناسب جهت رشد و توسعه را مشخص کند. ایران یکی از آسیب پذیرترین کشورها در برابر تغییراقلیم در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا است. نوار جنوبی، با اقلیمی خشک و نیمه خشک، به ویژه در برابر تأثیرات تغییراقلیم، مانند افزایش دما، کاهش بارندگی، و بالا آمدن سطح دریاها با چالش مواجه است. نوار جنوبی ایران محل فعالیت های اقتصادی قابل توجهی از جمله کشاورزی، شیلات و گردشگری است (Climate profile: Iran, 2024). درک ظرفیت اقلیم به برنامه ریزی و کاهش اثرات نامطلوب تغییراقلیم بر این بخش‌ها کمک می کند و می تواند مقدمات توسعه پایدار را فراهم آورد. این منطقه با کمبود شدید آب مواجه است که با تغییر اقلیم تشدید می شود. تجزیه و تحلیل ظرفیت اقلیم می تواند به مدیریت بهتر منابع آب کمک کند و توسعه راهبرهایی هایی برای مبارزه با کمبود آب را بهبود بخشد. نوار جنوبی ایران شامل مناطق ساحلی در امتداد خلیج فارس و خلیج عمان است. این مناطق به دلیل موقعیت راهبردی و منابع طبیعی برای اقتصاد ایران حیاتی هستند. منطقه مستعد بلایای طبیعی مانند سیل، خشکسالی و طوفان شن است. مطالعه ظرفیت اقلیم می‌تواند دانش مقابله با مخاطرات اقلیمی و تاب آوری در برابر تغییر اقلیم را توسعه دهد (Climate Change Knowledge Portal, 2021). بنابراین، تحقیق در مورد ظرفیت اقلیمی نوار جنوبی ایران دارای اهمیت ویژه‌ای است، زیرا این منطقه با چالش‌های اقلیمی متعددی مواجه است که تأثیرات گسترده‌ای بر محیط زیست، اقتصاد و جامعه دارد. تغییراقلیم جهانی منجر به افزایش دما، کاهش بارندگی و افزایش شدت و فراوانی پدیده‌های جوی مانند طوفان‌ها و سیلاب‌ها شده است. این تغییرات می‌تواند به کاهش منابع آب، کاهش تولیدات کشاورزی و افزایش خطرات طبیعی منجر شود (ذوالفقاری. ح، ۱۳۹۸). بر اساس گزارش‌های سازمان هواشناسی ایران، در سال‌های اخیر تعداد روزهای با دمای بالای ٤٠ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و بارندگی‌ها به طور متوسط کاهش یافته است. همچنین، تعداد و شدت طوفان‌های شن و گرد و غبار نیز افزایش یافته است. همچنین مناطق ساحلی خلیج فارس و دریای عمان به دلیل موقعیت جغرافیایی خود، بیشتر

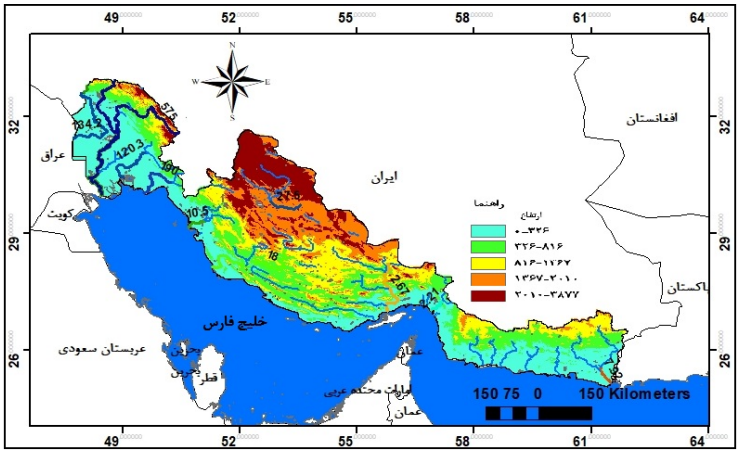
در معرض سیلاب‌ها و طوفان‌های شدید قرار دارند. این مناطق همچنین با خشکسالی‌های مکرر مواجه هستند که تأثیرات منفی بر کشاورزی و منابع آب دارد (ذوالفقاری. حسن و همکاران، ۱۳۹۸). مناطق خشک و نیمه خشک ایران از جمله نوار جنوبی اغلب دچار خشکسالی می‌شوند. این خشکسالی‌ها به دلیل تغییرات اقلیمی شدیدتر و طولانی‌تر می‌شوند. مناطق جنوبی نیز مستعد طوفان های شن هستند که می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر کیفیت هوا، کشاورزی و زیرساخت‌ها داشته باشد (مرکز اقلیم، ۲۰۲۱). این مقاله به شناسایی و تحلیل ظرفیت اقلیمی در نوار جنوبی ایران می‌پردازد و به دنبال افزایش دانش و اطلاعات برای مدیریت چالش‌های اقلیمی در این منطقه است. شناسایی توانایی‌های اکولوژیک محیط و تعیین مکان‌های مناسب برای توسعه پایدار، از اهداف اصلی این تحقیق است. این مطالعه نقاط مناسب دارای ظرفیت مساعد و نامساعد اقلیمی را در نوار جنوبی ایران شناسایی می‌کند که جهت هر گونه برنامه ریزی توسعه ای جهت اسکان و رفاه جمعیت های انسانی ضروری است. ظرفیت اقلیمی یک منطقه به طور مستقیم حیات انسان ها را در محیط تحت تاثیر قرار می دهد. مناطق دارای ظرفیت اقلیمی مطلوب اولویت اول برنامه ریزی جهت اختصاص منابع و مطالعات بیشتر هستند که در این مطالعه می تواند شناسایی شود. همچنین مناطق فاقد ظرفیت اقلیمی مطلوب نیز با هدف رفع فوری چالش‌ها می‌توانند در اولویت مطالعات و برنامه ریزی ها قرار گیرند که این مطالعه برای این مهم نیز کمک کننده خواهد بود.

ضرورت تحقیق

مطالعات پیش‌بینی اقلیمی نشان می‌دهند که در دو دهه آینده، افزایش دما و کاهش بارش در بسیاری از مناطق ایران، از جمله نوار جنوبی، چالش‌های زیست محیطی و اقتصادی ایجاد خواهد کرد (رایگانی، بهزاد و همکاران، ۱٤۰٤). لذا با توجه به حجم جمعیت ساکن دائمی و فعالیت های گسترده اقتصادی در این منطقه ضروری است ظرفیت اقلیمی این منطقه به تفکیک شهرستان سنجیده شود تا نقاط مطلوب و نامطلوب جهت تحمل جمعیت دائم و غیر دائم مشخص شود. مطالعات تغییر اقلیم در ایران نشان داده است که تغییرات اقلیمی تأثیرات منفی قابل توجهی بر منابع آب، کشاورزی و مخاطرات محیطی دارد (اکبری . مهری، صیاد. وحیده، ۱٤۰۰) . بنابراین ضروری است که جهت مقابله با چالش های اقلیمی ظرفیت اقلیمی نوار جنوبی ایران شناسایی شده و امتیازات مناطق جنوب ایران در بهره مندی از عوامل مختلف اقلیمی به دست آید تا بدین وسیله مناطق کم ظرفیت و پر چالش اقلیمی نیز برجسته شوند و در الویت برنامه ریزی های آتی باشند. در نهایت یافته های این مطالعه می تواند نقاط مطلوب و غیر مطلوب نوار جنوبی ایران را به لحاظ ظرفیت اقلیمی برجسته نماید که برای امور توسعه آتی، سرمایه گذاری و برنامه ریزی ضروری است.

داده ها و روش ها

منطقه مورد مطالعه، شامل نوار جنوبی ایران است که از سمت شمال غرب به نواحی کوهستانی زاگرس مرکزی و از سمت شمال شرق به نواحی بیابانی منتهی میشود. این منطقه محدوده سیاسی استان‌های خوزستان، فارس، بوشهر، هرمزگان و آن بخش از حوضه آبریز بلوچستان جنوبی که جزء محدوده سیاسی استان سیستان و بلوچستان و خاک ایران است را شامل می‌شود. شکل ۱ نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نمایش می‌دهد. در این شکل، موقعیت مورد مطالعه نسبت به مرزهای داخلی و خارجی به تفصیل نمایش داده شده است.



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

داده ها

الف) داده‌های هواشناسی

متغیرهای هواشناسی مورد استفاده در مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. برای اینکه تاریخ شروع ثبت داده در ایستگاه های مورد مطالعه متفاوت است، سال شروع بهره برداری از داده‌ها در ایستگاه‌ها در قسمت پایین جدول درج شده است. به دلیل کوتاه بودن بازه زمانی داده ها در برخی از ایستگاه‌ها، دوره زمانی مشترک بین ایستگاهها در نظر گرفته نشد و بازه زمانی مطالعاتی و اخذ داده‌ها برای هر ایستگاه از بدو تاسیس تا سال ۲۰۲۳ بوده است، زیرا در نظر گرفتن بازه زمانی مشترک منجر به حذف برخی ایستگاه های جدیدتر می‌شد و گپ اطلاعاتی و توزیع فضایی داده ها را تضعیف می نمود.

تاریخ شروع بهره برداری از داده ها در جدول ۲ لزوماً تاریخ شروع ثبت داده‌ها در ایستگاه هواشناسی نیست بلکه تاریخ بهره برداری از داده‌ها در این مطالعه را نشان می‌دهد. برای اینکه تاریخ شروع بهره برداری تعداد بیشتری از ایستگاه‌ها یکسان باشد طول دوره بهره برداری بعضی از ایستگاه‌ها کوتاه شده است. مثلا ایستگاه هایی مانند شیراز، آبادان، اهواز و... تاریخ شروع ثبت داده در آنها سال ۱۹۵۱ است که جهت هماهنگی با سایر ایستگاه ها طول دوره بهره برداری آنها کوتاه شده است.

تعیین مقیاس مکانی و تفکیک محدوده مطالعاتی در مقیاس شهرستان انجام گرفت. برخی از شهرستان های مورد مطالعه فاقد ایستگاه هواشناسی هستند که برای مطالعه آنها از داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های مجاور بهره برداری شده است. یعنی علاوه بر اسامی شهرستان هایی که در جدول ۱ قرار دارند شهرستان‌های حمیدیه، باوی، هفتگل، باغملک، خرمشهر، تنگستان، دشتی، کنگان، سیریک، فنوج، قصرقند، سرباز، لاشار، زرآباد، دشتیاری، کنارک، اوز، بیضا، پاسارگاد، خرامه، رستم، سرچهان، کوار، کوه چنار، گراش، مهر، کرخه، اندیکا، هویزه، کارون و رامشیر نیز در این مطالعه قرار دارند که برای استخراج داده‌های عوامل مربوط به داده‌های هواشناسی این شهرستان ها از داده‌های شهرستان های مجاور که دارای داده‌های هواشناسی بوده‌اند، بهره برداری شده است. برای استخراج عوامل هواشناسی این شهرستان‌ها حدالامکان از داده‌های هواشناسی سه ایستگاه مجاور بهره برداری شده است. البته داده‌های عوامل شاخص‌های ماهواره‌ای، همچنین طبقات کاربری اراضی و داده های منابع آب این شهرستان ها به طور مستقل وجود داشته است. یعنی فقط برای بخش داده‌های هواشناسی این شهرستان‌ها از داده‌های هواشناسی شهرستان‌های مجاور که دارای ایستگاه هواشناسی بوده‌اند، بهره برداری شده است. در این مطالعه مجموعاً ۹۸ شهرستان نوار جنوبی ایران بررسی شده است. در این مطالعه برای هر شهرستان به طور مجموع ۲۱ عامل ورودی در جدول خوشه بندی وارد مهیا شده است. یعنی پس از مهیا شدن ورودی‌های همه عوامل خوشه بندی انجام گرفته است. با استفاده از داده های هواشناسی شرح داده شده در این بخش ورودی عوامل جدول ۲ برای همه شهرستان‌ها استخراج شده است. جدول ۲ مجموعه عواملی را نشان می‌دهد که با استفاده از داده‌های هواشناسی هر شهرستان به دست آمده اند. این شاخص‌ها وضعیت منطقه مورد مطالعه را به لحاظ هواشناسی و مخاطرات آن بیان می کند که از عوامل ضروری در بررسی ظرفیت اقلیمی هستند. با بررسی عوامل جدول ۲ هم وضعیت اقلیم موجود و هم میزان اثرپذیری منطقه مورد مطالعه از مخاطرات معمول اقلیمی مانند بارش حدی، دمای حد بالا، طوفان و... بررسی می شود. در نتیجه اطلاعات جامع‌تری از اقلیم منطقه به دست آمده که در بررسی ظرفیت اقلیمی به کار گرفته شده است.

دوره های بهره برداری از داده های ایستگاه های مختلف طول متفاوتی دارند. کوتاه ترین آنها دوره ستون آخر است که ۱۴ سال طول دارد. این داده‌ها حداقل یک دوره خشک و مرطوب را سپری کرده‌اند ولی به اندازه داده‌های دوره‌های دیگر نمایانگر اقلیم نیستند. اما با توجه به اینکه در دو دهه گذشته ایران دما در بیشتر ایستگاه‌ها افزایشی و بارش کاهشی بوده است و بیشتر ایستگاه‌ها با چالش‌های اقلیمی مواجه بوده اند، این داده‌ها نمی‌توانند سبب افزایش ظرفیت اقلیمی گمراه کننده شوند بلکه با دمای افزایشی و بارش کاهشی در دوره کوتاه خود می‌توانند چالش‌های اقلیمی بیشتری را نمایان سازند که برای این مطالعه مطلوب است. به عبارت دیگر داده‌های دوره‌های کوتاه مدت اعتبار لازم جهت استخراج شاخص‌های اقلیمی را دارند. همچنین تعداد ایستگاه هایی که داده‌های کوتاه مدت دارند ۱۱ ایستگاه است که حدود ۱۵

درصد ایستگاه ها را شامل است. هدف این مطالعه نیز بررسی تغییرات اقلیمی گذشته نبوده است که به داده های طولانی مدت نیاز داشته باشد. ضمن اینکه داده های بخش های دیگر برای همه ی شهرستان ها طول دوره آنها مشترک است. بنابراین استفاده از داده های دوره های کوتاه در نتیجه این مطالعه اثر نامطلوب ندارند و یافته های آنها نیز معتبر است.

جدول ۱- ایستگاه های هواشناسی مورد استفاده به همراه متغیرهای هواشناسی و سال شروع داده های مورد استفاده در پژوهش

شهرستان	شهرستان	شهرستان	شهرستان
بندر ماهشهر	هندیجان	لالی	گتوند
رامهرمز	عسلویه	شادگان	شوش
میناب	دیلم	برازجان	زریندشت
آبادان	نی ریز	صفاشهر	نورآباد ممسنی
اهواز	حاجی آباد	کازرون	فیروزآباد
بوشهر	بهبهان	جهرم	راسک
شیراز	ایذه	فراشبند	اغاجاری
فسا	شوشتر	ارسنجان	قیر و کارزین
بندر لنگه	دیر	پارسیان	بندرخمیر
جاسک	جم	دزپارت	بستک
چابهار	زرقان	اندیمشک	بشاگرد
ایرانشهر	لار	تخت جمشید	
دزفول	لامرد	سپیدان	
بندرعباس	داراب	استهبان	
دشت ازادگان	اقلید	بوانات	
مسجد سلیمان		رودان	
امیدیه		نیکشهر	
آباده			
شروع بهره برداری از داده ها ۱۹۸۷	شروع بهره برداری از داده ها ۲۰۰۰	شروع بهره برداری از داده ها ۲۰۰۷	شروع بهره برداری از داده ها ۲۰۰۹
**********	**********	**********	**********
متغیر هواشناسی	بارش روزانه	دمای میانگین روزانه	سرعت باد روزانه / حداقل دید افقی روزانه
واحد سنجش	میلی متر	درجه سلسیوس	متر بر ثانیه / متر

جدول ۲ مجموعه عوامل مستخرج از داده های هواشناسی در این مطالعه

مقدار عددی شیب روند دما بر اساس آزمون من-کندال	مقدار عددی شیب روند بارش بر اساس آزمون من-کندال	میانگین بارش سنگین در تمام سال های داده های موجود	میانگین دمای حدی در تمام سال های داده های موجود	میانگین سرعت باد حدی در تمام سال های داده های موجود	میانگین حداقل دید افقی در تمام سال های داده های موجود	**میانگین دما**
نوع روند میانگین دمای سالانه شامل افزایشی- کاهشی- بدون روند بر اساس آزمون من-کندال	نوع روند بارش سالانه شامل افزایشی- کاهشی- بدون روند بر اساس آزمون من-کندال	میانگین تعداد روزهای با بارش سنگین در سال‌های مختلف	میانگین تعداد روزهای با دمای حد بالا در سال‌های مختلف	میانگین تعداد روزهای با باد با سرعت حدی در سال‌های مختلف	میانگین تعداد روزهای با حداقل دید افقی حد پایین در سال‌های مختلف	میانگین بارش سالانه

ب) داده منابع آب

استفاده از تحلیل سلسله مراتبی در مدیریت منابع آب به ویژه در شرایطی که منابع محدود و نیازها متنوع هستند، می‌تواند به بهبود تصمیم‌گیری و تخصیص بهینه منابع کمک کند این روش به کاربران اجازه می‌دهد تا برای هر معیار وزن‌های نسبی تعیین کنند. این وزن‌ها براساس اهمیت معیارها در تصمیم‌گیری مشخص می‌شوند و موجه تحلیل دقیق‌تری می‌شود (نیسی، لمیا و همکاران، ۱۳۹۸). تحلیل سلسله مراتبی

امکان بررسی تأثیر تغییرات در وزن‌ها و امتیازها را بر نتایج نهایی فراهم می‌کند. این ویژگی به کاربران اجاره می دهد تا امتیازدهی را با انطعاف بیشتری انجام دهند (برادران و اوشک سرایی، ۱۴۰۰). مجموعه این عوامل انتخاب روش تحلیل سلسله مراتبی را بر سایر روش ها مقدم تر نمود.

در این تحقیق، وزن دهی از ۰ تا ۱۰۰ صدم در مجموع برای ۳ وزن انجام شده است. اختصاص وزن ها به عوامل مختلف در تحلیل سلسله مراتبی براساس درصد تاثیر است. یعنی تصمیم گیرنده باید درصد تاثیر هر عامل را از ۱ تا ۱۰۰ مشخص کند این یک قاعده کلی در تحلیل سلسله مراتبی است. لذا وزن مختص معیارهای اصلی به ترتیب ۰.۳ برای کیفیت آب آشامیدنی، ۰.۳ برای هزینه تولید و ۰.۴ برای پایداری اقلیمی تعیین شده است که جمع آنها ۱ یا ۱۰۰ درصد است. به دلیل اینکه پایداری اقلیمی اثر مستقیم در ظرفیت اقلیمی دارد امتیاز بیشتری به این عامل اختصاص داده شده است. این وزن‌ها نشان‌دهنده اهمیت نسبی هر یک از معیارها در فرآیند تصمیم‌گیری هستند. به عنوان مثال، پایداری اقلیمی با وزن ۰.۴ به عنوان مهم‌ترین معیار شناخته شده است که نشان دهنده توجه به مسائل ثبات اقلیمی در تصمیم‌گیری‌ها است.

نویسنده باید معیارهای مربوط به مسئله تصمیم‌گیری را شناسایی کند. این معیارها باید به وضوح تعریف شوند تا بتوانند به درستی ارزیابی شوند (حبیبی. آرش، آفریدی. صنم،۱۴۰۱). ملاک وزن دهی اهمیت عامل در ظرفیت اقلیمی بوده است ابتدا وزن همه ی عوامل یکسان در نظر گرفته شد ولی سپس پایداری اقلیمی که دسترسی مداوم آب را آشکار می کند مهم تر از سایر عوامل تشخیص داده شد و به اندازه ۱۰ صدم امتیاز بیشتری نسبت به سایر عوامل به آن داده شد. مجموعه عملیات امتیازدهی با مصاحبه و تکمیل ماتریس توسط کارشناسان سازمان آب صورت گرفته است.

فرآیند مذکور معمولاً شامل مقایسه‌های زوجی برای ارزیابی اهمیت نسبی هر معیار است که سپس برای محاسبه وزن‌های مختلف استفاده می‌شود (Belton. V, Stewart. T, 2002). هدف یافتن بهترین منبع آب بر اساس عوامل ذکر شده بوده است. جدول ۳ امتیازات مختص همه وزن ها و معیارها در بخش داده های منابع آب را نشان داده است. بعد از محاسبات برای هر شهرستان یک امتیاز عددی از منبع آب آن به دست آمده و در جدول خوشه بندی وارد ثبت شده است.

ج) داده‌های ماهواره‌ای

در ارزیابی ظرفیت اقلیمی منطقه مطالعاتی، علاوه بر داده های هواشناسی و منابع آب، از داده‌های ماهواره‌ای متعددی نیز استفاده شده است که در ادامه شرح داده می‌شوند. عمده داده های ماهواره ای این مطالعه از ماهواره های لندست و مادیس گرفته شده است. این ماهواره‌ها مجموعه داده‌هایی فراهم می‌آورند که با استفاده از آنها می‌توان شاخص هایی جهت بررسی محیط و اثرات مختلف اقلیم بر آن را تهیه نمود که از لحاظ زمانی نیز حداقل یک دوره بیست ساله را در بر می‌گیرند. لذا این ماهواره‌ها نیاز مطالعه به داده‌ها را بهتر از سایر ماهواره‌ها فراهم می‌نمودند و به همین دلیل انتخاب شدند. جدول ٤ مشخصات داده های ماهواره ای به کار گرفته شده و شاخص هایی مستخرج از آنها در این مطالعه را نشان داده است.

جدول ۳ امتیازات منابع آب مختلف در این مطالعه

معیار	کیفیت آب آشامیدنی	هزینه تولید	پایداری اقلیمی	مجموع امتیازات
وزن مختص به معیارهای اصلی از ۰ تا۱۰۰ درصد	۰.۳	۰.۳	۰.٤	۱
امتیاز هر معیار در منبع آب دریافت از چاه	۰.٦٦	۰.۵	۰.۵	۰.۵٤
امتیاز هر معیار در منبع آب دریافت از رودخانه	۰.۳۳	۰.۸۳	۱	۰.۷٤
امتیاز هر معیار در منبع آب دریافت از خط انتقال آب تصفیه شده	۱	۰.۳۳	۰.۸۳	۰.۷۳
امتیاز هر معیار در منبع آب دریافت از تبادل داخلی	۰.۵	۰.٦٦	۰.٦٦	۰.٦۱
امتیاز هر معیار در منبع آب دریافت از چشمه	۰.۸۳	۱	۱	۰.۹٤
امتیاز هر معیار در منبع آب دریافت از خط انتقال آب خام یا کشاورزی	۰.۱٦	۰.٦٦	۰.٦٦	۰.۵۱
امتیاز هر معیار در منبع آب دریافت از دریا	۰.۱٦	۰.۱	۰.۱	۰.۱۱

جدول ٤ مشخصات ماهواره ها و شاخص های ماهواره ای به کار گرفته شده در این مطالعه

نوع ماهواره	لندست ۸	رابطه ریاضی محاسبه شاخص
مجموعه مورد نظر	USGS Landsat 8 Collection 2 Tier 1 TOA Reflectance	-
باندهای مورد استفاده در شاخص NDWI	ب ۲ و ب ٤	$(green - nir)/(green + nir)$
باندهای مورد استفاده در شاخص BSI	ب ۱ ، ب۳، ب ٤ و ب ۵	$((Red + SWIR) - (NIR + Blue)) / ((Red + SWIR) + (NIR + Blue))$
باندهای مورد استفاده در شاخص SAVI	ب ۳ و ب ٤	$(NIR - RED) / (NIR + RED + 0.5) * 1.5$
بازه زمانی	۲۰۰۰-۲۰۲۱	-
**********	**********	**********
نوع ماهواره	مادیس	رابطه ریاضی محاسبه شاخص
مجموعه مورد نظر	MOD09GA	-
باندهای مورد استفاده در شاخص NDDI	۳ و ۷	$NDDI = (B7 - B3)/(B7 + B3)$
بازه زمانی	۲۰۰۰-۲۰۲۱	-
**********	**********	**********
نوع ماهواره	مادیس	شماره طبقه یا کلاس هر کاربری
مجموعه مورد نظر	MCD12Q1.061	-
باندهای مورد استفاده برای استخراج اراضی کشاورزی- تالاب دائمی- بوته زار های باز	LC_Type1	کلاس ۷ برای بوته زارهای باز- کلاس ۱۱ برای تالاب های دائمی- کلاس ۱۲ برای اراضی کشاورزی
بازه زمانی	۲۰۰۰-۲۰۲۱	-

شاخص SAVI جهت بررسی تغییرات پوشش گیاهی و ارزیابی تأثیر فعالیت‌های انسانی یا تغییراقلیم بر محیط کاربرد دارد. تغییرات در پوشش گیاهی می‌تواند نشان‌دهنده تغییر اقلیم مانند خشکسالی یا تغییرات در الگوهای بارندگی باشد (Huete.A, 1988). در رابطه شاخص SAVI، NIR به مفهوم باند مادون قرمز نزدیک و RED به مفهوم باند قرمز است. به جای NIR از باند ب ٤ و به جای RED از باند ب ۳ استفاده شده است.

با تجزیه و تحلیل مناطق خاک برهنه، اثرات تغییراقلیم بر ویژگی های خاک و پوشش زمین قابل ارزیابی است. این مهم به درک تغییرات اقلیم بر منطقه کمک می کند و در توسعه راهبردهای سازگاری اقلیمی موثر است (Trong Nguyen. C et al 2021). شاخص BSI به طور موثر مناطقی از خاک لخت را برجسته می کند و امکان نقشه برداری دقیق از پوشش زمین را فراهم می کند که برای درک استفاده از زمین و پویایی پوشش زمین بسیار مهم است. در فرمول شاخص BSI ، Red باند ب ۳، SWIR باند ب ۵، Blue باند ب ۱ و NIR باند ب ٤ است.

با استفاده از NDWI، تاثیر تغییراقلیم بر روی بدنه های آبی ارزیابی می شود. این شاخص تغییرات آب های سطحی را مشخص می نماید. تغییرات در گستره و توزیع آب می تواند نشان دهنده تغییر در الگوهای اقلیمی باشد که برای تجزیه و تحلیل ظرفیت اقلیم حیاتی است (HANQIU. XU, 2006). در فرمول شاخص NDWI ، green به باند ب ۲ و nir به باند ب ٤ اشاره دارد.

شاخص NDDI میزان تاثیرپذیری محدوده مورد مطالعه از طوفان‌های گرد و خاک را با توجه به داده‌های ماهواره‌ای مشخص می‌کند. ذرات گرد و غبار می توانند به طور قابل توجهی بر کیفیت هوا تأثیر بگذارند. با استفاده از NDDI، غلظت و حرکت گرد و غبار که برای مدیریت کیفیت هوا و

سلامت عمومی حیاتی است، ارزیابی می‌شود (Sebastianellic. A, Liberata Ullob. S, 2023). یعنی با استفاده از داده های این شاخص می توان میزان اثرپذیری شهرستان های مختلف از مخاطره گرد و خاک را توضیح داد که بخشی از مخاطرات ظرفیت اقلیمی است. در رابطه شاخص NDDI، B7 باند ۷ و B3 باند سه از محصول مذکور است.

این مقادیر در آخر برای هر شهرستان به صورت سری زمانی به دست آمده و میانگین مقادیر شاخص گیاهی تفاوت فراطیفی، شاخص خاک برهنه، شاخص تفاوت عادی آب و شاخص تفاوت عادی گرد و غبار را برای دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ ارائه داده‌اند. یعنی در نهایت برای هر شهرستان یک مقدار عددی از هر کدام از شاخص های ٤ گانه این بخش در جدول خوشه بندی ثبت شده است.

همچین وسعت اراضی کشاورزی، تالاب های دائمی و بوته زارهای باز در محدوده ی شهرستان های منطقه مورد مطالعه با استفاده از داده های ماهواره مادیس محاسبه شده است. بهره برداری از داده های مذکور در این بخش به صورت محاسبه وسعت هر کدام از کلاس های مذکور در هر کدام از سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ به کیلومتر مربع برای هر شهرستان بوده است. بعد از به دست آمدن مساحت هر کلاس در هر سال از لیست مساحت های هر کلاس در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ برای هر شهرستان جداگانه میانگین گرفته شده است. یعنی در نهایت برای هر شهرستان یک مقدار عددی از هر کدام از کلاس های ۳ گانه این بخش در جدول خوشه بندی ثبت شده است. در بخش شاخص های ماهواره ای داده های ۷ عامل برای شهرستان های مختلف مهیا شده است. جدول ٤ شاخص های ماهواره ای به کار گرفته شده در این مطالعه را با جزئیات ارائه داده است. در جدول ۵ نحوه استخراج داده‌های عوامل هواشناسی جهت جایگذاری در ماتریس خوشه بندی وارد آورده شده است.

جدول ۵ نحوه استخراج داده های عوامل هواشناسی جهت جایگذاری در ماتریس خوشه بندی وارد

متغیر	روش محاسبه	نتیجه اصلی	نتایج بیشتر
شیب روند دما	روندیابی دمای میانگین هر شهرستان برای تمام سال‌های موجود	مقدار شیب روند دما	نوع روند (کاهشی یا افزایشی) بر اساس میانگین‌های سالانه دما محاسبه می‌شود
شیب روند بارش	روندیابی مجموع بارش سالانه از بارش روزانه هر شهرستان برای تمام سال‌های موجود	مقدار شیب روند بارش	نوع روند (کاهشی یا افزایشی) بر اساس مجموع بارش‌های سالانه محاسبه می‌شود
میانگین بارش سنگین در تمام سال های داده های موجود	استخراج بارش‌های سنگین در صدک‌های ۹۸، ۹۹ و ۱۰۰، محاسبه مجموع بارش سنگین به میلیمتر	محاسبه میانگین بارش سنگین	محاسبه میانگین تعداد روزهای با بارش سنگین در سال‌های مختلف
میانگین دمای حدی در تمام سال های داده های موجود	استخراج دماهای حدی در صدک‌های ۹۸، ۹۹ و ۱۰۰، محاسبه میانگین دما به سلسیوس	محاسبه میانگین دمای حدی	محاسبه میانگین تعداد روزهای با دمای حد بالا در سال‌های مختلف
میانگین سرعت باد حدی در تمام سال های داده های موجود	استخراج سرعت بادهای حدی در صدک‌های ۹۹ و ۱۰۰، محاسبه میانگین سرعت باد به متر در ثانیه	محاسبه میانگین سرعت باد حدی	محاسبه میانگین تعداد روزهای با باد با سرعت حدی در سال‌های مختلف
میانگین حداقل دید افقی در تمام سال های داده های موجود	استخراج حداقل دیدهای افقی در صدک‌های ۱، ۲ و ۳، محاسبه میانگین دید به متر	محاسبه میانگین حداقل دید افقی	محاسبه میانگین تعداد روزهای با حداقل دید افقی حد پایین در سال‌های مختلف

روش

در این مطالعه روند داده های دما و بارش مشاهداتی به عنوان بخشی از عوامل ورودی جدول خوشه بندی وارد در نظر گرفته شده است. برای روندیابی داده های مشاهداتی دما و بارش از آزمون من-کندال استفاده شده است. آزمون من-کندال هیچ توزیع خاصی را برای داده ها در نظر نمی گیرد و آن را برای داده های غیرعادی توزیع شده مناسب می کند. نسبت به آزمون های پارامتریک حساسیت کمتری نسبت به نقاط پرت دارد که می تواند به طور قابل توجهی تحت تأثیر مقادیر شدید قرار گیرد. این آزمون می تواند نقاط داده از دست رفته را بدون نیاز به انتساب رسیدگی کند، که برای داده های محیطی طولانی مدت مفید است (Charles Holbert, 2019). نتایج آین آزمون روند داده های مشاهداتی دما و بارش شهرستان های منطقه مورد مطالعه را مشخص کرده است. برای محاسبه آزمون من-کندال از رابطه زیر استفاده می شود.

$$\tau = \frac{(C - D)}{\sqrt{((C + D + T_X) * (C + D + T_Y))}}$$

که در آن C تعداد جفت‌های هماهنگ، D تعداد جفت‌های ناسازگار، T_X تعداد جفت‌های مرتبط با تکرار در X (تعداد مقادیر تکراری در متغیر اول)، T_Y تعداد جفت‌های مرتبط با تکرار در Y (عداد مقادیر تکراری در متغیر دوم) است. یک جفت وقتی هماهنگ است که اگر دو عدد از X و دو عدد از Y را با هم مقایسه کنیم و ببینیم هر دو عدد از X و Y در یک جهت افزایش یا کاهش دارند. به بیان ساده‌تر، هر دو با هم بزرگتر یا هر دو با هم کوچکتر باشند. یک جفت وقتی ناسازگار است که یک عدد از X بزرگتر و عدد مرتبط از Y کوچکتر باشد یا برعکس. آزمون من-کندال مقداری بین ۱- و ۱ دارد: اگر مقدار آزمون ۱ باشد، یعنی همه‌ی داده‌ها هماهنگی کامل دارند. اگر مقدار آزمون ۱- باشد، یعنی همه‌ی داده‌ها ناسازگاری کامل دارند. اگر مقدار آزمون ۰ باشد، یعنی هیچ همبستگی‌ای بین داده‌ها وجود ندارد.

بعد از استخراج داده‌های تمامی شهرستان ها نهایتا یک جدول واحد تهیه شد و با فراخوانی به محیط نرم افزار متلب خوشه بندی وارد اجرا شد. روش وارد یک مورد خاص از رویکرد تابع هدف است که در اصل توسط جو اچ وارد، جونیور ارائه شده است. از جمله مطالعات اقلیم شناسی که از روش وارد در مطالعه خود بهره برده اند می توان موارد زیر را نام برد. Jamshidi. Z, Samani. N (2022) درمطالعه ای از روش وارد به عنوان بخشی از رویکرد خوشه بندی سلسله مراتبی خود برای طبقه‌بندی داده‌های بارش از ٤٦١ ایستگاه باران سنجی در سراسر ایران در یک دوره ۳۳ ساله (۱۹۸۳-۲۰۱٦) با هدف منطقه‌ای کردن ایران در پهنه‌های بارشی همگن در مقیاس‌های کلان، میانی و خرد استفاده کرد. روش وارد معمولاً از فاصله اقلیدسی مربع استفاده می‌کند، می‌توان آن را با سایر معیارهای فاصله تطبیق داد و بسته به ماهیت داده‌های مورد تجزیه و تحلیل، انعطاف‌پذیری را ممکن می‌سازد. این سازگاری می‌تواند کاربرد آن را در حوزه های مختلف افزایش دهد (Ward. J. H. Jr, 1963). مطالعات تجربی نشان داده‌اند که روش وارد اغلب ساختارهای خوشه بندی قوی‌تری را در مقایسه با روش‌های دیگر، مانند روش‌های پیوند منفرد یا کامل، انجام می‌دهد. این مهم در ضرایب تجمعی بالاتر منعکس می شود، که نشان دهنده ساختار خوشه بندی متعادل تر است (Hair. Joseph. F, 2006). هدف روش وارد به حداقل رساندن کل واریانس درون خوشه ای است. در ابتدا، همه خوشه ها تک تن هستند (هر یک شامل یک نقطه است). با توجه به آنچه بیان شد این روش نسبت به سایر روش های تحلیل سلسله مراتبی ارجحیت یافت و استفاده شد. جدول خوشه بندی وارد به دلیل حجم بالای جایگیری امکان قرار دادن آن در داخل مقاله وجود نداشت ولی خود جدول در مستندات مقاله ارائه شده است. جهت انجام خوشه بندی وارد از رابطه زیر استفاده می شود.

$$\begin{aligned}\Delta(A,B) = \sum i \in A \cup B || xi \rightarrow -m \\ \rightarrow A \cup B || 2 - \sum i \in A || xi \\ \rightarrow -m \rightarrow A || 2 - \sum i \in B || xi \\ \rightarrow -m \rightarrow B || 2 \\ = nAnBnA + nB || m \\ \rightarrow A - m \rightarrow B || 2\end{aligned}$$

که در آن Δ(A, B) نشان دهنده فاصله بین دو خوشه A و B است. در زمینه خوشه بندی وارد، هدف ما به حداقل رساندن این فاصله است. A و B دو خوشه در حال ادغام هستند. در ابتدا، هر نقطه داده به عنوان یک خوشه منفرد در نظر گرفته می شود و سپس خوشه ها به طور مکرر ادغام می شوند. nA و nB به ترتیب تعداد نقاط داده در خوشه‌های A و B را نشان می‌دهند. →xi نشان دهنده i- امین نقطه داده است.

این یک برداری است که شامل ویژگی ها (ویژگی های) نقطه داده است.m→A و m→B به ترتیب بردارهای مرکز (بردارهای میانگین) خوشه های A و B هستند. آنها میانگین مقادیر ویژگی نقاط داده را در هر خوشه نشان می دهند(.Hu U, Li. K , Mengm. A, 2018). به سبب حجم زیاد مراحل مطالعه امکان ارائه مثال برای تجسم تک تک روش های بهره برداری شده در مطالعه ممکن نبود.

یافته های پژوهش

آنچه که در مطالعات تحلیل سلسله مراتبی حاصل می‌شود طبقه بندی مجموعه‌ای از داده ها در دسته های مشخص است. دسته های جدا شده ویژگی‌های مشابهی دارند به طوری که می توان برای هر یک از دسته ها مقادیر خاصی از یک متغیر اختصاص داد. قبل از پرداختن به یافته های این مقاله وجود یک مثال که درک انجام فرآیند تحلیل سلسله مراتبی وارد در این مطالعه را ساده تر کند ضروری است لذا در ادامه مثالی ارائه شده است. جدول ٦ مجموعه داده‌های فرضی ۱۲ شهرستان را برای ۵ متغیر اقلیمی نشان می دهد. ستون‌هایی که از A تا E نامگذاری شده اند امتیازات این شهرستان ها را از ۵ متغیر اقلیمی مشخص نشان می دهند. امتیازدهی از ۱ تا ۱۲ بر اساس کسب رتبه شهرستان است. در این مثال بارش و ساعات آفتابی به عنوان عوامل نشان دهنده ی نقاط قوت ظرفیت اقلیمی و دمای خاک، دما و تبخیر سالانه نشان دهنده ی عوامل نقاط ضعف ظرفیت اقلیمی قلمداد شده اند. لذا رتبه های بالا در عوامل نقاط قوت امتیاز آنها از ۱۲ به پایین محاسبه شده اند و رتبه های بالا در عوامل نقاط ضعف امتیاز آنها از ۱ به بالا محاسبه شده است. یعنی شهرستان هایی که رتبه آنها در عوامل کاهنده ظرفیت اقلیمی بالا بوده است کمترین امتیاز را در این عوامل کسب کرده اند و بالعکس. مثلا شهرستانی که بیشترین دما را در بین ۱۲ شهر داشته است امتیاز ۱ کسب کرده است. یا شهرستانی که بیشترین بارش را داشته است از بین ۱۲ شهرستان امتیاز ۱۲ کسب کرده است. این داده ها یعنی نام شهرستان به همراه مقادیر واقعی داده ها از سمت راست از ستون های ۲ تا ٦ را با استفاده از روش خوشه بندی وارد در سه گروه طبقه بندی کردیم. ستون های امتیازات در فرآیند خوشه بندی نقشی نداشته است.

جدول ٦ مجموعه داده های واقعی ۱۲ شهرستان را برای ۵ متغیر اقلیمی در فرآیند خوشه بندی فرضی

نام شهرشتان	دمای خاک	میانگین ساعات آفتابی	میانگین دما	بارش سالانه	تبخیر و تعرق سالانه	A	B	C	D	E
میناب	۱۹.۱٦	۹.۲٤	۲۸.۵۵	۲۲٤.۸٤	۲۵۱۸	۳	۹	۱	۹	۱۱
حاجی آباد	۱۲.۰۲	۹.٦۷	۱٤.۸۹	۲۱۵.۳۵	۳۱۹۳	۸	۱۱	۱۲	۸	٦
چابهار	۲۱.۱۱	۸.٤۲	۲٦.٦۹	۱۱۳.۱۵	۲٤۲۷	۱	۲	٤	۳	۱۲
تخت جمشید	۸.۱۹	۹.۸۵	۲۲.۷۹	۱۸۲.۵	۲٦٦٤	۹	۱۲	۸	۵	۹
مسجد سلیمان	۱۵.٦٤	۸.۰٤	۲۵.۹۳	٤۱۳	۳۲٤۸	٦	۱	٦	۱۲	۵
بندرعباس	۱۹.۸۹	۸.٦	۲۷.۳۲	۱۷۱.۵۵	۲۵۹۸	۲	۵	۳	٤	۱۰
زاهدان	۷.۸۳	۹.۰۸	۱۸.۸۹	۸۵.۸۱	۳٦۳۵	۱۰	۷	۱۰	۱	۲
بوستان	۱٤.۹۷	۸.۵۷	۲۵.۲۳	۱۹٤	۳۵۹۵	۷	٤	۷	٦	۳
اهواز	۱۵.٦٦	۸.٤۸	۲٦.۳۷	۲۰۸.۰۵	۳۲۷۲	۵	۳	۵	۷	٤
شیراز	۵.۸۳	۹.۰۳	۱٦.۸۱	۳۸۰	۲۸۹۰	۱۲	٦	۱۱	۱۱	۸
ایرانشهر	۱۷.۹۱	۹.۱۷	۲۷.۵۸	۱۰۵	٤٤۱٦	٤	۸	۲	۲	۱
سپیدان	۷.۵۵	۹.٤۹	۱۹.۲٤	۳٦۲	۲۹۰۱	۱۱	۱۰	۹	۱۰	۷

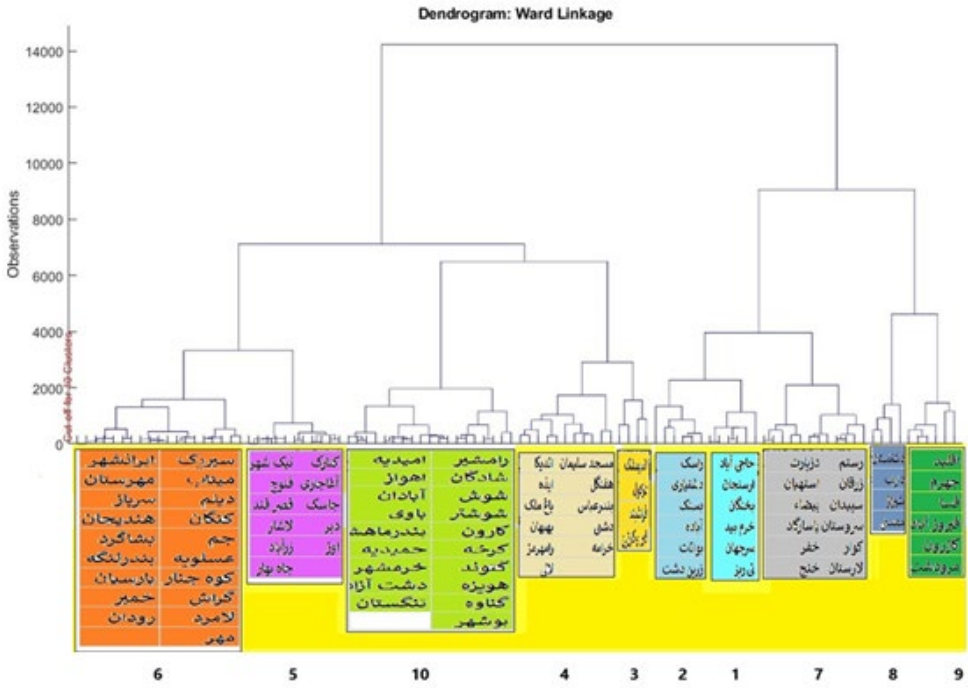
بعد از انجام فرآیند خوشه بندی نتایج خوشه بندی به شرح جدول ۷ به دست آمد. با توجه به امتیازاتی که هر شهرستان با توجه به داده هایش داشت، امتیازات خوشه ها محاسبه شد. یعنی بعد از انجام خوشه بندی فرآیند امتیازدهی خوشه ها بر اساس امتیازات هر شهرستان محاسبه شده است. چنانچه در این مثال فقط میانگین امتیاز خوشه محاسبه شد، می توان میانگین امتیازات در عوامل نقاط ضعف و قوت اقلیمی را نیز محاسبه کرد. همچنین میانگین امتیاز تک تک شهرستان ها نیز قابل دستیابی خواهد بود.

جدول ۷ نتایج خوشه بندی داده های فرضی مثال قبلی

شماره خوشه	نام شهرستان	میانگین امتیاز
خوشه ۱	ایرانشهر	۳.٤
خوشه ۲	حاجی آباد, مسجد سلیمان, زاهدان, بوستان, اهواز, شیراز, سپیدان	۷.۱۷
خوشه ۳	میناب, چابهار, تخت جمشید, بندرعباس	٦.۱

این فرآیند در مقیاس واقعی به همین صورت برای ۹۸ شهرستان و ۲۱ عامل در این مطالعه به انجام رسیده است. عوامل نقاط ضعف و قوت اقلیمی در شرح مطالعه بیان شده است که در ادامه به آن پرداخته شده است.

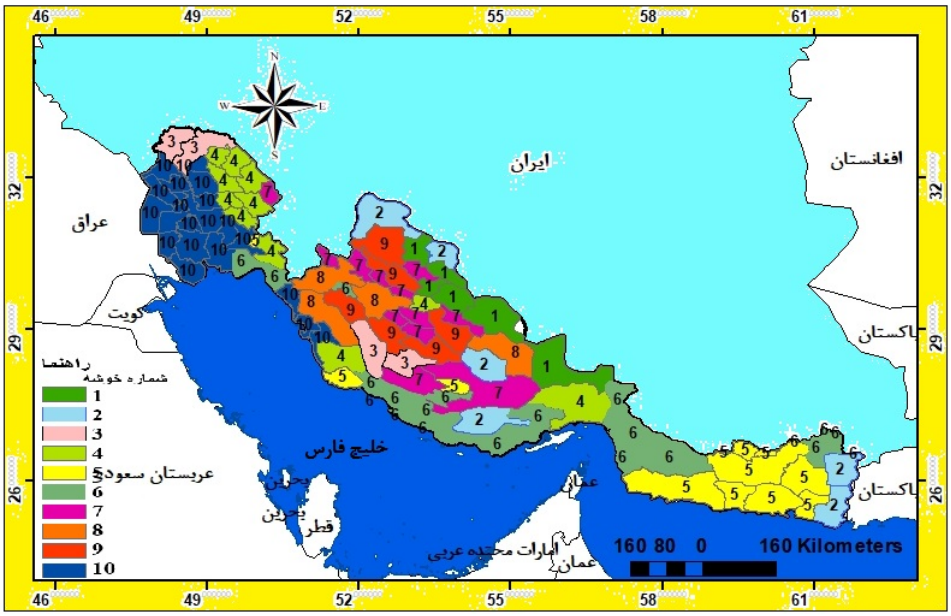
شکل ۲ دندروگرام خوشه بندی انجام شده به روش وارد در این مطالعه را نشان داده است. همچنین جدول ۸ نتایج مقایسه خوشه بندی با داده‌های مشاهداتی خوشه ها را نشان داده است. پس از انجام خوشه بندی هر کدام از خوشه ها با داده های مشاهداتی خود مقایسه شدند تا مساعد و نامساعدترین خوشه معلوم شود. برای محاسبه امتیازات شهرستان ها رتبه هر شهرستان از ۹۸ شهرستان از ۱ تا ۹۸ در هر کدام از عوامل مربوطه به دست آمد و شهرستان ها بر اساس کسب بیشترین امتیاز در هر عامل رتبه بندی شدند برای بررسی نقاط ضعف خوشه ها از عوامل میانگین بارش سنگین سالانه در صدک ۹۹ و ۱۰۰، نسبت بارش سنگین به کل بارش سالانه به درصد، میانگین دمای حدی شامل صدک های ۹۹ و ۱۰۰، میانگین تعداد روزهای دارای دمای حدی، میانگین سرعت باد در صدک‌های ۹۹ و ۱۰۰، میانگین تعداد روزهای دارای سرعت باد حدی، میانگین حداقل دید افقی شامل صدک‌های ۱ تا ۳ و میانگین تعداد روزهای دارای حداقل دید افقی بهره برداری شده است. برای بررسی نقاط قوت خوشه‌ها از میانگین وسعت اراضی کشاورزی، میانگین وسعت بوتزارها، میانگین وسعت تالاب‌ها و میانگین بارش سالانه در داده‌های مشاهداتی استفاده شده است. در بررسی محاسبه نقاط قوت اقلیمی شهرستان ها، هر شهرستان هر چقدر رتبه بالایی در از ۱ تا ۹۸ کسب کرده بود برای آن نقطه قوت تلقی شده بود و برای محاسبه نقاط ضعف نیز شهرستان‌ها هر چقدر بیشتر عوامل نقاط ضعف اقلیمی در آنها مشاهده شده بود رتبه کمتری را از ۱ تا ۹۸ به خود اختصاص داده‌اند. پس از تحلیل داده های جدول و میانگین گیری از داده های هر ردیف شامل نقاط مطلوب و نامطلوب در نقاط ضعف و قوت همه خوشه‌ها مشخص شد که خوشه شماره ۹ با کسب امتیاز ۵۹.٤۷ بیشترین امتیاز ممکن را از بین ده خوشه در به دست آورده است که شامل شهرستان‌های اقلید، جهرم، فسا، فیروزآباد، کازرون و مرودشت بود. همچنین خوشه شماره ٦ با کسب امتیاز ٤۰.۰۱ کمترین امتیاز را از بین ده خوشه به دست آورده است که شامل ایرانشهر، مهرستان، سرباز، هندیجان، بشاگرد، بندرلنگه، پارسیان، خمیر، رودان، سیریک، میناب، دیلم، کنگان، عسلویه و گراش، لامرد و مهر بود. از لحاظ برتری ظرفیت اقلیمی خوشه‌های شماره ۹ و ۳ برترین خوشه ها تشخیص داده شده اند. همچنین به لحاظ نامطلوب بودن در میزان ظرفیت اقلیمی خوشه شماره ٦ و ۲ نامطلوب ترین خوشه های ممکن در این مطالعه تشخیص داده شده‌اند. شکل ۳ نیز نقشه خوشه بندی وارد در این مطالعه را نشان داده است.



شکل ۲ دندروگرام خوشه بندی انجام شده به روش وارد در این مطالعه

جدول ۸ نتایج مقایسه خوشه بندی با داده های مشاهداتی خوشه ها مجموع امتیازات در این مطالعه

ترتیب خوشه‌ها	مجموع امتیازات در داده‌های مشاهداتی	شهرستان های متعلق به خوشه مربوطه
٦	٤٠.٠١	بشاگرد، ایرانشهر، مهرستان، سرباز، هندیجان، بندرلنگه، پارسیان، خمیر، رودان، سیریک، میناب، دیلم، کنگان، جم، عسلویه، کوه چنار، گراش، لامرد، مهر
٢	٤٥.٨٧	راسک، دشتیاری، بستک، آباده، بوانات، زرین دشت
٥	٤٦.٦٨	قصر قند، جاسک، چابهار، نیک شهر، فنوج، لاشار، زرآباد، کنارک، آغاجاری، دیر، اوز
١٠	٤٨.٤٤	هویزه، شادگان، خرمشهر، دشت آزادگان، آبادان، امیدیه، اهواز، باوی، بندرماهشهر، حمیدیه، رامشیر، شوش، شوشتر، کارون، کرخه، گتوند، گناوه، بوشهر، تنگستان
١	٥١.١٥	بختگان، ارسنجان، نی ریز، حاجی آباد، خرم بید، سرچهان
٨	٥٣.٨٩	شیراز، دشتستان، داراب، ممسنی
٤	٥٤.٨٥	خرامه، ایذه، لالی، اندیکا، مسجد سلیمان، باغ ملک، بهبهان، رامهرمز، هفتگل، بندرعباس، دشتی
٧	٥٥.٤٧	استهبان، لارستان، سروستان، دزپارت، بیضاء، پاسارگاد، خفر، خنج، رستم، زرقان، سپیدان، کوار
٣	٥٨.٠٤	اندیمشک، دزفول، فراشبند، قیر و کارزین
٩	٥٩.٤٧	جهرم، کازرون، اقلید، فسا، فیروز آباد، مرودشت



شکل ۸ نقشه خوشه بندی وارد در این مطالعه

بررسی نقاط قوت خوشه‌ها در ظرفیت اقلیمی

جدول ۹ ترتیب خوشه ها از بالا به پایین یعنی از بهترین تا نامطلوب ترین خوشه به لحاظ ظرفیت اقلیمی در بیشترین نقاط قوت را نشان داده است. براساس تحلیل داده‌های جدول مشخص شد خوشه ای که بالاترین امتیازات را در میانگین عوامل نشانگر نقاط قوت شامل میانگین وسعت اراضی کشاورزی، میانگین وسعت بوتزارها، میانگین وسعت تالاب‌ها و میانگین بارش سالانه در داده های مشاهداتی به دست آورده خوشه شماره ٤ با امتیاز ٦٣.٦ بوده است که شهرستان های اندیکا، ایذه، باغ ملک، بهبهان، رامهرمز، لالی، مسجد سلیمان، هفتگل، بندرعباس از این خوشه بوده اند. امتیاز ٦٣.٦ به این معنی است که خوشه شماره ٤ از بین امتیازات در پنج عامل مذکور که به تعداد شهرستان‌های منطقه مورد مطالعه یعنی از ۱ تا ۹۸ رتبه بندی شده اند، به طور میانگین امتیاز ٦٣.٦ را کسب کرده است به طوری که همزمان خوشه ی دیگری امتیازی بیشتر از آن کسب نکرده است. لذا خوشه شماره ٤ به عنوان مطلوب ترین خوشه از لحاظ دارا بودن نقاط قوت ظرفیت اقلیمی در این مطالعه معرفی می شود. با تحلیل اقلیم شناسی شهرستان های خوشه شماره ٤ مشخص شد بیشتر نقاط این شهرستان در بخش بیرونی زاگرس مرکزی هستند. اکثر نقاط این خوشه بیشترین امتیازات را در میانگین بارش سالانه به دست آورده اند. همچنین نقاط این خوشه حداقل در دو یا سه عامل وسعت تالاب ها، اراضی کشاورزی و بوته زار ها بیشترین امتیازات ممکن را در ۹۸ شهرستان به خود اختصاص داده اند. بخش قابل تمایز خوشه این است که بخشی از شهرستان‌های خوشه از نقاط ساحلی هستند و به لحاظ دمای سالانه و بارش تشابهی با کوهپایه های زاگرس مرکزی ندارند. تفاوت در نقاط واقع در استان خوزستان با نقاط ساحلی به صورت واضح در داده های دما، بارش و رطوبت دیده می‌شود. پس باید وجه اشتراک این نقاط در ظرفیت اقلیمی به دست می‌آمد. لذا پس از تحلیل مجدد داده‌های مشاهداتی مشخص شد شهرستان بندرعباس و دشتی امتیاز بالایی را در وسعت بوته زارها به خود اختصاص داده‌اند. با بررسی مجدد داده‌های اقلیمی هر دو شهرستان مشخص شد که میانگین رطوبت نسبی در هر دو نقطه بسیار بالاست و لذا بخشی از آب مورد نیاز بوته زارها از همین منبع تامین می شود.

همچنین خوشه شماره ٦ با امتیاز ٣٤.٤٥، شامل شهرستان‌های ایرانشهر، مهرستان، خمیر، رودان، سیریک و میناب نیز کمترین امتیاز ممکن را از بین ۱۰ خوشه به دست آورده است و به عنوان نامطلوب ترین خوشه از لحاظ دارا بودن نقاط قوت ظرفیت اقلیمی تشخیص داده شده است. مجددا تاکید می‌شود امتیازدهی خوشه ها بر اساس میانگین رتبه آنها در هر کدام از عوامل مذکور از ۱ تا ۹۸ به تعداد شهرستان های منطقه مورد مطالعه انجام گرفته است. مثلا شهرستان اکس در

یک عامل از بین ۹۸ شهرستان در رتبه ٦ ، در عامل بعدی در رتبه ۵۵ و در عامل سوم از بین ۹۸ شهرستان در رتبه ۸۲ قرار گرفته باشد، میانگین رتبه این شهرستان ٤٧.٦٦ محاسبه می‌شود.

جدول ۹ ترتیب خوشه‌ها از بالا به پایین یعنی از بهترین تا نامطلوب‌ترین خوشه به لحاظ ظرفیت اقلیمی در بیشترین نقاط قوت

ترتیب خوشه ها	میانگین امتیازات در بیشترین نقاط قوت
٦	٣٤.٤٥
٢	٣٦.١٣
٥	٣٨.٦٧
١	٤٩.٨٣
١٠	٥٤.٤
٧	٥٥.٣
٩	٥٩.٨
٨	٦١.٨٥
٣	٦٣.٠٥
٤	٦٣.٦

بررسی نقاط ضعف خوشه ها در ظرفیت اقلیمی

جدول ۱۰ ترتیب خوشه ها از بالا به پایین یعنی از بهترین تا بدترین خوشه به لحاظ ظرفیت اقلیمی در کمترین نقاط ضعف را نشان داده است. بر اساس تحلیل داده های جدول مشخص شد خوشه ای که بالاترین امتیازات را در میانگین عوامل نقاط ضعف شامل میانگین بارش سنگین سالانه در صدک ۹۹ و ۱۰۰، نسبت بارش سنگین به کل بارش سالانه به درصد، میانگین دمای حدی شامل صدک های ۹۹ و ۱۰۰، میانگین تعداد روزهای دارای دمای حدی، میانگین سرعت باد در صدک‌های ۹۹ و ۱۰۰، میانگین تعداد روزهای دارای سرعت باد حدی، میانگین حداقل دید افقی شامل صدک‌های ۱ تا ۳ و میانگین تعداد روزهای دارای حداقل دید افقی را در داده های مشاهداتی به دست آورده خوشه شماره ۹ با امتیاز ۵۹.۲۳ بوده است که شهرستان های اقلید، جهرم، فسا، فیروز آباد، بوشهر، گراش از این خوشه بوده اند.لذا خوشه شماره ۹ به عنوان مطلوب ترین خوشه از لحاظ دارا بودن کمترین نقاط ضعف ظرفیت اقلیمی در این مطالعه معرفی می شود.

همچنین خوشه شماره ٦ با امتیاز ٤٣.٩٨، شامل شهرستان‌های ایرانشهر، مهرستان، خمیر، رودان، سیریک و میناب نیز کمترین امتیاز ممکن را از بین ۱۰ خوشه به دست آورده است و به عنوان نامطلوب ترین خوشه از لحاظ دارا بودن کمترین نقاط قوت ظرفیت اقلیمی تشخیص داده شده است. امتیاز بندی این جدول نیز بر اساس کمترین نقاط ضعف بوده است. یعنی در این جدول کمترین نقاط ضعف به عنوان مطلوب بودن ظرفیت اقلیمی در نظر گرفته شده است. با تحلیل داده های مشاهداتی نقاط این خوشه مشخص شد که همه نقاط بیشترین دما و کمترین بارش را در منطقه مورد مطالعه دارند. این شهرستان‌ها در معرض بیشترین مخاطرات اقلیمی هستند در هیچ یک از نقاط قوت اقلیمی امتیاز مطلوبی کسب ننموده اند. بیشتر این شهرستان ها در سواحل قرار دارند.

جدول ۱۰ ترتیب خوشه‌ها از بالا به پایین یعنی از بهترین تا بدترین خوشه به لحاظ ظرفیت اقلیمی در کمترین نقاط قوت

ترتیب خوشه ها	میانگین امتیازات در بیشترین نقاط قوت
٦	٤٣.٩٨
١٠	٤٤.١٩
٨	٤٨.٢١
٤	٤٨.٦١
١	٥٢.٠٩
٥	٥٢.٤
٢	٥٢.٨٣
٣	٥٤.٤٦
٧	٥٥.٦
٩	٥٩.٢٣

بررسی توانایی شهرستان های هر خوشه در مطلوب و غیر مطلوب بودن نقاط قوت و ضعف ظرفیت اقلیمی

همچنین جدای از خوشه بندی با توجه به نتایج جدول ۱۱ شهرستان ایذه با کسب امتیاز ٨٦.٤ برترین شهرستان دارای نقاط قوت ظرفیت اقلیمی تشخیص داده شد. شهرستان جهرم نیز با کسب امتیاز ۸۵.۲۸ برترین شهرستان دارای کمترین

نقاط ضعف ظرفیت اقلیمی تشخیص داده شد. شهرستان بندر لنگه هم با کسب امتیاز ۱۳.۸ نامساعد ترین شهرستان دارای نقاط قوت ظرفیت اقلیمی تشخیص داده شد. در آخر شهرستان خرمشهر هم با کسب امتیاز ۲٤.۷۱ نامساعد ترین شهرستان دارای کمترین نقاط ضعف ظرفیت اقلیمی تشخیص داده شد. همچنین شهرستان های حاجی آباد (۵۸.۳۳)، بستک (۳۹.٤)، اندیمشک (۸٤.۸)، ایذه (۸٦.٤)، آغاجاری (۵۰.٤)، بشاگرد (۵۲.۸)، دزپارت (۷۱.٦)، شیراز (۷۱.٤)، کازرون (٦۹.۲)، شوشتر (۷۲) به ترتیب بهترین شهرستان های خوشه های شماره ۱ تا ۱۰ به لحاظ مطلوب بودن در نقاط قوت اقلیمی تشخیص داده شده اند. شهرستان ایذه با ۸٦.٤ از خوشه ٤ و بستک با ۳۹.٤ از خوشه ۲، بیشترین و کمترین امتیاز را در بخش شهرستان دارای نقاط قوت ظرفیت اقلیمی به دست آورده اند. شهرستان‌های نامطلوب در نقاط قوت خوشه ها از خوشه ۱ تا ۱۰ به ترتیب شامل بختگان، دشتیاری، فراشبند، هفتگل، لاشار، بندر لنگه، خنج، ممسنی، مرودشت و کارون هستند. این شهرستان‌ها کمترین امتیاز ممکن را در بخش شهرستان نامطلوب در نقاط قوت خوشه ها به خود اختصاص داده اند. شهرستان ممسنی با ٥٤ از خوشه ۸ و بندر لنگه با ۱۳.۸ از خوشه ٦، بیشترین و کمترین امتیاز را در این قسمت به دست آورده اند. شهرستان‌های مطلوب در کمترین نقاط ضعف خوشه ها از خوشه ۱ تا ۱۰ به ترتیب شامل ارسنجان، بوانات، دزفول، لالی، نیکشهر، ایرانشهر، دزپارت، شیراز، جهرم و امیدیه هستند. این شهرستان‌ها بیشترین امتیاز ممکن را در بخش شهرستان مطلوب در کمترین نقاط ضعف خوشه ها به خود اختصاص داده اند. شهرستان جهرم با ۸۵.۲۸ از خوشه ۹ و ایرانشهر با ۵۵.٤۲ از خوشه ٦، بیشترین و کمترین امتیاز را در این قسمت به دست آورده‌اند. شهرستان‌های نامطلوب در کمترین نقاط ضعف خوشه ها از خوشه ۱ تا ۱۰ به ترتیب شامل سرچهان، آباده، قیر و کارزین، دشتی، دیر، کنگان، پاسارگاد، دشتستان و خرمشهر هستند. این شهرستان‌ها کمترین امتیاز ممکن را در بخش شهرستان نامطلوب در کمترین نقاط ضعف خوشه هابه خود اختصاص داده اند. شهرستان آباده با ۵۰.۱٤ از خوشه ۲ و خرمشهر با ۲٤.۷۱ از خوشه ۱۰، بیشترین و کمترین امتیاز را در این قسمت به دست آورده اند. با توجه به تحلیل چند بند قبل مشخص شد که شهرستان های ایذه، ممسنی، جهرم و آباده بیشترین امتیازات را در این مطالعه به خود اختصاص داده اند و شهرستان های بستک، بندر لنگه، ایرانشهر و خرمشهر کمترین امتیازات را در این مطالعه به خود اختصاص داده اند.

جدول ۱۱ مشخصات شهرستان های مطلوب و غیرمطلوب در نقاط قوت و نقاط ضعف در خوشه بندی این مطالعه

شماره خوشه	شهرستان مطلوب در نقاط قوت ظرفیت اقلیمی	امتیاز	شهرستان نامطلوب در نقاط قوت ظرفیت اقلیمی	امتیاز	شهرستان مطلوب در کمترین نقاط ضعف ظرفیت اقلیمی	امتیاز	شهرستان نامطلوب در کمترین نقاط ضعف ظرفیت اقلیمی	امتیاز
خوشه ۱	حاجی اباد	۵۸.۳۳	بختگان	٤۸.۳۳	ارسنجان	٦۱.۲	سرچهان	٤۰.۸
خوشه ۲	بستک	۳۹.٤	دشتیاری	۳۱.٤	بوانات	۵٦.۱٤	آباده	۵۰.۱٤
خوشه ۳	اندیمشک	۸٤.۸	فراشبند	٤٤.۸	دزفول	٦٦.۸۵	قیر و کارزین	٤٤.۷۱
خوشه ٤	ایذه	۸٦.٤	هفتگل	٤۲.۲	لالی	٦۲	دشتی	۲۷.۱٤
خوشه ۵	آغاجاری	۵۰.٤	لاشار	۳۱.٤	نیکشهر	٦۰.۵۷	دیر	۳۳.٤۲
خوشه ٦	بشاگرد	۵۲.۸	بندر لنگه	۱۳.۸	ایرانشهر	۵۵.٤۲	کنگان	۲٤.۸۵
خوشه ۷	دزپارت	۷۱.٦	خنج	۳۰	دزپارت	۷۲.۷۱	پاسارگاد	۳۰.۷۱
خوشه ۸	شیراز	۷۱.٤	ممسنی	۵٤	شیراز	۵۹.۲۸	دشتستان	۳٦.۵۷
خوشه ۹	کازرون	٦۹.۲	مرودشت	۵۳.۸	جهرم	۸۵.۲۸	اقلید	٤٤.٤۲
خوشه ۱۰	شوشتر	۷۲	کارون	۳۲.۲	امیدیه	٦۳	خرمشهر	۲٤.۷۱

نتایج و بحث

نتایج خوشه‌بندی نشان می‌دهد که خوشه شماره ۹ با ۵۹.۴۷ امتیاز، در مجموع برترین خوشه با ظرفیت اقلیمی مطلوب است که شامل شهرستان‌های اقلید، جهرم، فسا، فیروزآباد، کازرون و مرودشت است. ولی چون امتیازات این خوشه به دلیل قرارگیری کمتر در معرض مخاطرات اقلیمی بوده است که آن هم در ظرفیت سنجی اقلیمی مهم است ولی چون فقط قرار نگرفتن در معرض مخاطرات اقلیمی، نمی تواند زندگی بخش باشد این خوشه در رده دوم ظرفیت اقلیمی در این مطالعه قرار می گیرد. لذا خوشه شماره ٤ که بیشترین امتیازات یعنی ٦٣.٦ را در نقاط قوت ظرفیت اقلیمی به دست آورده است به عنوان برترین خوشه این مطالعه معرفی می شود که شامل شهرستان‌های اندیکا، ایذه، باغ ملک، بهبهان، رامهرمز، لالی، مسجد سلیمان، هفتگل و بندرعباس است. امتیازات این خوشه در نقاط قوت ظرفیت اقلیمی شامل بارش سالانه، وسعت بوته زارها، وسعت تالاب ها، وسعت زمین های کشاورزی و نوع منبع تامین آب بوده است.

با تحلیل اقلیم شناسی شهرستان های خوشه شماره ۹ مشخص شد که همه شهرستان ها دارای بارش و دمای نواحی نیمه خشک هستند. دمای همه شهرستان ها غیر از اقلید بیشتر از ۲۰ درجه سلسیوس است. دمای سالانه شهرستان اقلید ۱۳ درجه سلسیوس است که ناشی از عرض جغرافیایی شمالی تر و ارتفاع بالای این نقطه است. میانگین رطوبت این خوشه ۳٦ درصد است که بیشترین مقدار آن در مرودشت با ٤٠ درصد مشاهده شده است. رطوبت بالا در این شهرستان ناشی از موقعیت جغرافیایی نزدیک آن به دریاچه‌های مرکزی استان فارس می‌باشد. همچنین میانگین بارش این خوشه ۳۱۷ میلیمتر است که بیشترین آن با ۳٥٤ میلیمتر در شهرستان اقلید اتفاق می افتد. این نتایج نشان می دهد که شهرستان اقلید به لحاظ امتیازات اقلیمی با دمای کمتر و بارش بیشتر نسبت به سایر شهرستان ها موقعیت بهتری دارد. بیشتر شهرستان ها در عرض جغرافیایی مشابهی قرار دارند هم چنین همه شهرستان ها در ارتفاع بلند و نسبتا مشابهی قرار دارند. تفاوت آشکار در داده های اقلیمی نشان می دهد که تنها داده های اقلیمی مانند بارش و دما معین کننده ظرفیت اقلیمی نیستند. با مقایسه بیشتر خوشه با داده های مشاهداتی مشخص شد این خوشه بیشترین امتیازات را در عدم قرار گیری در معرض مخاطرات به دست آورده است. بیشتر نقاط این خوشه در کوهپایه‌های زاگرس جنوبی قرار دارد و نسبت به سایر ایستگاه های مرتفع استان فارس بارش حدی کمتری در آنها به وقوع می پیوندد. در این خوشه موقعیت مرتفع نقاط سبب کاهش وقوع مخاطراتی مانند دمای حدی است. به دلیل اینکه این نقاط در موقعیت کوهستانی هستند و دارای بارش مطلوب نیز هستند پوشش گیاهی مناسب در سطح آنها وجود دارد و لذا مخاطرات گرد و خاک و دید افقی پایین کمتر در آنجا اتفاق می افتد.

خوشه شماره ٦ با امتیاز ٤٠.٠١، نامساعدترین خوشه شامل شهرستان‌های ایرانشهر ، مهرستان ، سرباز، هندیجان، بشاگرد، بندرلنگه، پارسیان، خمیر، رودان، سیریک، میناب، دیلم، کنگان، عسلویه و گراش، لامرد و مهر است. خوشه شماره ٦ در نقاط قوت ظرفیت اقلیمی کمترین امتیازات و در نقاط ضعف آن بیشترن امتیازات را به دست آورده است.

با بررسی دقیق شهرستان‌ها، ایذه با امتیاز ٨٦.٤ به عنوان برترین شهرستان از نظر نقاط قوت ظرفیت اقلیمی شناخته شد. در حالی که شهرستان جهرم با امتیاز ۸٥.۲۸ کمترین نقاط ضعف ظرفیت اقلیمی را داراست. همچنین، بندر لنگه و خرمشهر به ترتیب با امتیاز ۱۳.۸ و ۲٤.۷۱، نامساعدترین شهرستان‌ها در زمینه ظرفیت اقلیمی شناسایی شدند. همچنین شهرستان های حاجی آباد (٥٨.۳۳)، بستک (۳۹.٤)، اندیمشک (٨٤.٨)، ایذه (٨٦.٤)، آغاجاری (٥٠.٤)، بشاگرد (٥۲.٨)، دزپارت (۷۱.٦)، شیراز (۷۱.٤)، کازرون (٦۹.۲)، شوشتر (۷۲) به ترتیب بهترین شهرستان های خوشه های شماره ۱ تا ۱۰ به لحاظ مطلوب بودن در نقاط قوت اقلیمی تشخیص داده شده‌اند. در بحث بررسی ظرفیت اقلیمی شهرستان‌ها بر اساس خوشه‌بندی و تحلیل نقاط قوت و ضعف نتایج نشان می‌دهد که خوشه شماره ٤ با کسب امتیاز ٦۳.٦، به عنوان بهترین خوشه از لحاظ نقاط قوت ظرفیت اقلیمی است. این خوشه شامل شهرستان‌های اندیکا، ایذه، باغ ملک، بهبهان، رامهرمز، لالی، مسجد سلیمان، هفتگل و بندرعباس می‌باشد. در مقابل، خوشه شماره ٦ با امتیاز ۳٤.٤٥، به عنوان نامطلوب‌ترین خوشه از لحاظ نقاط قوت ظرفیت اقلیمی شناخته شد و شامل شهرستان‌های ایرانشهر، مهرستان، خمیر، رودان، سیریک و

میناب است. در بررسی کمترین نقاط ضعف، خوشه شماره ۹ با امتیاز ۵۹.۲۳ بهترین وضعیت را دارا بوده و شهرستان‌های اقلید، جهرم، فسا، فیروز آباد، بوشهر و گراش از این خوشه هستند. در مقابل، خوشه ٦ با امتیاز ٤٣.٩٨، کمترین امتیاز را در این بخش کسب کرده است که حاکی از بیشترین نقاط ضعف در بحث ظرفیت اقلیمی است. شهرستان ایذه با امتیاز ٨٦.٤ به عنوان برترین شهرستان دارای نقاط قوت ظرفیت اقلیمی شناخته شد، در حالی که شهرستان جهرم با امتیاز ۸۵.۲، دارای کمترین نقاط ضعف ظرفیت اقلیمی بود. همچنین، شهرستان بندر لنگه با امتیاز ۱۳.۸، نامساعدترین شهرستان در نقاط قوت و شهرستان خرمشهر با امتیاز ٢٤.٧١، نامساعدترین در کمترین نقاط ضعف شناسایی شدند. همچنین مشخص شد که شهرستان‌های ایذه، ممسنی، جهرم و آباده بیشترین امتیازات را در این مطالعه به خود اختصاص داده‌اند و شهرستان‌های بستک، بندر لنگه، ایرانشهر و خرمشهر کمترین امتیازات را در این مطالعه به خود اختصاص داده اند. تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که میانگین بارش و دما به طور مستقیم بر امتیاز کلی شهرستان‌ها تأثیر گذاشته است. شهرستان‌هایی که در زمینه مخاطرات اقلیمی مانند بارش‌های سنگین و دما حدی رتبه بالاتری داشته اند، به‌طور طبیعی امتیاز کمتری کسب کرده‌اند. از طرفی، شهرستان‌های با بارش‌های سنگین کمتر و دمای حدی کمتر، نقاط ضعف کمتری از خود نشان داده‌اند و در نتیجه امتیازات بالاتری کسب نموده اند. شهرستان های کم بارش مانند بندرعباس و دشتی به دلیل وجود وسعت زیاد در بخش کاربری بوته زار امتیازات زیادی در این نقطه قوت به دست اورده اند و در خوشه شماره ٤ جای گرفته اند. در محاسبه مجموع امتیازات نیز شهرستان‌های ایذه، باغملک، بهبهان و اندیکا به ترتیب بیشترین امتیازات را کسب کرده اند و مساعد ترین شهرستان های این مطالعه به لحاظ ظرفیت اقلیمی معرفی می شوند. همچین خوشه شماره ۹ نیز به عنوان خوشه کمترین ضعف ها به لحاظ ظرفیت اقلیمی معرفی شده بود. امتیازات این خوشه به دلیل قرارگیری کمتر در معرض مخاطرات اقلیمی بوده است که آن هم در ظرفیت سنجی اقلیمی مهم است ولی چون فقط قرار نگرفتن در معرض مخاطرات اقلیمی، نمی تواند زندگی بخش باشد این خوشه در رده دوم ظرفیت اقلیمی در این مطالعه قرار می گیرد.

در مطالعه ای Yasin. A. Al-Zu bi (2009) از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای ارزیابی تاثیر تغییرات اقلیمی بر اکوهیدرولوژی حوضه ازرق استفاده کرد. این مطالعه نیز به بررسی تأثیرات اقلیمی بر منابع آبی پرداخته و از روش‌های تحلیلی چندمعیاره استفاده کرده است، هر دو مطالعه به عنوان مکمل یکدیگر عمل می‌کنند و می‌توانند به درک بهتر تأثیرات اقلیمی کمک کنند، بدون آنکه یکدیگر را نقض کنند. Mutombo. P, Musarandega. H (2023) درمطالعه ای از یک مدل رگرسیون لجستیک باینری برای شناسایی عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند با آب و هوا (CSA) استفاده کرد. هر دو مطالعه به اهمیت مدیریت منابع آب و سازگاری با تغییرات اقلیمی اشاره دارند ولی مستقیما مکمل یا ناقض یکدیگر نیستند.

این مطالعه نتایج مطالعه عباسپور و همکاران (۲۰۰۹) که بر اهمیت درک تأثیر تغییراقلیم بر چرخه آب تأکید دارد را مجددا تایید می نماید. هر دو مطالعه به بررسی تأثیرات بارش و دما بر ظرفیت سازگاری می‌پردازند و نشان می‌دهند که مدیریت بهینه منابع آب و اراضی کشاورزی می‌تواند به ظرفیت سازگاری کمک کند. آنچه در مطالعات گذشته با این مطالعه مشترک است این است که مطالعات در مواجه با معیارهای مختلف از روش های چندمعیاره بهره برده اند و نتایج مطالعات تا اندازه زیادی مورد قبول واقع شده است. در مطالعات گذشته به شکل مستقیم از روش وارد در بررسی ظرفیت اقلیمی استفاده نشده است ولی از روش های مختلف تحلیل سلسله مراتبی در موضوعات مختلف اقلیم شناسی مثل اثر مخاطرات مختلف، اثر عامل خاص، یافتن بهترین عامل در اثرگذاری های خاص، اثرات عامل اقلیمی در مناطق خاص و سایر موارد بهره برداری شده است. نهایتا در این مطالعه عناصر دما و بارش مهمترین عناصر تشکیل دهنده و موثر ظرفیت اقیمی تشخیص داده شده اند.

منابع

1- Abdolrezaei. A. H, 2024, Creating Climate Resilience: Strategies for Sustainable Development.
2- Raeegani. Behzad, Barati Qahfarokhi. Susan, Hosseini Tayefeh. Farhad, 2025, Assessment of Climate Conditions in Various Regions of Iran Over the Next 20 Years, Environment and Cross-Sectoral Development, (), -. doi: 10.22034/envj.2025.506657.1470.
3- Akbari. Mehri, Sayad. Vahideh, 2021, Analysis of Climate Change Studies in Iran, Journal of Physical Geography Research, 53(1), 37-74. doi: 10.22059/jphgr.2021.301111.1007528.
4- Nisi. L, Albaji. M, Broomandnesab. S, 2019, Evaluation of the Best Irrigation System Using the Analytic Hierarchy Process (Case Study: Izeh Plain), Link.https://civilica.com/doc/993729
5- Habibi. A, Afridi. S, 2022, Multi-Criteria Decision Making. Tehran: Narvan Publications.
6- Zolfaghari. H, Basati. M, Mazloom. K, 2019, Examination of the Climate Capacities of the Northern and Southern Coasts of Iran for the Expansion of Sport and Coastal Tourism Activities, Journal of Geographical.
7- Space Management, Spring 2019, Issue 31A. Suman, 2021, Role of renewable energy technologies in climate change adaptation and mitigation: A brief review from Nepal, ELSEVIER, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 151, November 2021, 111524.
8- Abbaspour. K. C, Faramarzi. M, Seyed Ghasemi. S, Yang. H, 2009, Assessing the impact of climate change on water resources in Iran, AGU, doi.org/10.1029/2008WR007615.
9- Mutombo. P, Musarandega. H, 2023, Unpacking the Determinants of Climate-Smart Agriculture Adoption by Smallholder Farmers in Ward 10, Zvimba District, Zimbabwe Paradzai Mutombo and Happwell Musarandega, 2023, European Journal of Development Studies.
10- Abbass. K, Qasim. M. Z, Song. H, Murshed. M, Mahmood. H, Younis. I, 2022, A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures, Springer Link, Environmental Science and Pollution Research volume 29, pages42539–42559.
11- Assayed. A, Hatokay. Z, Al-Zoubi. R, 2013, On-site rainwater harvesting to achieve household water security among rural and peri-urban communities in Jordan, ElSEVIER, Resources, Conservation and Recycling, Volume 73, April 2013, Pages 72-77
12- Yasin. A. Al-Zu bi, 2009, Application of Analytical Hierarchy Process for the Evaluation of Climate Change Impact on Ecohydrology: The Case of Azraq Basin in Jordan, Journal of Applied Sciences, Year: 2009 | Volume: 9 | Issue: 1 | Page No.: 135-141, DOI: 10.3923/jas.2009.135.141
13- Charles Holbert, 2019, Power of the Mann-Kendall Test
14- climate centre, 2021, country level, climate fact sheet IRAN
15- Climate Change Knowledge Portal, 2021, Iran. National Communication (NC). NC 3
16- Climate profile: Iran, 2024, As one of the most vulnerable nations to jeopardize the country’s future and the sustainability of its resource's climate change, Iran’s climate crisis can only increase in severity and
17- Dazé. A, Ambrose. K, Ehrhart. C, 2009, Climate Vulnerability and Capacity Analysis (CVCA).
18- Emami. F, Koch. M, 2018, Sustainability Assessment of the Water Management System for the Boukan Dam, Iran, Using CORDEX-South Asia Climate Projections, MDPI, Water 2018, 10(12), 1723; https://doi.org/10.3390/w10121723.
19- Frank A. Ward, 2021, Hydroeconomic Analysis to Guide Climate Adaptation Plans, frontiers, Sec. Water and Hydrocomplexity, Volume 3-2021 https://doi.org/10.3389/frwa.2021.681475.
20- Green. F, Healy. N, 2022, How inequality fuels climate change: The climate case for a Green New Deal, ScienceDirect, One Earth, Volume 5, Issue 6, Pages 635-649.
21- HANQIU. XU, 2006, Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery, International Journal of Remote Sensing, ISSN 0143-1161 print/ISSN 1366-5901 online # 2006 Taylor & Francishttp, DOI: 10.1080/01431160600589179.
22- Huete.A, 1988, “A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI).” Remote Sensing of Environment 25 (1988): 295-309.
23- Jamshidi. O, Asadi. A, Kalantari. K, Moghaddamb. S-M, Javan. F-D, Azadi. H, 2019, Adaptive capacity of smallholder farmers to ward climate change: evidence from Hamadan province in Iran, doi.org/10.1080/17565529.2019.1710097.
24- Jiahua. P, Yan. Z, Jianwu. W, Xinlu. X, 2015, Climate capacity: the measurement for adaptation to climate change, Chinese Journal

of Population Resources and Environment, Volume 13, 2015 - Issue 2.
25- Jiahua. P, Yan. Z, Jianwu. W, Xinlu. X, 2015, Climate capacity: the measurement for adaptation to climate change, Chinese Journal of Population Resources and Environment, Volume 13, 2015 - Issue 2.
26- Le Treut. H, R. Somerville, U. Cubasch, Y. Ding, C. Mauritzen, A. Mokssit, T. Peterson and M. Prather, 2007, Historical Overview of Climate Change. In: Climate Change 2007, The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report.
27- M. Abid, J. Scheffran, U. A. Schneider, and M. Ashfaq, 2015, Farmers' perceptions of and adaptation strategies to climate change and their determinants: the case of Punjab province, Pakistan, EGU, doi.org/10.5194/esd-6-225-2015.
28- National Climate Assessment, 2017, Chapter 1: Our Globally Changing Climate - Key Finding.
29- Nicole Lefore. N, Closas. A, Schmitter. P, 2021, Solar for all: A framework to deliver inclusive and environmentally sustainable solar irrigation for smallholder agriculture, ELSEVIER, Energy Policy, Volume 154, July 2021, 112313.
30- Sebastianellic. A, Liberata Ullob. S, 2023, A MACHINE LEARNING APPROACH TO LONG-TERM DROUGHT PREDICTION USING NORMALIZED DIFFERENCE INDICES COMPUTED ON A SPATIOTEMPORAL DATASET, Massachusetts Institute of Technology, Boston, USA.
31- Shivanna. K. R, 2022, Climate change and its impact on biodiversity and human welfare, Springer Nature, doi: 10.1007/s43538-022-00073-6.
32- Shu. W, Shui. W, Qi. J, Deng. H, Liu. S, 2023, Editorial: Climate change and adaptive capacity building, Frontiers, Climate change and adaptive capacity building, Atmosphere and Climate, doi.org/10.3389/fenvs.2023.1171032.
33- Tofigh Maboudi, Elisa D'Amico, 2024, Vulnerability, climate laws, and adaptation in the Middle East and North Africa, Environmental Policy and Governance, DOI: 10.1002/eet.2134Corpus ID: 273727946.
34- Trong Nguyen. C, Chidthaisong, Kieu Diem. P, Huo. L-Z, 2021, A Modified Bare Soil Index to Identify Bare Land Features during Agricultural Fallow-Period in Southeast Asia Using Landsat 8, MDPI, Land, 10(3), 231, doi.org/10.3390/land10030231.
35- Vose. R. S, Schmoyer. R. L, Steurer. P. M, Peterson. T. C, Heim. R, Karl. T. R, Eischeid. J. K, 1992, The Global Historical Climatology Network: Long-term monthly temperature. precipitation. sea level pressure. and station pressure data. U.S. Department of Energy. Office of Scientific and Technical Information, doi:10.2172/10178730.
36- Hu. U, Li. K, Mengm. A, 2018, Agglomertive Hierarchical Clustering using Ward Linkage
37- Jamshidi. Z, Samani. N, 2022, Mapping the spatiotemporal diversity of precipitation in Iran using multiple statistical methods, Springer, Theoretical and Applied Climatology, Volume 150, pages 893–907.
38- Ward. J. H. Jr, 1963, Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function, Journal of the American Statistical Association, 58, 236–244.
39- Hair. Joseph. F, 2006, Multivariate Data Analysis, Pearson Education India.