

تحلیل ظرفیت سازی اقلیمی در بهره برداری از رطوبت در نوار جنوبی ایران

قاسم عزیزی^{۱*}، مصطفی قویدل^۲، معصومه مقبل^۳، علی اکبر شمس پور^۴، سعید بازگیر^۵

۱- استاد اقلیم‌شناسی دانشگاه تهران، تهران.

۲- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه تهران، تهران.

۳- دانشیار اقلیم‌شناسی دانشگاه تهران، تهران.

۴ و ۵- دانشیار جغرافیای طبیعی دانشگاه تهران، تهران.

چکیده

در این مطالعه ظرفیت سازی اقلیمی بر اساس استخراج رطوبت هوا در نوار جنوبی ایران مورد ارزیابی قرار گرفته است. با توجه به حجم عظیم مصرف آب، بهره‌مندی از روش‌های جذب آب از رطوبت هوا امری ضروری است. در جنوب ایران نیز با توجه به تراکم قابل توجه جمعیت ساکن و گستردگی فعالیت‌های اقتصادی آب بسیاری زیادی مصرف می‌شود و بهره‌برداری سنتی از منابع آبی نیز ضمن فشار به منابع آب سبب ایجاد تنش‌های آبی می‌شود. لذا ضروری است ظرفیت سازی اقلیمی براساس بهره‌مندی از جذب آب از رطوبت هوا در این منطقه مورد توجه قرار گیرد. هدف این مطالعه شناسایی گستره‌های مناسب و نامناسب در ظرفیت سازی بهره‌مندی از رطوبت هوا است تا در نهایت مناطق مناسب و نامناسب جهت بهره‌برداری از رطوبت در نوار جنوبی ایران مشخص شوند. برای اینکار از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. داده‌های هواشناسی مورد استفاده مطالعه رطوبت، فشار، سرعت باد و دما میانگین در مقیاس روزانه هستند که برای ۷۶ ایستگاه نوار جنوبی در دوره زمانی ۲۰۲۴-۲۰۱۵ از آنها استفاده شده است. در تحلیل سلسله مراتبی از ۷ عامل بهره‌برداری شد. جهت انجام تحلیل سلسله مراتبی از زبان برنامه نویسی متلب و جهت تولید نقشه‌ها از زبان برنامه نویسی آر استفاده شد. نتایج نشان داد که مناطق مرکزی استان فارس، جنوب شرق استان هرمزگان و نیمه جنوبی سیستان و بلوچستان مطلوب‌ترین مناطق و مناطق شرقی و شمالی استان فارس نامطلوب‌ترین مناطق در ظرفیت سازی بهره‌مندی از رطوبت در نوار جنوبی ایران هستند. همچنین مهم‌ترین عوامل در ظرفیت سازی بهره‌مندی از رطوبت سه عامل فشار، رطوبت و مقدار جذب آب از رطوبت هوا تشخیص داده شد.

کلید واژه‌ها: ظرفیت‌سازی اقلیمی، تنش‌های آبی، تحلیل سلسله مراتبی، جذب آب از رطوبت هوا، تغییر اقلیم.

مقدمه

در دنیای امروز، تغییر اقلیم و کمبود منابع آب به یکی از بزرگترین چالش‌های بشر تبدیل شده است. در مناطق خشک و نیمه خشک، تأمین آب از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از راهکارهای جدید برای مقابله با این چالش، بهره‌برداری از رطوبت هوا به عنوان منبعی نامتعارف و پایدار است (صادقی و همکاران، ۱۴۰۲). در نوار جنوبی ایران، که به دلیل شرایط اقلیمی خاص خود با کمبود منابع آب مواجه است، این روش می‌تواند به عنوان یک راهکار مؤثر و پایدار مورد استفاده قرار گیرد. برای مثال، در استان قزوین، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که با استفاده از روش‌های مختلف، می‌توان از رطوبت هوا آب استحصال کرد و این آب را برای مصارف مختلفی از جمله آبیاری فضای سبز و مزارع استفاده کرد. این پژوهش نشان می‌دهد که با اعمال ضرایب اصلاحی در تخمین دما و سرعت باد، می‌توان به نتایج دقیقی در استحصال آب از رطوبت هوا دست یافت (کوهی و همکاران، ۱۴۰۲). در مناطق خشک جنوب ایران کمبود آب یک چالش همیشگی است لذا مدیریت مؤثر بهره برداری از منابع رطوبتی برای رفع نیازها و توسعه پایدار دارای اهمیت است. از آنجایی که تغییر اقلیم چالش‌های مذکور را تشدید می‌کند، ایجاد ظرفیت اقلیمی در بخش بهره برداری از رطوبت ضروری است. مطالعات اخیر شکاف‌های قابل توجهی را در آمارهای مرتبط با تغییر اقلیم و نیاز به افزایش تلاش‌های ظرفیت سازی برای رفع این شکاف‌ها نشان می‌دهد (یوان دی اس، ۲۰۲۳). علاوه بر این، درک اثرات تغییرپذیری اقلیم بر رطوبت خاک برای توسعه راهبردهای سازگاری آگاهانه ضروری است (امینی و همکاران، ۲۰۲۱). در مرور مطالعات گذشته ایرانمنش و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای با استفاده از داده‌های هواشناسی و جمعیت شناختی و بهره‌گیری از مدل‌های شبیه‌سازی، میزان کمبود آب را در دوره‌های مختلف زمانی (گذشته، حال و آینده) در شهرستان بردسیر بررسی کرده است. نتایج نشان داد که با افزایش جمعیت و کاهش بارندگی ناشی از تغییر اقلیم، کمبود منابع آب به ویژه در مناطق روستایی تشدید می‌شود. همچنین نادری و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای با استفاده از ابزار ارزیابی خاک و آب (SWAT) امنیت آب را تحت تغییر اقلیم برای حوضه آبخیز سد درودزن در جنوب ایران ارزیابی کرد. نتایج نشان‌دهنده کاهش بارندگی ۱۳-۱۷٪ و افزایش دما ۱.۷-۳.۳ درجه سانتیگراد بود که منجر به کاهش قابل توجهی

در ورودی سد شد. تبخیر و تعرق افزایش یافت و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی ناپایدار است و انتظار می‌رود تغییر اقلیم باعث کاهش بیشتر آب‌های زیرزمینی موجود شود و بحران آب را تشدید کند. تأمین آب شرب و پایداری آن همواره مورد تأکید مطالعات گذشته بوده است چنانچه محمود (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای به بررسی تنش شدید آب در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا می‌پردازد. این تنش‌ها با تغییر اقلیم تشدید شده است. این مطالعه از داده‌های منابع مختلف برای تجزیه و تحلیل شکاف بین عرضه و تقاضا استفاده می‌کند و نشان می‌دهد که این کشورها بیشترین تنش آبی را در جهان دارند. یافته‌ها نشان می‌دهد که تغییر اقلیم شرایط خشکسالی را تشدید می‌کند و این شکاف را بیشتر می‌کند. استفاده از ابزارهای فنی در تأمین آب نیز در مطالعات مناطق خشک بررسی شده است مثلاً السارگ (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای روش‌هایی را برای استخراج آب از جو در اقلیم مرطوب بررسی کرد. در این مطالعه محققان از دو روش اصلی جمع آوری آب میعان از سیستم‌های تهویه مطبوع و روش سیستم جذب/واجذب خورشیدی شامل جذب هوا با یک ماده خشک کننده در شب و تبخیر آن در طول روز بهره‌برده‌اند. روش تهویه مطبوع میانگین نرخ بازیابی تقریباً ۷.۲ لیتر در روز به ازای هر کیلووات خنک کننده را نشان داد در حالی که بهره سیستم جذب/واجذب خورشیدی به حدود ۰.۱۸ لیتر در دقیقه به ازای هر متر مربع از سطح کلکتور خورشیدی می‌رسید. سواحل شمال و جنوب ایران ظرفیت‌های بسیاری جهت ایجاد رفاه و اقتصاد دارند که لازمه اولیه آنها آب آشامیدنی سالم و آسایش حرارتی می‌باشد. چنانچه ذوالفقاری حسن و همکاران (۱۳۹۸) مطالعه‌ای با هدف شناسایی ظرفیت‌های اقلیمی سواحل شمالی و جنوبی ایران با استفاده از شاخص اقلیم ساحلی (BCI) برای ارزیابی پتانسیل استراحت ساحلی و مدل کی و ومپلو (Kay & Vamplew) برای ارزیابی توریسم ورزشی در رشته‌های شنا، فوتبال ساحلی و دو ساحلی برای توسعه فعالیت‌های ورزشی و گردشگری ساحلی انجام داد. نتایج نشان داد که در سواحل شمالی ایران، ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت و در سواحل جنوبی ایران تمام ماه‌های سال دارای شرایط مناسب اقلیمی برای استراحت ساحلی هستند. همچنین، فصل پاییز در همه سواحل کشور شرایط مطلوبی برای فوتبال ساحلی و دو ساحلی دارد. کشور ایران همواره دستخوش کم آبی و دیگر مشکلات اقلیمی بوده

است لذا از روزگاران قدیم ایرانیان ابتکاراتی برای مهار مشکلات اقلیمی ابداع کرده اند در این راستا افصح حسینی (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای شیوه‌ها و فناوری‌های شهرسازی تاریخی مانند قنات ایرانی، سیستم آبگیر تاریخی شوشتر، بادگیرها و باغ‌های ایرانی را مرور می‌کند. نتایج نشان داد ظرفیت این شیوه‌های سنتی در دستیابی به پایداری زیست محیطی، سیاسی، اقتصادی و اجتماعی بسیار با اهمیت است. سازگار سازی تاسیسات خدماتی مختلف با اقلیم تغییر یافته امری بسیار ضروری است در این راستا علیزاده و مشفق (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای از روش بررسی دو مرحله‌ای دلفی برای ارزیابی آسیب‌پذیری دارایی‌های زیرساختی آب شهری اهواز استفاده می‌کند. این مطالعه دو شاخص کلیدی توزیع و سازگاری را برای تعیین آسیب‌پذیری این دارایی‌ها معرفی کرد. یافته‌ها نشان داد که دارایی‌های زیرساختی آب اهواز به دلیل توزیع متمرکز و نامنظم و همچنین نزدیکی به کاربری‌های غیرقابل سازگار، بسیار آسیب‌پذیر هستند. بیشترین کمبود و مشکلات تامین آب ایران در بخش کشاورزی است برای نمونه نوری و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای ادبیات موجود برای تحلیل پیامدها و محرک‌های ناامنی آب در بخش کشاورزی ایران را گردآوری می‌کند. این مطالعه کمبود شدید آب به دلیل شکاف‌های حاکمیتی، استفاده ناکارآمد از آب، رشد جمعیت و تغییر اقلیم را برجسته کرد همچنین این مقاله مجموعه ابتکاراتی مثل اقدامات بهره‌وری و حفاظت از آب، تغییر الگوهای کشت، اصلاح تعرفه‌های انرژی، دستکاری رژیم غذایی و کاهش ضایعات مواد غذایی را جهت بهره‌وری بهتر آب کشاورزی پیشنهاد کرد.

نوار جنوبی ایران با شرایط اقلیمی سخت از جمله دماهای بالا و بارندگی کم روبه‌رو است و مدیریت موثر استفاده از رطوبت در بهبود منابع آبی ضروری است (کاستر و همکاران، ۲۰۰۰). علیرغم ابتکارات مختلف ظرفیت سازی با هدف بهبود استفاده از رطوبت، همچنان مناطق با چالش‌های قابل توجهی روبرو هستند. یکی از موانع اصلی بهره‌برداری از رطوبت دسترسی محدود به فناوری‌ها و زیرساخت‌های مدرن بوده است (چیائو و همکاران، ۲۰۲۱). فعالیت‌های کشاورزی به دسترسی به آب وابسته است، مدیریت آب منطقه‌ای نقشی اساسی در رسیدگی به این چالش‌ها ایفا می‌کند. با این حال، شیوه‌های مدیریت ناکارآمد و سیاست‌های نامناسب، کمبود آب را در بخش‌های مختلف تشدید کرده و خطراتی را برای امنیت غذا و توسعه

پایدار ایجاد نموده است (نوری و همکاران، ۲۰۲۳). تغییر اقلیم نقش جدی در بدتر شدن مسائل کمبود آب در سراسر خاورمیانه و شمال آفریقا دارد. از این رو آغاز مطالعات و برنامه‌های ظرفیت‌سازی منطقه‌ای برای استفاده بهینه از آب و انعطاف‌پذیری در برابر چالش‌های اقلیمی ضروری است. راهبردهایی مانند همکاری آب فرامرزی و پذیرش فناوری‌های نوآورانه برای مدیریت موثر منابع آبی محدود منطقه اهمیت دو چندان دارد (محمود، ۲۰۲۴). در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک جنوب ایران، استفاده مؤثر از رطوبت موجود چالشی مبرم است که با تأثیرات تغییر اقلیم اهمیت آن بیشتر می‌شود. پرداختن به این موضوع نیازمند درک قوی از روند رطوبت و همچنین رویکردهای نوآورانه برای بهینه‌سازی استفاده از آن برای تاب‌آوری بخش‌های کشاورزی و زیست محیطی است (سلامتی هرمزی و همکاران، ۱۳۹۹).

هدف این مطالعه ارزیابی و ارتقای راهبردهای ظرفیت‌سازی اقلیمی برای استفاده مؤثر از رطوبت در نوار جنوبی ایران است. با توجه به چالش‌های ناشی از شرایط خشک و افزایش نرخ تبخیر تحت تغییر اقلیم، شیوه‌های نوآورانه مدیریت آب جهت پایدارسازی منابع حیاتی ضروری است (بزی و همکاران، ۲۰۲۰). هدف اصلی این مطالعه تحلیل ظرفیت‌های موجود اقلیمی در بهره‌برداری بهینه از رطوبت در نوار جنوبی ایران است (اکبری و صیاد، ۱۴۰۰). این تحقیق به دنبال شناسایی مکان‌های مناسب و نامناسب برای استفاده از منابع رطوبتی در نوار جنوبی ایران می‌باشد. همچنین، هدف دیگر این مطالعه تعیین ظرفیت نوار جنوبی ایران در بهره‌برداری از رطوبت در نوار جنوبی ایران است که برای رفع مشکل کم‌آبی در بخشی از نوار جنوبی ایران یافته‌هایی جدید برجسته می‌کند.

ضرورت تحقیق

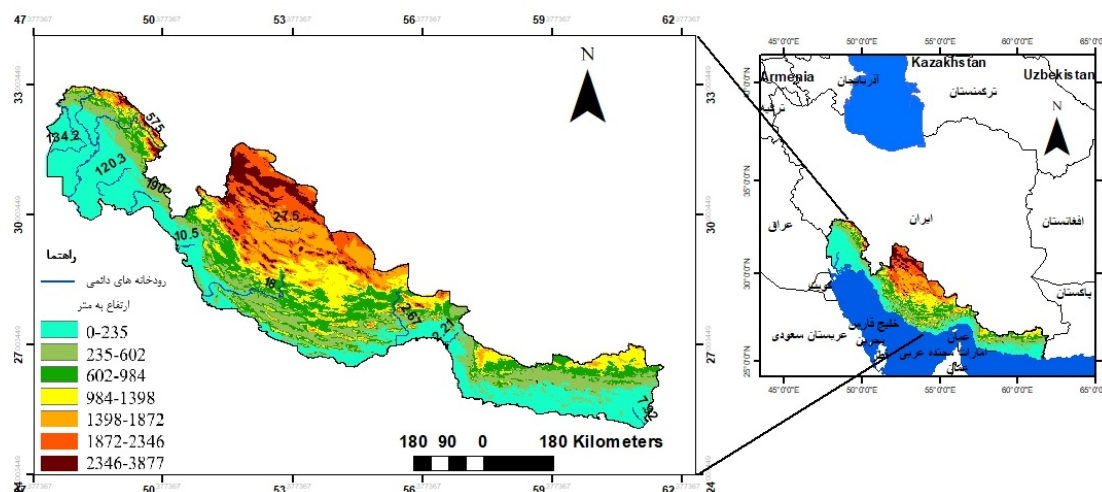
تغییر اقلیم در ایران منجر به افزایش پدیده‌های حدی مانند خشکسالی شده است. ظرفیت سازی اقلیمی برای مقابله با پیامدهای تغییر اقلیم، به‌ویژه در مناطق حساس مانند نوار جنوبی، یک ضرورت علمی و اجرایی است (اکبری و صیاد، ۱۴۰۰). تغییر اقلیم به طور قابل توجهی بر دسترسی به آب در جنوب شرقی ایران تأثیر خواهد گذاشت. تحلیل ظرفیت اقلیمی برای بهره‌برداری بهینه از رطوبت و جلوگیری از بحران آب در مناطق جنوبی ایران ضروری است (ایرانمنش و همکاران، ۲۰۲۱). مدل‌سازی اقلیمی و بهره‌برداری از رطوبت

استان سیستان و بلوچستان و خاک ایران قرار می گیرد. این منطقه در امتداد سواحل شمالی خلیج فارس و تنگه هرمز قرار دارد که شامل بخش هایی از رشته کوه زاگرس و دشت های ساحلی است. منطقه مورد مطالعه نسبت به کشور ایران در جنوبی ترین قسمت و هم مرز با خلیج فارس و دریای عمان واقع شده است. این منطقه از غرب با عراق و از شرق با پاکستان مرزهای بین المللی دارد که آن را به یک منطقه راهبردی مهم برای کاربردهای تجاری و سیاسی تبدیل کرده است. نزدیکی این منطقه به تنگه هرمز اهمیت آن را بیشتر نشان می دهد، زیرا این آبراه باریک مسیری حیاتی برای حمل و نقل جهانی است. توپوگرافی متنوع، دشت های ساحلی تا مناطق کوهستانی، همراه با رودخانه های بزرگ و مرزهای بین المللی، از دیگر ویژگی های این منطقه است. شکل ۱ نقشه جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان داده است.

برای تاب آوری بلندمدت در مناطق جنوب ایران بسیار مهم است (عباسپور و همکاران، ۲۰۰۹). منابع آب مناطق جنوبی ایران هم از سوی اقلیم در حال تغییر و هم از سوی افزایش جمعیت تحت فشار هستند و شاید توانایی مقابله با بحران های اقلیمی در آینده را نداشته باشند، از این رو لازم و ضروری است که از زمان حال حاضر مطالعاتی برای رفع چالش های آبی به انجام رسد تا بتوان با بحران های شدیدتر اقلیمی آینده در این منطقه مقابله کرد.

داده ها و روش ها

منطقه مورد مطالعه واقع در نوار جنوبی ایران، منطقه ی با تنوع جغرافیایی و اقلیمی قابل توجهی است. این ناحیه شامل استان های خوزستان، فارس، بوشهر، هرمزگان و بخش هایی از حوزه آبریز بلوچستان جنوبی است که در محدوده جغرافیایی



شکل ۱ نقشه جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (منبع: نویسندگان)

سال های دوره ۲۰۱۵-۲۰۲۴ استفاده شده است. این روال برای تمام روزهای سال در دوره مذکور برای داده های همه ایستگاه های مربوطه انجام گرفته است. پس از استخراج و چینش داده ها آزمون توالی به منظور همگن بودن آنها در محیط نرم افزار SPSS صورت گرفت و همه ستون های داده همگن تشخیص داده شدند. این داده ها برای محاسبه میزان جذب آب از رطوبت هوا با روش های تراکم سرمایشی، جذب آب با مواد جاذب و مه گیر ها در نوار جنوبی ایران ضروری بودند.

داده ها

در این مطالعه از داده های روزانه سرعت باد، فشار، رطوبت نسبی و دما میانگین ۷۶ ایستگاه سازمان هواشناسی نوار جنوبی ایران بهره برداری شد. جدول ۱ ایستگاه های هواشناسی مورد استفاده در این مطالعه را نشان داده است. بازه زمانی بهره برداری از داده های هواشناسی ۲۰۱۵-۲۰۲۴ بوده است. برای تهیه میانگین روزانه داده های مذکور برای هر کدام از ۳۶۶ روز سال از دوره ۲۰۱۵-۲۰۲۴ میانگین به دست آمد. به طور مثال برای میانگین گیری فشار هوا در روز ۱ ژانویه از داده های فشار هوا مربوط به روز ۱ ژانویه همه

جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در این مطالعه (منبع: نویسندگان)

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا
آبادان	۳۰.۳۷	۴۸.۲۲	۷	فیروزآباد (فارس)	۲۸.۸۹	۵۲.۵۵	۱۳۶۲
آباده	۳۱.۲	۵۲.۶۲	۲۰۳۰	فورگ	۲۸.۳۴	۵۵.۱۲	۸۹۱
آغاچاری	۳۰.۷	۴۹.۸۳	۱۴۳	گتوند	۳۲.۲۲	۴۸.۸۱	۷۰
اهواز	۳۱.۳۴	۴۸.۷۴	۲۳	حاجی آباد (هرمزگان)	۲۸.۳۱	۵۵.۹۱	۹۳۱
اهواز (کشاورزی)	۳۱.۲۵	۴۸.۵۵	۱۲	حسن آباد (داراب)	۲۸.۷۹	۵۴.۳	۱۰۹۸
ارسنجان	۲۹.۹۴	۵۳.۲۸	۱۶۷۶	هندیجان	۳۰.۲۵	۴۹.۷۱	۳
عسلویه (فرودگاه)	۲۷.۴۸	۵۲.۶۲	۷	حسینیه	۳۲.۶۷	۴۸.۲۵	۳۵۴
بندرعباس	۲۷.۲۲	۵۶.۳۷	۱۰	ایران‌شهر	۲۷.۲۳	۶۰.۷۲	۵۹۱
بندر ماهشهر	۳۰.۵۵	۴۹.۱۶	۶	ایزدخواست	۳۱.۵۳	۵۲.۱۳	۲۱۸۸
بندر دیپر	۲۷.۸۳	۵۱.۹۳	۴	ایذه	۳۱.۸۵	۴۹.۸۵	۷۶۷
بندر دیلم	۳۰.۰۵	۵۰.۱۷	۴	جهرم	۲۸.۴۸	۵۳.۵۳	۱۰۸۲
بندر گناوه	۲۹.۵۶	۵۰.۵۱	۴	جهرم (فرودگاه)	۲۸.۵۹	۵۳.۵۹	۱۰۳۱
بندر خمیر	۲۶.۹۵	۵۵.۵۷	۲۷	جم	۲۷.۸۲	۵۲.۳۶	۶۵۹
بندر لنگه	۲۶.۵۳	۵۴.۸۳	۲۳	جاسک	۲۵.۶۴	۵۷.۷۷	۵
بستک	۲۷.۲۱	۵۴.۳۶	۳۸۲	کازرون	۲۹.۶	۵۱.۶۵	۸۴۰
بوانات	۳۰.۴۸	۵۳.۶۱	۲۲۳۱	خفر	۲۹.۰۱	۵۳.۰۸	۱۳۳۲
بهبهان	۳۰.۶۱	۵۰.۲۲	۳۱۳	خنج	۲۸.۸۹	۵۲.۵۵	۶۷۴
بهرگان	۲۹.۸۴	۵۰.۲۷	۱۴۳۲	لالی	۳۲.۳۴	۴۹.۱	۳۶۵
برازجان	۲۹.۲۷	۵۱.۲۲	۹۰	لامرد	۲۷.۳۶	۵۳.۲	۴۱۱
بستان	۳۱.۷۱	۴۸.۰۱	۸	لار	۲۷.۶۷	۵۴.۳۷	۷۹۲
بوشهر (فرودگاه)	۲۸.۹۶	۵۰.۸۲	۹	مسجدسلیمان	۳۱.۹۸	۴۹.۲۴	۳۲۱
بوشهر (ساحلی)	۲۸.۹	۵۰.۸۲	۸	مهرستان	۲۷.۱۳	۶۱.۶۷	۱۲۷۱
چابهار	۲۵.۲۸	۶۰.۶۵	۸	میناب	۲۷.۱۱	۵۷.۰۹	۳۰
دهدز	۳۱.۷۱	۵۰.۲۸	۱۴۵۷	میرجاوه	۲۹.۰۲	۶۱.۴۳	۸۳۶
دزفول (فرودگاه)	۳۲.۴	۴۸.۳۸	۱۴۳	نی ریز	۲۹.۱۹	۵۴.۳۵	۱۶۳۲
درودزن	۳۰.۱۸	۵۲.۴۷	۱۶۴۲	نیکشهر	۲۶.۲۳	۶۰.۲	۵۱۰
اقلید	۳۰.۹	۵۲.۶۳	۲۳۰۰	نورآباد (ممسنی)	۳۰.۰۷	۵۱.۵۴	۹۷۲
استهبان	۲۹.۱۴	۵۴.۰۵	۱۶۹۰	امیدیه (آغاچاری)	۳۰.۷۴	۴۹.۶۹	۲۷
فراشیند	۲۸.۸۱	۵۲.۱۲	۷۸۲	پارسیان	۲۷.۲۲	۵۳.۰۴	۵۹
فسا	۲۸.۹	۵۳.۷۲	۱۲۶۸	فیروکارزین	۲۸.۴۸	۵۳.۰۶	۷۴۶
رامهرمز	۳۱.۲۷	۴۹.۶	۱۵۱	سپیدان	۳۰.۲۳	۵۲.۰۱	۲۲۰۱
راسک	۲۶.۲۳	۶۱.۴	۴۰۶	شادگان	۳۰.۶۶	۴۸.۶۴	۳
رودان	۲۷.۴۶	۵۷.۱۹	۲۲۰	شیراز	۲۹.۵۴	۵۲.۶	۱۴۸۸
صفاشهر	۳۰.۵۹	۵۳.۱۶	۲۲۵۱	شوش	۳۲.۱۹	۴۸.۲۴	۶۵
صفی آباد (دزفول)	۳۲.۲۵	۴۸.۴۳	۸۳	شوشتر	۳۲.۰۵	۴۸.۸۳	۶۷
سردشت بشاگرد	۲۶.۴۵	۵۷.۸۸	۷۳۷	تخت جمشید	۲۹.۹۲	۵۲.۸۹	۱۶۰۵
سروستان	۲۹.۲۸	۵۳.۲۲	۱۵۵۲	زرقان	۲۹.۷۸	۵۲.۷	۱۵۹۶

روش

در این مطالعه ظرفیت سازی بهره برداری از رطوبت هوا در نوار جنوبی ایران مورد بررسی بوده است. به منظور سنجش ظرفیت بهره برداری از رطوبت در نوار جنوبی ایران روش های متداول بهره برداری از رطوبت مورد مطالعه قرار گرفت. روش های تراکم سرمایشی، جذب رطوبت با مواد جاذب و مه گیرها یا تورهای جمع آوری مه جهت بررسی و تجزیه و تحلیل انتخاب شد. در روش تراکم سرمایشی از رابطه زیر جهت محاسبه مقدار تولید آب از رطوبت استفاده می شود (فردان، ۲۰۱۵).

$$AH = \frac{6.112 * e^{\left(\frac{17.67 * T}{T + 243.5}\right)} * RH * 2.1674}{273.15 + T} \quad (1)$$

که در آن T دما هوا به سلسیوس، RH رطوبت نسبی، $6.112 * e^{\left(\frac{17.67 * T}{T + 243.5}\right)}$ فشار بخار اشباع در فرمول ریچاردسون، عدد e در اینجا پایه تابع نمایی است و تقریباً معادل 2.71828 می باشد. عدد $2/1674$ ضریب تبدیل برای محاسبه جرم بخار آب براساس قانون گازها، و $273.15 + T$ دما مطلق بر حسب کلونین می باشد. مقدار تولید آب از رطوبت هوا در این روش بر اساس ابزاری محاسبه شده است که ظرفیت پردازش روزانه 5000 متر مکعب هوا را داشته باشد و فرض بر این بوده است که 50 درصد بخار آب قابل تراکم است که با این محاسبه مقدار تولید آب در روز به لیتر به دست می آید. برای محاسبه مقدار جذب آب در روز با روش جذب رطوبت با ماده جاذب از رابطه زیر استفاده شده است (الامین، ۲۰۲۳).

$$W = m_d \times (X_{eq} - X_0) \quad (2)$$

که در این رابطه W جرم آب جذب شده در یک روز (کیلوگرم یا لیتر)، m_d جرم ماده جاذب بر حسب کیلوگرم،

X_{eq} ظرفیت جذب تعادلی ماده جاذب در شرایط محیطی ($\text{kg water/kg desiccant}$) و X_0 ظرفیت اولیه ماده جاذب قبل از شروع جذب ($\text{kg water/kg desiccant}$) است. بخش داخلی رابطه به شکل $X_{eq} = \alpha \times RH$ محاسبه می شود که در آن RH رطوبت نسبی و α ضریب جذب تجربی است و به نوع ماده جاذب بستگی دارد (برای ماده سیلیکاژل معمولاً حدود 0.004 در نظر گرفته می شود). در این رابطه ماده جاذب سیلیکاژل در نظر گرفته شده است. در این روش حداقل ظرفیت پردازش هوا در روز 150 متر مکعب است. در روش مه گیرها یا تورهای جمع آوری مه از رابطه زیر جهت محاسبه مقدار جذب آب از رطوبت استفاده شده است (فارنوم، ۲۰۲۲).

$$W = A \cdot E(v, RH, T) \quad (3)$$

که در آن W مقدار آب جمع آوری شده در روز، A سطح مؤثر مه گیر، E تابع بازده پایه مه گیر است که خودش به سه متغیر v, RH, T وابسته است، v سرعت باد، RH رطوبت و T دما است.

بعد از استخراج نتایج میزان بهره برداری از رطوبت با روش های مذکور این نتایج در کنار داده های میانگین دما، فشار، رطوبت و سرعت باد در دوره $2015-2024$ ایستگاه های مختلف منطقه مورد مطالعه، ماتریس ورودی تحلیل سلسله مراتبی ایستگاه ها را مهیا کرد و تحلیل سلسله مراتبی اجرا شد. جدول ۲ عوامل مورد استفاده و وزن اختصاص داده شده به آنها برای تحلیل سلسله مراتبی این مطالعه را نشان می دهد. همچنین جدول ۳ ماتریس ورودی تحلیل سلسله مراتبی را نشان می دهد.

جدول ۲ عوامل مورد استفاده و وزن اختصاص داده شده به آنها برای تحلیل سلسله مراتبی این مطالعه (منبع: نویسندگان)

دما	فشار	سرعت باد	میانگین جذب آب از مه گیرها	رطوبت نسبی	میانگین جذب آب از تراکم سرمایشی	میانگین جذب آب با مواد جاذب رطوبت
-۰.۱۵ (منفی پانزده صدم)	۰.۲	-۰.۱۵ (منفی پانزده صدم)	۰.۱	۰.۲	۰.۱	۰.۱

جدول ۳ داده‌های ورودی ماتریس تحلیل سلسله‌مراتبی این مطالعه (منبع: نویسندگان)

نام ایستگاه	سرعت باد (m/s)	دما (C°)	فشار (hPa)	رطوبت (%)	میانگین سالانه جذب آب از روش تراکم سرمایشی (L/year)	میانگین سالانه جذب آب از روش جذب با مواد جاذب رطوبت (L/year)	میانگین سالانه جذب آب از روش جذب توسط مه گیرها (L/year)
آبادان	۳.۲۳	۲۵.۶۶	۱۰۰۸.۵۶	۴۴.۸۵	۱۰۱۵۶.۰۱	۴۶۷.۸۹	۹۰۰.۹
آباده	۲.۴۸	۱۴.۴۵	۱۰۱۰.۲۵	۳۴.۰۷	۳۸۸۳.۴۲	۳۴۲.۴۵	۳۰.۱۶
آغاچاری	۲.۹۸	۲۹	۱۰۰۷.۶۶	۳۴.۸۲	۹۵۰۸.۰۶	۳۱۶.۳۹	۲۹.۳۶
اهواز	۲.۴۸	۲۶.۳۶	۱۰۰۸.۶	۴۲.۳۲	۱۰۹۸۷.۷۸	۳۹۹.۶۹	۲۳.۳۱
اهواز (کشاوری)	۳.۰۷	۲۶.۹۱	۱۰۰۸.۲۴	۴۰.۸	۱۱۸۱۳.۰۱	۴۰۳.۷۴	۳۰.۲۲
ارسنجان	۳.۷۶	۲۰.۳۴	۱۰۰۸.۵۸	۳۰.۶۹	۴۳۸۹.۶۹	۲۷۳.۲۴	۹۰.۲۷
عسلویه (فرودگاه)	۲.۹۳	۲۷.۵۳	۱۰۰۷.۶۵	۵۹.۵۸	۱۳۸۱۸.۴۵	۶۳۴.۶۱	۵۳.۹۲
بندرعباس	۳.۰۷	۲۷.۳۳	۱۰۰۸.۳۸	۶۴.۱۵	۱۶۱۲۳.۴۹	۷۵۴.۳۱	۱۱۹.۸
بندر ماهشهر	۳.۸۵	۲۶.۲۲	۱۰۰۷.۸۶	۴۶	۱۲۲۷۱.۳۲	۴۷۹.۰۸	۳۷.۵۳
بندر دیر	۳.۲۵	۲۷.۷۳	۱۰۰۸.۴۹	۵۴.۴۶	۱۴۲۲۱.۱۲	۶۳۵.۲۴	۵۰.۳۳
بندر دیلم	۲.۸۸	۲۷	۱۰۰۹.۰۷	۵۱.۴۴	۱۱۷۷۸.۶۴	۵۴۴.۳۷	۱۱۰.۷۱
بندر گناوه	۳.۸۵	۲۷.۳۹	۱۰۰۸.۵۳	۶۲.۳۱	۱۸۶۰۶.۶۳	۸۷۳.۰۶	۲۸۲.۰۳
بندر خمیر	۲.۴۵	۲۹.۹۶	۱۰۰۷.۱۹	۵۲.۹۲	۱۵۰۷۱.۴۱	۵۸۵.۸۹	۲۸.۴۹
بندر لنگه	۳.۵۲	۲۷.۷۱	۱۰۰۸.۵۴	۶۲.۷۴	۱۶۰۷۵.۵۹	۷۳۳.۴۷	۱۰۵.۹۹
بندر لنگه (ساحلی)	۴.۲۸	۲۷.۶۷	۱۰۰۷.۶۲	۶۷.۴۸	۱۵۵۳۷.۶۸	۷۲۲.۶	۲۱۰.۹۶
بستک	۱.۳۳	۲۹.۶۳	۱۰۰۷.۱۸	۳۶.۹۱	۸۷۳۱.۹۲	۳۲۴.۷۲	۲۰.۱
بوانات	۳.۳۳	۱۶.۴۳	۱۰۰۸.۴۳	۲۷.۱۲	۲۵۶۸.۸	۱۷۴.۵۳	۱۱.۴۵
بهبهان	۱.۶۷	۲۵.۲	۱۰۰۷.۶	۴۱.۸۵	۱۱۰۱۰.۷	۴۱۳.۱۱	۲۴.۵۷
بهرگان	۴.۳۷	۲۷.۴۲	۱۰۰۸.۵	۵۳.۸۸	۱۱۷۲۹.۹	۵۳۷.۴۲	۰.۱۱۶
برازجان	۱.۷۸	۲۹.۷۳	۱۰۰۷.۳۴	۳۹.۱۷	۱۰۹۹۴.۳۸	۴۲۰.۳۶	۳۹.۹۴
بستان	۳.۲۹	۲۵.۲۳	۱۰۰۸.۰۳	۴۴.۸۳	۱۱۶۸۴.۲۶	۴۶۲.۱	۴۷.۴۵
بوشهر (فرودگاه)	۳.۱۳	۲۵.۱۳	۱۰۰۸.۸۸	۶۳.۱۳	۱۴۳۵۹.۴۶	۷۶۵.۵۲	۱۷۳.۵۹
بوشهر (ساحلی)	۳.۷۲	۲۵.۸	۱۰۰۹.۳۲	۶۶.۴۷	۱۵۹۲۶.۰۶	۸۱۸.۵۳	۲۶۷.۲۸
چابهار	۲.۹۱	۲۶.۶۹	۱۰۰۸.۶۵	۷۱.۹۲	۱۶۲۸۰.۲۹	۸۲۰.۶۵	۲۱۴.۲۶
دهدز	۳.۱۵	۲۰.۱۴	۱۰۰۸.۲۴	۳۷.۸۸	۷۶۲۵.۵۹	۳۶۲.۰۸	۷۰.۲۵
دزفول (فرودگاه)	۱.۷۶	۲۴.۴۸	۱۰۰۸.۴۶	۴۶.۶۹	۱۱۳۲۱.۲۶	۴۷۱.۸۷	۳۰.۸۶
درودزن	۲.۳۳	۱۷.۹۱	۱۰۱۱.۳۷	۴۰.۸۵	۵۸۰۷.۷۲	۴۴۷.۰۸	۱۱۷.۶۱
اقلید	۳.۲۹	۱۳.۴	۱۰۰۹.۹۶	۳۲.۰۷	۲۲۲۷.۹۳	۱۸۸.۹۸	۱۰.۷۶
استهبان	۲.۳۹	۲۰.۱۴	۱۰۰۴.۶۳	۳۳.۰۹	۴۶۴۸.۹۸	۲۸۶.۵۳	۳۹.۴۲
فراشبند	۲.۰۵	۲۴.۹	۱۰۰۸.۰۱	۳۹.۱۲	۷۷۱۲.۹۶	۴۰۱.۱۳	۷۰.۷
فسا	۱.۷۳	۲۰.۰۸	۱۰۰۳.۳۹	۳۸.۷۸	۶۰۹۰.۹	۴۲۰.۴۴	۶۹.۳۴
فیروزآباد (فارس)	۲.۵۷	۲۲.۴۷	۱۰۰۹.۵۶	۳۲.۵۸	۵۶۷۶.۳۱	۳۱۸.۶۲	۶۱.۳
فورگ	۲.۰۱	۲۵.۵	۱۰۰۵.۰۸	۳۵.۱۳	۴۱۱۸.۶	۱۹۶.۲۴	۴۳.۵
گتوند	۱.۶۶	۲۷.۰۸	۱۰۰۹.۱۲	۴۴.۹۹	۸۹۹۱.۶۲	۴۵۹.۴۵	۰.۱۳
حاجی آباد (هرمزگان)	۲.۴۴	۲۵.۲۹	۱۰۰۸.۰۹	۳۴.۱۶	۶۶۴۸.۰۳	۳۰۶.۳۴	۲۴.۵۹
حسن آباد (داراب)	۱.۳۸	۲۳.۲۹	۱۰۰۵.۳۶	۳۷.۰۱	۷۳۹۴.۵۴	۴۰۹.۶۱	۳۰.۸۳
هندیجان	۳.۸۷	۲۷.۵۵	۱۰۰۸.۳۳	۴۲.۳۶	۱۱۹۶۹.۱۵	۴۲۱.۶۷	۳۷.۴
حسینیه	۴.۰۳	۲۷.۳۹	۱۰۰۸.۱۲	۳۴.۱۳	۱۰۰۰۴.۵۱	۳۱۲.۳۳	۴۷.۵۲
ایران‌شهر	۲.۱۱	۲۷.۵۹	۱۰۰۸.۴	۲۸.۶۶	۶۵۰۴.۷۶	۲۲۹.۸۵	۱۶.۸۱
ایزدخواست	۳.۹۴	۱۵.۱۶	۱۰۱۰.۴۶	۲۹.۷۷	۲۲۸۳.۷۳	۱۷۰.۶	۲۴.۰۵
ایذه	۲.۱۹	۲۴.۱۵	۱۰۰۳.۶۸	۳۸.۳۳	۹۵۸۶.۲۱	۳۷۳.۲۶	۲۸.۶۹

جدول ۳ داده های ورودی ماتریس تحلیل سلسله مراتبی این مطالعه (منبع: نویسندگان)

نام ایستگاه	سرعت باد (m/s)	دما (C°)	فشار (hPa)	رطوبت (%)	میانگین سالانه جذب آب از روش تراکم سرمایشی (L/year)	میانگین سالانه جذب آب از روش جذب با مواد جاذب رطوبت (L/year)	میانگین سالانه جذب آب از روش جذب توسط مه گیرها (L/year)
جهرم	۱.۳۱	۲۳.۷۸	۱۰۰۸.۸۹	۳۸.۱۹	۷۵۵۳.۰۱	۳۹۷.۴۴	۲۸.۲۷
جهرم (فرودگاه)	۱.۸۱	۲۴.۵۴	۱۰۰۶.۲۸	۲۹.۳۷	۳۰۰۷.۰۲	۱۴۹.۶۷	۱۴.۸۵
جم	۲.۹۴	۲۶.۰۱	۱۰۰۹.۴۶	۴۰.۱۵	۸۲۸۹.۷۹	۴۰۱.۹۲	۱۰۴.۷۴
جاسک	۴.۰۳	۲۷.۴۹	۱۰۰۸.۲۲	۶۸.۶۶	۱۶۷۸۱.۳۱	۸۰۰.۱۹	۱۶۵.۲۸
کازرون	۲.۰۲	۲۵.۲۱	۱۰۰۹.۱۱	۳۶.۳۱	۶۹۲۲.۰۳	۳۴۵.۸۶	۵۳.۶
خفر	۲.۷۳	۲۳.۹۲	۹۹۳.۳	۳۰.۹۷	۲۴۰۸۴.۳۸	۴۰۰.۰۸	۴.۶۹
خنج	۲.۰۲	۲۷.۵۶	۱۰۰۶.۴۴	۳۱.۸۴	۷۰۲۵.۶۷	۲۹۱.۳۸	.۷۳
لالی	۲.۹۶	۲۶.۰۴	۱۰۰۸.۵۶	۳۸.۷۴	۱۰۵۲۲.۲۷	۳۷۳.۸	۵۲.۲۶
لامرد	۲.۱۸	۲۷.۱۴	۱۰۰۹.۸۸	۴۰.۰۸	۱۰۱۰۲.۲۳	۴۵۸.۳۹	۶۷.۹۳
لار	۱.۷۴	۲۴.۵	۱۰۰۷.۴۸	۳۹.۴۷	۸۳۹۰.۸۳	۴۲۵.۱۷	۷۱.۴۲
مسجدسلیمان	۱.۸۷	۲۵.۹۳	۱۰۰۶.۷۹	۳۸.۲۹	۱۰۷۷۳.۷۵	۳۷۳.۴۶	۳۳.۴۶
مهرستان	۴.۲۳	۲۴.۴۸	۱۰۰۷.۰۶	۲۴.۰۸	۳۸۹۷.۵۱	۱۴۸.۸۳	۲۷.۵۲
میناب	۱.۴۳	۲۸.۵۶	۱۰۰۸.۸۵	۵۲.۹۳	۱۳۹۳۵.۲۱	۵۹۰.۹۲	۱۸.۱۷
نی ریز	۲.۴۲	۲۰.۹۵	۱۰۰۴.۲۲	۳۰.۰۲	۴۹۲۴.۷۳	۲۸۳.۱۲	۲۵.۸۲
نیکشهر	۲.۶۵	۲۹.۴۸	۱۰۰۶.۷۵	۳۱.۵۸	.۸۱۷۱	۲۷۲.۳	۱۷.۱۳
نورآباد (ممسنی)	۱.۴۷	۲۳.۹۸	۱۰۱۰.۶۹	۳۷.۹۹	۷۱۳۸.۸۸	۳۹۲.۰۴	۶۰.۷۲
امیدیه (آغاچاری)	۲.۸۹	۲۶.۴۶	۱۰۰۸.۶۲	۴۰.۸۲	۱۱۳۹۵.۱۵	۴۰۴.۳	۳۰.۱۴
امیدیه (پایگاه هوایی)	۳.۲۷	۲۵.۹۱	۱۰۰۹.۰۵	۴۹.۲۲	۱۲۶۹۳.۵۷	۵۲۲.۲۵	۹۰.۸۷
پارسیان	۱.۹۸	۲۹.۴۶	۱۰۰۸.۵۱	۴۵.۷۵	۱۱۹۷۸.۳۷	۴۶۴.۵۶	۲۱.۲۶
قیروکارزین	۱.۴۱	۲۷.۷۶	۱۰۰۶.۱۳	۳۴.۵۵	۸۵۱۹.۳۷	۳۴۷.۵۵	۱۴.۲
رامهرمز	۲.۰۱	۲۷.۴۹	۱۰۰۸.۵۵	۳۵.۹۵	۹۵۱۲.۳	۳۳۶.۴۱	۱۳.۴۷
راسک	۱.۸۳	۳۰.۴۱	۱۰۰۶.۹۹	۳۳.۵۷	۹۲۰۰.۷	۲۹۴.۶۸	۱۰.۲۷
رودان	۲.۷	۳۰.۰۹	۱۰۰۷.۹۵	۳۶.۹	۱۰۱۶۸.۲۲	۳۵۹.۲۶	۲۱.۶۴
صفاشهر	۳.۳	۱۵.۱۷	۱۰۱۱.۱۲	۳۲.۱۶	۳۲۴۴.۲۶	۲۷۳.۶۳	۱۳۱.۱۵
صفی آباد (دزفول)	۱.۴۵	۲۵.۶۴	۱۰۰۸.۳۱	۴۹.۸۶	۱۲۶۵۹.۹۸	۵۳۶.۷۷	۵۶.۷۲
سردشت بشاگرد	۲.۲۵	۲۸.۳۸	۱۰۰۸.۳۷	۲۸.۷۸	۶۲۶۲.۵۶	۲۱۴.۶۲	۱۵.۱۱
سروستان	۲.۰۵	۲۱.۸۲	۱۰۰۸.۰۸	۲۷.۵۴	۴۵۳۷.۹۷	۲۵۱.۲۹	۶۷.۶۱
سپیدان	۲.۷۱	۱۶.۳۹	۱۰۰۹.۲۳	۳۶.۰۷	۴۳۴۲.۷۵	۳۵۷.۷۶	۱۲۸.۶۹
شادگان	۲.۸۱	۲۵.۸۳	۱۰۰۸.۵	.۴۲	۱۰۷۲۴.۱۹	۴۰۵.۳۱	۱۷.۸۸
شیراز	۲.۱۶	۱۸.۰۸	۱۰۰۸.۳۵	۳۹.۷	۱۱۰۸۸.۸۱	۴۲۹.۶	۸۸.۸۲
شوش	۲.۹۴	۲۷.۸۶	۱۰۰۷.۰۶	۴۱.۵	۱۱۶۸۲.۳۴	۳۸۸.۲۹	۲۵.۳۳
شوستر	۲.۲۷	۲۷.۸۱	۱۰۰۸.۸۷	۳۶.۶۴	۱۰۲۲۶.۷۳	۳۳۶.۶۹	۳۱.۷۶
تخت جمشید	۱.۱۷	۲۰.۰۹	۱۰۰۹.۵	۴۰.۰۳	۴۳۴۸.۰۱	۲۸۷.۹۴	۳۱.۲۲
زرقان	۱.۳۳	۱۸.۳۵	۱۰۱۱.۲	۴۱.۲۹	۵۸۷۰.۱	۴۴۹.۰۹	۶۲.۲۸
زرین دشت	۱.۷۱	۲۵.۹۸	۱۰۰۸.۶	۲۷.۰۱	۵۵۵۱.۴	۲۳۴.۰۲	۲۸.۷۱

روش اصلی این مطالعه تحلیل سلسله مراتبی است. این روش در مطالعات اقلیم شناسی زیادی مورد توجه بوده است. مثلاً دزفولی (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای از روش وارد به عنوان بخشی از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای برای گروه‌بندی داده‌های بارندگی

در مناطق فرعی همگن براساس تنوع بین سالانه در اسپانیا استفاده کرد. بعد از استخراج داده‌های عوامل مد نظر در مرحله اول داده‌های عوامل به دست آمده با روش تحلیل سلسله مراتبی امتیازدهی شدند. در روش تحلیل سلسله

مراتبی با رابطه زیر امتیازدهی ایستگاه‌های مورد مطالعه انجام شده است (ساتی، تی، ال، ۱۹۹۴).

$$S_i = \sum_{j=1}^n W_j * \frac{x_{ij}}{\sum_{k=1}^m x_{kj}} \quad (۴)$$

که در آن S_i امتیاز تحلیل سلسله مراتبی برای هر ایستگاه است. W_j وزن هر کدام از معیارها است. x_{ij} نمره عملکرد هر ایستگاه در هر کدام از معیارهای هشت گانه و m تعداد معیارهای به کار گرفته شده است. بعد از انجام تحلیل سلسله مراتبی نتایج این تحلیل با روش خوشه بندی وارد خوشه بندی شد.

منظور از امتیازدهی این بود که ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه با توجه به ۷ عامل شرح داده شده و وزن آنها چه رتبه‌ای را در ظرفیت‌سازی جذب آب از رطوبت هوا می‌توانند به دست آورند. در وزن دهی به عوامل مورد استفاده در این تحلیل مجموع وزن‌ها عدد ۱ است یعنی وزن‌ها براساس صدم یا درصد هستند. هر کدام از عوامل فشار هوا و رطوبت نسبی بیشترین وزن ممکن یعنی ۰.۲ را به خود اختصاص داده است. این به سبب تاثیرگذاری بیشتر این عامل نسبت به سایر عوامل در ظرفیت‌سازی جذب آب از رطوبت هوا بوده است. عوامل بعدی که وزن بیشتری گرفته اند دما و سرعت باد هستند که به هر کدام از آنها وزن ۰.۱۵- (منفی پانزده صدم) اختصاص یافته است. وزن منفی به این عوامل به این سبب است که هر چقدر مقدار دما و سرعت باد زیاد باشد از میزان جذب آب از رطوبت هوا کاسته می شود، بنابراین هنگام اجرای تحلیل سلسله مراتبی برای اینکه وزن این عوامل نیز مثبت شود تمامی داده های ستون دما و سرعت باد هنگام اجرا معکوس می شوند تا وزن اختصاص داده شده به عوامل دما و سرعت باد مثبت شود. وقتی که داده‌های ستون دما و سرعت باد معکوس می شوند ابتدا وزن اختصاص داده شده به ستون به ارزشی مثبت بدل شده و بعد از آن دما و سرعت باد بالا اثر کاهنده و دما و سرعت باد کم اثر افزاینده برای امتیاز نهایی ایستگاه‌ها بر جای می گذارند. این مهم برای اینست که غیر از دما و سرعت باد، داده‌های تمامی ستون‌های دیگر هر چقدر بیشتر باشند همان قدر نیز امتیاز ایستگاه‌ها را در تحلیل سلسله مراتبی افزایش می دهند. لذا برای هم سویی اثر عوامل دما و سرعت باد با سایر عوامل اینکار انجام گرفته است. به هر کدام از عوامل میزان جذب آب از روش تراکم سرمایشی،

میزان جذب آب از روش جذب با مواد جاذب رطوبت و جذب از مه گیرها وزن ۰.۱ اختصاص پیدا کرده است. بعد از انجام تحلیل سلسله مراتبی هر ایستگاه هواشناسی یک امتیاز بر حسب درصد به دست آورده است که رتبه هر نقطه را در توانایی آن در جذب آب از رطوبت هوا نشان داده است. اما چون هدف مطالعه براساس استخراج ظرفیت سازی جذب آب از رطوبت هوا در ایستگاه خاصی نبوده است باید این نتایج گروه بندی می‌شدند تا گستره‌های مطلوب و نامطلوب منطقه مورد مطالعه در ظرفیت سازی بهره برداری از رطوبت مشخص شوند. برای اینکار از روش خوشه بندی وارد استفاده شد. روش خوشه بندی وارد نیز یکی از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی است. محاسبه خوشه بندی با استفاده از رابطه زیر و در نرم افزار متلب انجام شده است.

این روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی واریانس کل درون خوشه‌ای را به حداقل می‌رساند و به‌طور مکرر خوشه‌هایی را ادغام می‌کند که منجر به کوچک‌ترین افزایش واریانس می‌شود. همچنین رودریگو (۲۰۲۳) از روش وارد به عنوان یک تکنیک خوشه‌بندی سلسله مراتبی برای منطقه‌بندی مجموعه داده‌ها با گروه‌بندی ایستگاه‌ها با تنوع بین سالانه مشابه شاخص IRT، که تفاوت بین درصد بارندگی در روزهای سرد و گرم را اندازه‌گیری می‌کند، استفاده کرد. یان و هرتیگ (۲۰۲۲) در مقاله‌ای از روش وارد برای تقسیم اروپا به شش منطقه با ویژگی‌های ازن و دمای سطح زمین همگن استفاده کرد. با توجه به این مطالعات اهمیت روش وارد در خوشه بندی داده‌های اقلیمی مشخص شد و لذا با این روش می توان به شکل منطقی داده‌های مد نظر این مطالعه را خوشه بندی کرد. محاسبه خوشه بندی با استفاده از رابطه زیر و در نرم افزار متلب انجام شده است (وارد، ۱۹۶۳).

$$\Delta E(C_i, C_j) = \frac{(|C_i| * |C_j|)}{(|C_i| + |C_j|)} * d(\mu_i, \mu_j)^2 \quad (۵)$$

که در آن C_i, C_j گروه‌هایی از نقاط داده، $|C_i|, |C_j|$ تعداد نقاط داده در هر خوشه، μ_i, μ_j موقعیت میانگین تمام نقاط داده در خوشه و d اندازه گیری فاصله بین دو نقطه در فضای اقلیدسی می باشد.

نتایج و بحث

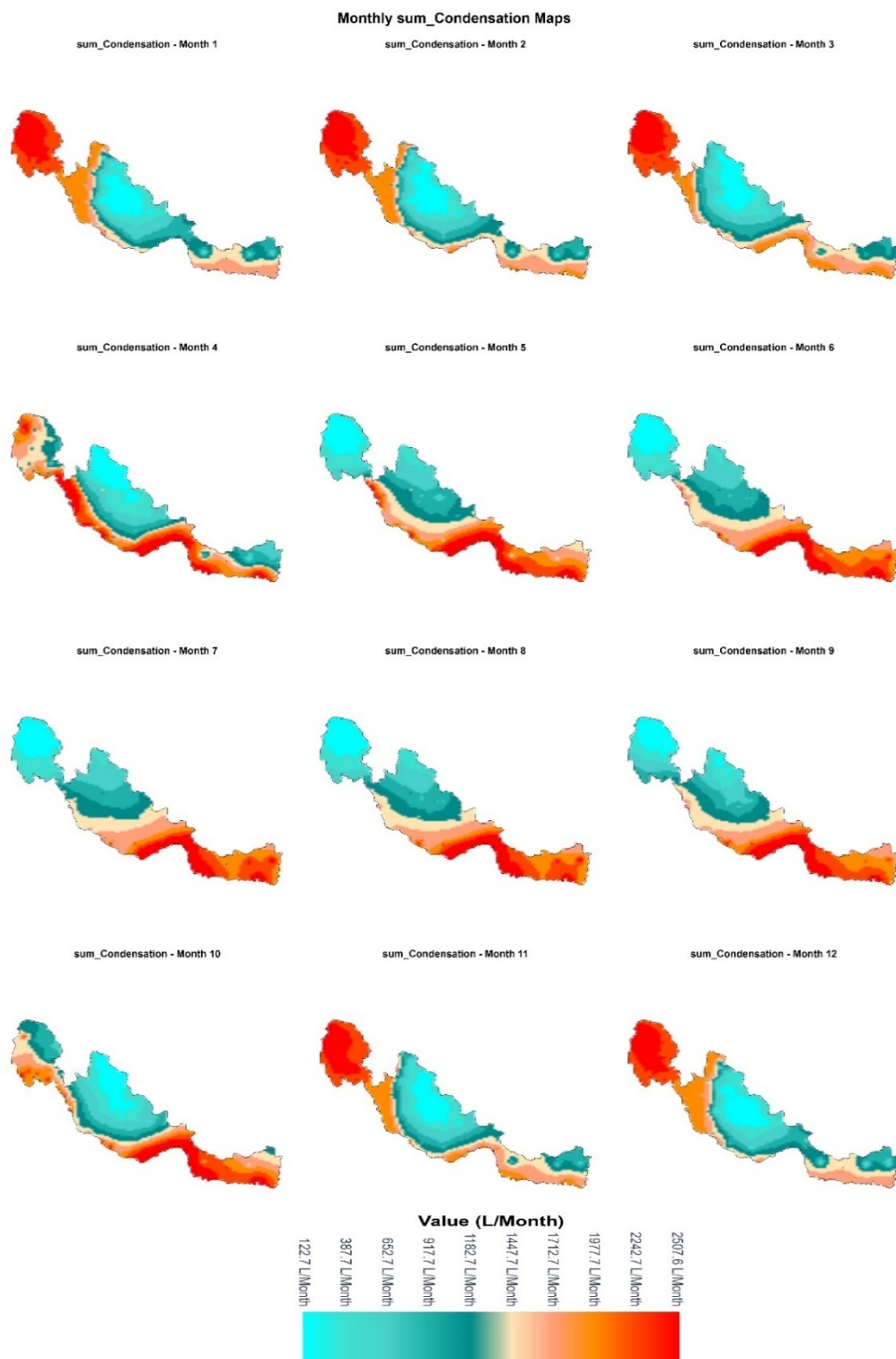
شکل ۲ نتایج درونیابی میانگین ماهانه میزان جذب آب از رطوبت هوا با روش تراکم سرمایشی نوار جنوبی ایران را در

دوره ۲۰۱۵-۲۰۲۴ نشان داده است. برای اینکه این مطالعه براساس یک ایستگاه خاص نبوده و به صورت گستره مطالعاتی بررسی شده است، تفکیک ایستگاه های هواشناسی به محدوده ی شهرستان های آنها نمی توانست هدف مطالعه را برای گستره جغرافیایی نوار جنوبی ایران برآورده کند. لذا داده های به دست آمده ایستگاه ها با روش آی دی دبلیو (IDW) درونیابی شد تا ضمن نمایش فضایی نتایج جذب آب با روش تراکم سرمایشی، بتواند نقاط مطلوب و نامطلوب این روش را شناسایی کند. در این شکل پهنه های با توان جذب آب بالا با رنگ نارنجی و پهنه های با توان جذب آب پایین با رنگ فیروزه ای نشان داده شده است. از بین این دو رنگ نیز هر چقدر داده های نقشه دارای توان تولید آب بالا بوده، رنگ نارنجی پررنگ تر بوده است همچنین هر چقدر داده های نقشه دارای توان تولید آب پایین بوده، رنگ فیروزه ای پررنگ تر بوده است. در سه ماه اول سال استان خوزستان، غرب استان فارس و بخش هایی از استان بوشهر بیشترین مقدار جذب آب با این روش را به خود اختصاص داده است. در سه ماه دوم سال از میزان جذب آب در استان های خوزستان و فارس کاسته شده است و در عوض استان های بوشهر، هرمزگان و جنوب سیستان و بلوچستان بیشترین مقدار جذب آب را نشان می دهند. در سه ماه سوم سال هم بیشترین مقدار جذب آب در استان های هرمزگان و جنوب سیستان و بلوچستان دیده می شود. در سه ماه آخر سال هم ابتدا در ماه اکتبر بیشترین مقادیر جذب آب در جنوب سیستان و بلوچستان و استان هرمزگان دیده می شود اما در ماه های نوامبر و دسامبر دوباره استان خوزستان و غرب استان های فارس و بوشهر بیشترین مقادیر را به خود اختصاص داده اند. شکل ۳ نتایج درونیابی میانگین ماهانه میزان جذب آب از رطوبت هوا با روش جذب با مواد جاذب رطوبت نوار جنوبی ایران را در دوره ۲۰۱۵-۲۰۲۴ نشان داده است. نتایج این روش نیز مانند روش قبلی به شکل درونیابی نمایش داده شده است. در این شکل پهنه های با توان زیاد در جذب آب بالا با رنگ بنفش و پهنه های با توان جذب آب پایین با رنگ سبز نشان داده شده است. از بین این دو رنگ نیز هر چقدر داده های نقشه دارای توان تولید آب بالا بوده، رنگ بنفش پررنگ تر بوده است همچنین هر چقدر داده های نقشه دارای

توان تولید آب پایین بوده، رنگ سبز پررنگ تر بوده است. در سه ماه اول سال استان خوزستان، از مرکز به سمت غرب استان فارس و کل استان بوشهر بیشترین مقدار جذب آب با این روش را به خود اختصاص داده است. در سه ماه دوم سال نیز ابتدا در ماه آوریل بیشتر محدوده استان فارس و هرمزگان و کل استان بوشهر بیشترین مقدار جذب آب را داشته است. در ماه های می و ژوئن نیز محدوده استان بوشهر، هرمزگان و جنوب سیستان و بلوچستان بیشترین مقادیر جذب آب را از خود نشان داده اند. در سه ماه سوم سال بیشترین مقدار جذب آب در استان های هرمزگان و جنوب سیستان و بلوچستان دیده می شود. در سه ماه آخر سال هم در ماه اکتبر بیشترین مقادیر جذب آب در جنوب استان سیستان و بلوچستان، استان بوشهر و هرمزگان دیده می شود و در ماه های نوامبر و دسامبر استان خوزستان و غرب استان فارس و کل استان بوشهر بیشترین مقادیر را به خود اختصاص داده اند.

شکل ۴ نتایج درونیابی میانگین ماهانه میزان جذب آب از رطوبت هوا با روش جذب مه گیر نوار جنوبی ایران را در دوره ۲۰۱۵-۲۰۲۴ نشان داده است. نتایج این روش نیز مانند دو روش قبلی به شکل درونیابی نمایش داده شده است. در این شکل پهنه های با توان زیاد در جذب آب بالا با رنگ آبی و پهنه های با توان جذب آب پایین با رنگ صورتی نشان داده شده است. از بین این دو رنگ نیز هر چقدر داده های نقشه دارای توان تولید آب بالا بوده، رنگ آبی پررنگ تر بوده است همچنین هر چقدر داده های نقشه دارای توان تولید آب پایین بوده، رنگ صورتی پررنگ تر بوده است. در سه ماه اول سال ابتدا در ماه ژانویه بیشترین مقادیر جذب آب در استان های بوشهر، غرب هرمزگان و غرب فارس دیده می شود. در ماه های فوریه و مارس هم کل استان هرمزگان و جنوب سیستان و بلوچستان بیشترین مقادیر جذب آب را به خود اختصاص داده اند. در سه ماه دوم سال نیز ابتدا در ماه آوریل کل محدوده استان فارس و بوشهر بیشترین مقدار جذب آب را داشته است. در ماه های می و ژوئن نیز محدوده استان بوشهر، خوزستان و فارس بیشترین مقادیر جذب آب را از خود نشان داده اند. در سه ماه سوم سال بیشترین مقدار جذب آب در استان های فارس، بوشهر و نیمه جنوبی استان

خوزستان دیده می‌شود. در سه ماه آخر سال هم در ماه اکتبر بیشترین مقادیر جذب آب در جنوب استان خوزستان، استان بوشهر و فارس دیده می‌شود و در ماه نوامبر استان‌های فارس و بوشهر بیشترین مقدار جذب را داشته‌اند و در ماه دسامبر هم استان خوزستان و غرب استان‌های فارس و بوشهر بیشترین مقادیر را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۲ نتایج درونیابی میانگین ماهانه میزان جذب آب از رطوبت هوا با روش تراکم سرمایشی نوار جنوبی ایران (منبع: نویسندگان)

مراتبی این مطالعه را به تفکیک ایستگاه نشان داده است. با تجزیه و تحلیل داده های جدول مشخص شد که ایستگاه های چابهار، بندر گناوه و بوشهر (ساحلی) به ترتیب بیشترین امتیازات ممکن را در تحلیل ظرفیت سازی اقلیمی در بهره برداری از رطوبت نوار جنوبی ایران به دست آورده اند. همچنین ایستگاه های مهرستان، بوانات و ایزدخواست نیز به ترتیب کمترین امتیازات ممکن را در تحلیل مذکور به دست آورده اند. به این ترتیب ایستگاه های چابهار با امتیاز ۱۸.۹ از جنوب نیمه جنوبی سیستان و بلوچستان مطلوب ترین و مهرستان با امتیاز ۹ از شمال نیمه جنوبی استان سیستان و بلوچستان نامطلوب ترین ایستگاه های این مطالعه در ظرفیت سازی اقلیمی در بهره مندی از رطوبت معرفی می شوند.

پس از انجام تحلیل سلسله مراتبی، برای اینکه ایستگاه های موردنظر با توجه به داده های خود در عوامل مختلف گروه بندی شوند با استفاده از روش وارد خوشه بندی شدند. شکل ۵ دندروگرام حاصل از خوشه بندی وارد در این مطالعه را نشان می دهد. هدف از خوشه بندی یافتن بهترین خوشه دارای ظرفیت بهره برداری از رطوبت در نوار جنوبی ایران بوده است. عوامل به کار گرفته شده در خوشه بندی در بخش داده ها شرح داده شده است. اعداد روی محور Y نشان دهنده فاصله (یا عدم تشابه) بین خوشه ها در طول فرآیند ادغام سلسله مراتبی است. از آنجایی که از روش حداقل واریانس وارد استفاده شده است، این فاصله بر اساس افزایش کل واریانس درون خوشه ای زمانی که دو خوشه ادغام می شوند محاسبه می شود. طبق ارتفاع خوشه ها در دندروگرام خوشه ۵ و ۶ بالاترین امتیازات را کسب کرده و بیشترین شباهت را دارند. همچنین خوشه شماره ۳ که پایین ترین ارتفاع را دارد حاوی کمترین امتیازات بوده است. نتایج خوشه بندی در جدول ۵ نشان داده شده است. با تجزیه و تحلیل داده های جدول مشخص شد که خوشه ۵ شامل ایستگاه های چابهار، بندر گناوه و بوشهر (ساحلی) با کسب میانگین امتیاز ۱۸ درصد مطلوب ترین خوشه در ظرفیت سازی اقلیمی در بهره برداری از رطوبت در نوار جنوبی ایران است. همچنین خوشه شماره ۳ شامل ایستگاه های بوانات، ایزدخواست و مهرستان با کسب میانگین امتیاز ۹ درصد نامطلوب ترین خوشه در

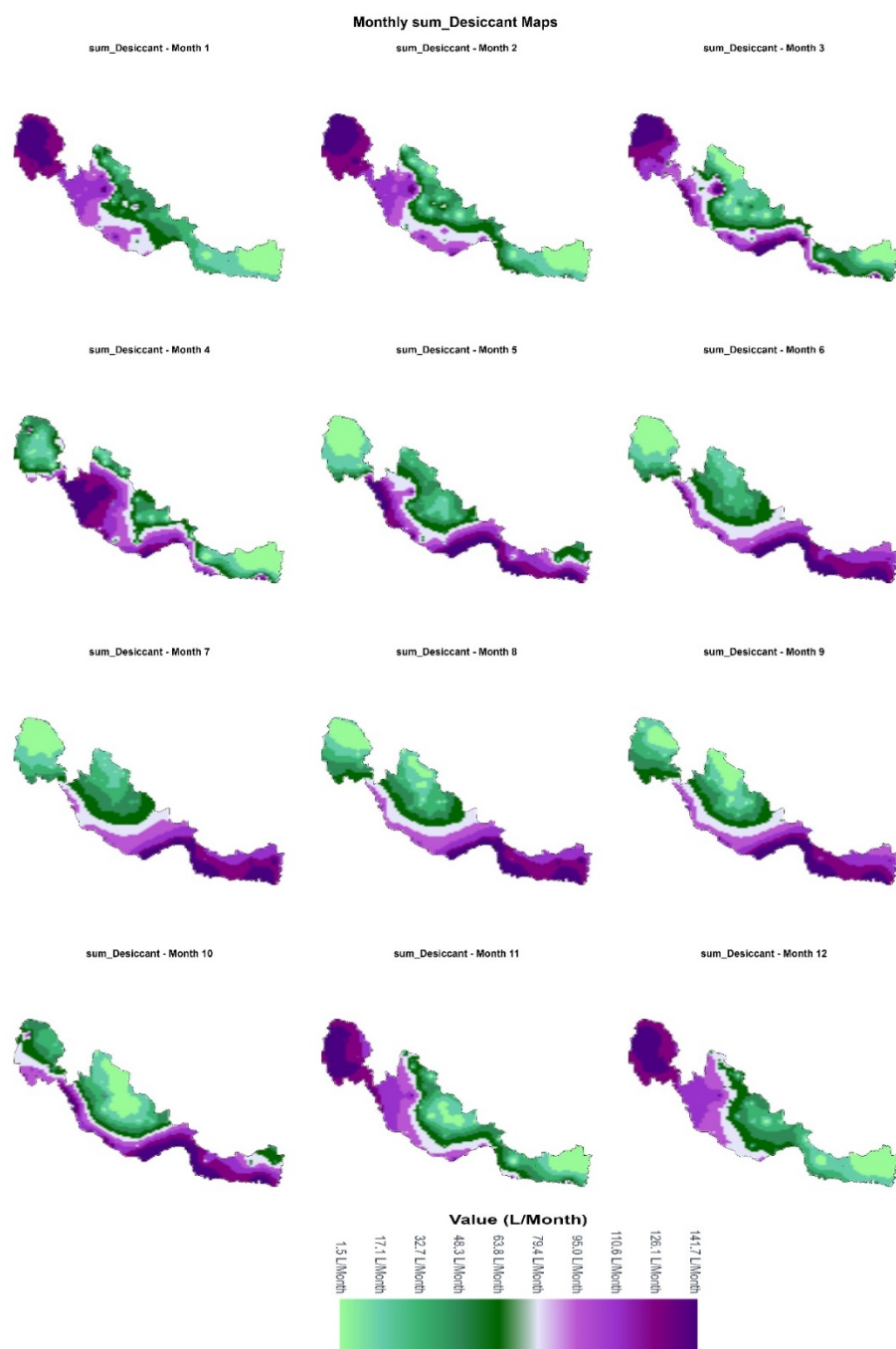
شکل ۴ نتایج درونیابی میانگین ماهانه میزان جذب آب از رطوبت هوا با روش جذب مه گیر نوار جنوبی ایران را در دوره ۲۰۱۵-۲۰۲۴ نشان داده است. نتایج این روش نیز مانند دو روش قبلی به شکل درونیابی نمایش داده شده است. در این شکل پهنه های با توان زیاد در جذب آب بالا با رنگ آبی و پهنه های با توان جذب آب پایین با رنگ صورتی نشان داده شده است. از بین این دو رنگ نیز هر چقدر داده های نقشه دارای توان تولید آب بالا بوده، رنگ آبی پررنگ تر بوده است همچنین هر چقدر داده های نقشه دارای توان تولید آب پایین بوده، رنگ صورتی پررنگ تر بوده است. در سه ماه اول سال ابتدا در ماه ژانویه بیشترین مقادیر جذب آب در استان های بوشهر، غرب هرمزگان و غرب فارس دیده می شود. در ماه های فوریه و مارس هم کل استان هرمزگان و جنوب سیستان و بلوچستان بیشترین مقادیر جذب آب را به خود اختصاص داده اند. در سه ماه دوم سال نیز ابتدا در ماه آوریل کل محدوده استان فارس و بوشهر بیشترین مقدار جذب آب را داشته است. در ماه های می و ژوئن نیز محدوده استان بوشهر، خوزستان و فارس بیشترین مقادیر جذب آب را از خود نشان داده اند. در سه ماه سوم سال بیشترین مقدار جذب آب در استان های فارس، بوشهر و نیمه جنوبی استان خوزستان دیده می شود. در سه ماه آخر سال هم در ماه اکتبر بیشترین مقادیر جذب آب در جنوب استان خوزستان، استان بوشهر و فارس دیده می شود و در ماه نوامبر استان های فارس و بوشهر بیشترین مقدار جذب را داشته اند و در ماه دسامبر هم استان خوزستان و غرب استان های فارس و بوشهر بیشترین مقادیر را به خود اختصاص داده اند.

ظرفیت سنجی اقلیمی در بهره مندی از رطوبت تنها با محاسبه جذب رطوبت به دست نمی آید. برای اینکه ظرفیت اقلیمی در این بخش به عواملی مانند فشار، دما، رطوبت نسبی و سرعت باد هم نیازمند است. لذا با استفاده از داده های این عوامل میانگین آنها برای دوره مطالعاتی ۲۰۱۵-۲۰۲۴ برای تمام ایستگاه ها محاسبه شد و در کنار نتایج جذب آب از رطوبت با روش های مختلف قرار گرفت و به عنوان ماتریس ورودی تحلیل سلسله مراتبی در نظر گرفته شد. پس از آن برای محاسبه اثر تمامی عوامل تحلیل سلسله مراتبی برای داده های مهیا شده انجام گرفت. جدول ۴ نتایج تحلیل سلسله

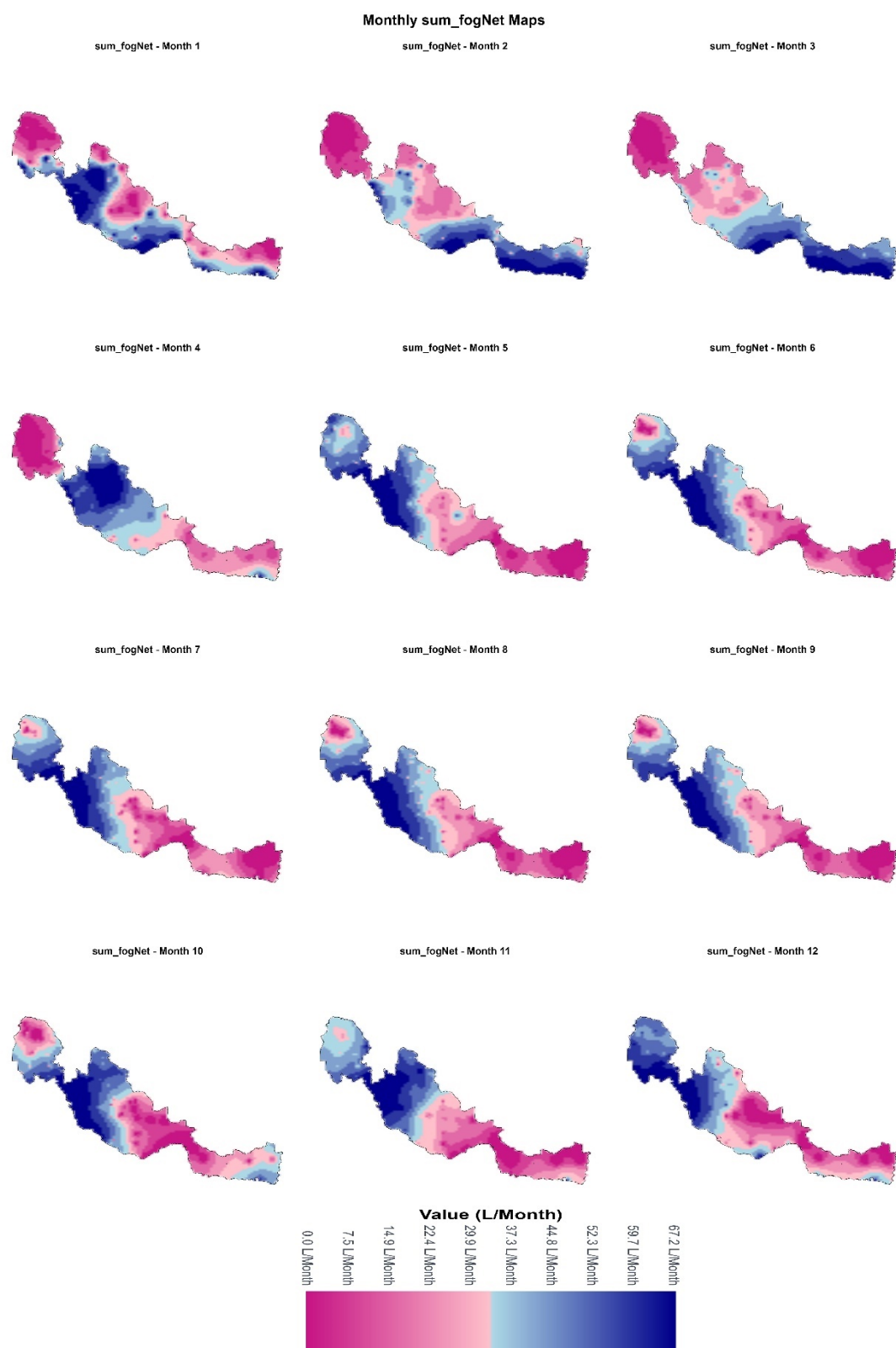
شمال غرب استان بوشهر قرار دارد. بخش‌هایی کوچکی از شمال استان خوزستان نیز در محدوده مناطق مطلوب قرار گرفته است. وسیع‌ترین مناطق نامطلوب در ظرفیت‌سازی بهره‌برداری از رطوبت نیز در نیمه شمالی و شرقی استان فارس، شمال نیمه جنوبی استان سیستان و بلوچستان و شمال غرب استان هرمزگان قرار گرفته‌اند.

ظرفیت‌سازی اقلیمی در بهره‌برداری از رطوبت در نوار جنوبی ایران بوده است.

شکل ۶ نقشه درونیابی ظرفیت‌سازی اقلیمی بهره‌برداری از رطوبت در نوار جنوبی ایران را نشان داده است. با بررسی نقشه مشخص شد که بیشترین وسعت مناطق مطلوب در ظرفیت‌سازی بهره‌برداری از رطوبت در جنوب شرق استان سیستان و بلوچستان، مرکز استان فارس، مرکز هرمزگان و



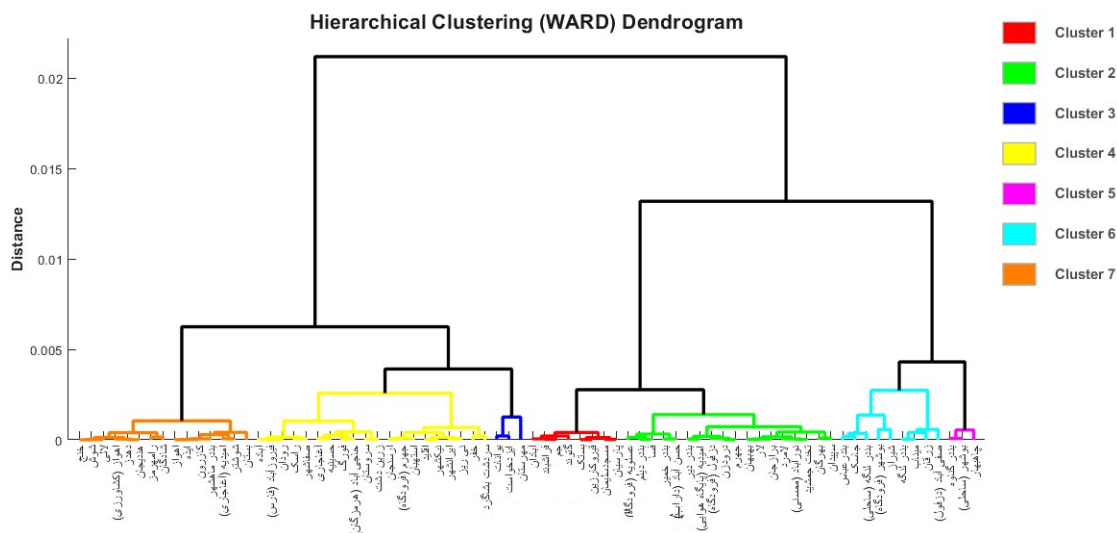
شکل ۳ نتایج درونیابی میانگین ماهانه میزان جذب آب از رطوبت هوا با روش جذب با مواد جاذب رطوبت نوار جنوبی ایران (منبع: نویسندگان)



شکل ۴ نتایج درونیابی میانگین ماهانه میزان جذب آب از رطوبت هوا با روش جذب مه گیر نوار جنوبی ایران (منبع: نویسندگان)

جدول ۴ نتایج تحلیل سلسله مراتبی این مطالعه (منبع: نویسندگان)

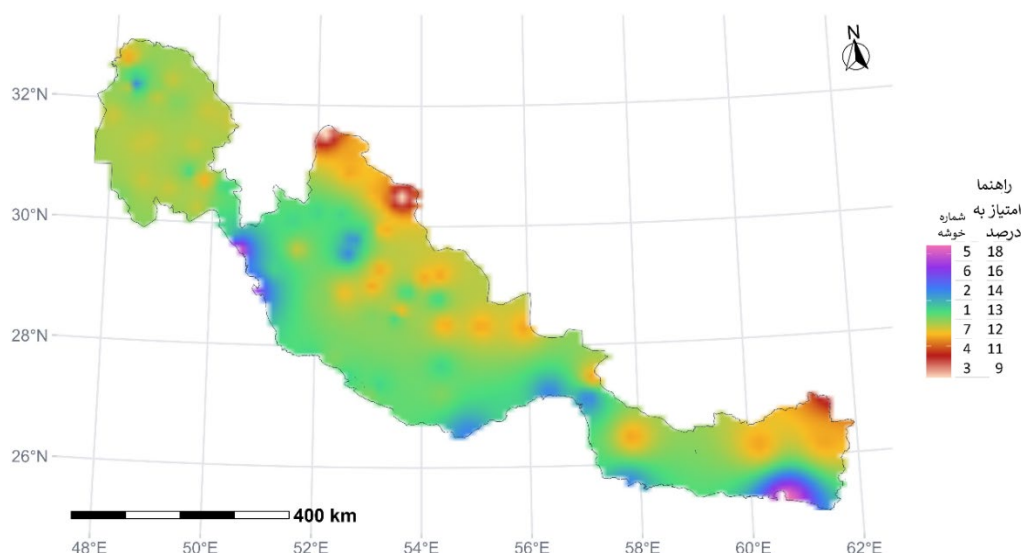
نام ایستگاه	امتیاز	نام ایستگاه	امتیاز	نام ایستگاه	امتیاز	نام ایستگاه	امتیاز
چابهار	۱۸.۹۴	بندر دیر	۱۴.۰۹	اهواز	۱۲.۵۴	حاجی آباد (هرمزگان)	۱۱.۲۹
بندر گناوه	۱۸.۵	امیدیه (پایگاه هوایی)	۱۴.۰۴	ایذه	۱۲.۵۴	فورگ	۱۱.۲۲
بوشهر (ساحلی)	۱۸.۴۳	تخت جمشید	۱۳.۹۸	کازرون	۱۲.۵۲	آغاجاری	۱۱.۱۱
شیراز	۱۷.۹۹	نورآباد (ممسنی)	۱۳.۹۶	شوشتر	۱۲.۴	حسینیه	۱۱.۰۳
بوشهر (فرودگاه)	۱۷.۴۱	لامرد	۱۳.۹۳	امیدیه (آغاجاری)	۱۲.۳۴	استهبان	۱۰.۹
بندر لنگه (ساحلی)	۱۷.۰۳	لار	۱۳.۸۹	لالی	۱۲.۲۵	جهرم (فرودگاه)	۱۰.۸۴
بندرعباس	۱۶.۸	بهبهان	۱۳.۸۷	خنج	۱۲.۲۴	ارسنجان	۱۰.۷۹
جاسک	۱۶.۶۳	برازجان	۱۳.۸۳	شوش	۱۲.۲۴	نی ریز	۱۰.۷۱
صفی آباد (دزفول)	۱۶.۲۳	سپیدان	۱۳.۷۲	اهواز (کشاورزی)	۱۲.۱۹	ایران شهر	۱۰.۶۵
میناب	۱۵.۸۹	بهرگان	۱۳.۶۱	هندیجان	۱۲.۱۶	نیکشهر	۱۰.۵۹
بندر لنگه	۱۵.۸۵	بستک	۱۳.۴۲	دهدز	۱۲.۱۵	اقلید	۱۰.۵۷
زرقان	۱۵.۵۳	فیروزکارزین	۱۳.۴۱	شادگان	۱۲.۰۵	سردشت بشاگرد	۱۰.۴۴
عسلویه (فرودگاه)	۱۴.۶۴	مسجد سلیمان	۱۳.۳۴	رامهرمز	۱۱.۹	خفر	۱۰.۲۲
بندر دیلم	۱۴.۵۴	پارسیان	۱۳.۳۲	رودان	۱۱.۷۴	ایزدخواست	۹.۸۴
فسا	۱۴.۵۱	آبادان	۱۳.۲۵	فیروزآباد (فارس)	۱۱.۷۴	بوانات	۹.۶۳
حسن آباد (داراب)	۱۴.۳۸	فراشبند	۱۳.۲۱	آباده	۱۱.۷۲	مهرستان	۸.۶۴
بندر خمیر	۱۴.۳۳	جم	۱۳.۱۸	راسک	۱۱.۶۷	زرین دشت	۱۱.۴۵
دزفول (فرودگاه)	۱۴.۲۴	گتوند	۱۳.۰۴	صفاشهر	۱۱.۶	سروستان	۱۱.۴۱
جهرم	۱۴.۱۷	بستان	۱۲.۸	بندر ماهشهر	۱۲.۵۸	دروذن	۱۴.۱۶



شکل ۵ دندروگرام حاصل از خوشه بندی وارد برای ظرفیت سازی اقلیمی در بهره برداری از رطوبت در نوار جنوبی ایران (منبع: نویسندگان)

جدول ۵ نتایج خوشه بندی ظرفیت سازی رطوبت در نوار جنوبی ایران (منبع: نویسندگان)

شماره خوشه	ایستگاه های شامل	میانگین امتیاز به درصد
۵	چابهار، بندر گناوه، بوشهر (ساحلی)	۱۸
۶	شیراز، بوشهر (فرودگاه)، بندر لنگه (ساحلی)، بندرعباس، جاسک، صفی آباد (دزفول)، میناب، بندر لنگه، زرقان	۱۶
۲	عسلویه (فرودگاه)، بندر دیلم، فسا، حسن آباد (داراب)، بندر خمیر، دزفول (فرودگاه)، جهرم، درودزن، بندر دیبر، امیدیه (پایگاه هوایی)، تخت جمشید، نورآباد (ممسنی)، لامرد، لار، بهبهان، برازجان، سپیدان، بهرگان	۱۴
۱	بستک، قیروکارزین، مسجدسلیمان، پارسیان، آبادان، فراشیند، جم، گتوند	۱۳
۷	بستان، بندر ماهشهر، اهواز، ایذه، کازرون، شوشتر، امیدیه (آغاجاری)، لالی، خنج، شوش، اهواز (کشاورزی)، هندیجان، دهدز، شادگان، رامهرمز	۱۲
۴	رودان، فیروزآباد (فارس)، آباده، راسک، صفاشهر، زرین دشت، سروستان، حاجی آباد (هرمزگان)، فورگ، آغاجاری، حسینیه، استهبان، جهرم (فرودگاه)، ارسنجان، نی ریز، ایرانشهر، نیکشهر، اقلید، سردشت، بشاگرد، خفر	۱۱
۳	ایزدخواست، بوانات، مهرستان	۹



شکل ۶ نقشه خوشه بندی ظرفیت اقلیمی بهره برداری از رطوبت نوار جنوبی ایران (منبع: نویسندگان)

نتیجه گیری

این مطالعه ظرفیت سازی اقلیمی بهره برداری از رطوبت در نوار جنوبی ایران را بررسی کرده است. در این مطالعه از روش تحلیل سلسله مراتبی جهت تفکیک مناطق مطلوب و نامطلوب به لحاظ ظرفیت سازی اقلیمی در بهره برداری از رطوبت استفاده شده است. روش تحلیل سلسله مراتبی یکی از روش های قدرتمند تفکیک و استخراج نقاط با هدف خاص در مطالعات با حجم عظیم داده است. در این روش نویسندگان با امکان انتخاب عوامل مورد دلخواه و امکان وزن دهی متناسب به هر عامل می تواند نتایج نزدیک به واقعیت از مطالعه خود به دست آورد. پس از استخراج نتایج مشخص

شد که مناطق مرکزی استان فارس و جنوب شرق استان های سیستان و بلوچستان و هرمزگان بیشترین امتیازات ممکن را نسبت به سایر مناطق به دست آورده اند و به عنوان مناطق مطلوب در ظرفیت سازی بهره برداری از رطوبت نوار جنوبی ایران معرفی می شوند. همچنین مناطق شرقی و شمالی استان فارس، شمال غرب استان هرمزگان و شمال نیمه جنوبی استان سیستان و بلوچستان کمترین امتیازات را نسبت به سایر مناطق کسب کرده اند و به عنوان مناطق نامطلوب در ظرفیت سازی بهره برداری از رطوبت نوار جنوبی ایران معرفی می شوند. با تحلیل ایستگاهی نیز ایستگاه چابهار با کسب امتیاز ۱۸.۹ درصد در جنوب نیمه جنوبی سیستان و بلوچستان مطلوب

بیشتر در زمستان در مناطق دور از ساحل توسط مه گیرها را تایید نمی‌کند. چرا که در مطالعه حال حاضر مناطق دور از ساحل مانند مرکز استان فارس در بیشتر ماه‌های سال با روش مه گیرها جذب آب داشته‌اند و برای مناطق ساحلی مطالعه گذشته فصل تابستان را جهت جذب آب توسط مه گیرها مناسب دانسته بود که این نتیجه نیز توسط مطالعه حال حاضر رد می‌شود چرا که مناطق ساحلی مانند استان هرمزگان و سیستان و بلوچستان بیشترین جذب آب توسط مه گیرها را در ماه‌های فوریه و مارس زمستان از خود نشان داده‌اند. در نهایت در این مطالعه مناطق مطلوب و نامطلوب نوار جنوبی ایران در جذب آب از رطوبت هوا برجسته شد. همچنین اهمیت روش‌های جذب آب از رطوبت هوا و میزان اثر هر کدام از آنها در جنوب ایران مشخص شد. یافته‌های این مطالعه جهت رفع مشکلات کمبود آب و رفع تنش‌های آبی در نوار جنوبی ایران کمک‌کننده هستند.

منابع

1. Afsahhosseini. F, 2024, The impact of Iran's urban heritage on sustainability, climate change and carbon zero, Springer Nature.
2. Iranmanesh. R, Jalalkamali. N, Tayari. O, 2021, Water resources availability under different climate change scenarios in South East of Iran. Journal of Water and Climate Change. <https://doi.org/10.2166/wcc.2021.373>.
3. Akbari, Mehri; Sayad, Vahideh, 2021, "Analysis of Climate Change Studies in Iran." *Research on Physical Geography*, (Volume, Issue, Pages - Not provided), DOI: 10.22059/jphgr.2021.301111.1007528
4. Alizadeh. H, Moshfeghi. V, 2023, Spatial analysis of urban water vulnerability in cities vulnerable to climate change: a study in Ahvaz, Iran, Springer Nature, Volume 20, pages 9587–9602.
5. Bazzi. H, Ebrahimi. H, Babak. Aminnejad, 2020, A comprehensive statistical analysis of evaporation rates under climate change in Southern Iran using WEAP (Case study: Chahnimah Reservoirs of Sistan Plain). Ain Shams Engineering Journal, 12(2), 1339–1352. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.08.030>.
6. Abbaspour. K. C, Faramarzi. M, Ghasemi. S. S, Yang. H, 2009, Assessing the impact of climate change on water resources in Iran. Water Resources Research, 45(10). <https://doi.org/10.1029/2008wr007615>

ترین و مهرستان با امتیاز ۹ درصد در شمال نیمه جنوبی استان سیستان و بلوچستان نامطلوب‌ترین ایستگاه‌های این مطالعه در ظرفیت‌سازی اقلیمی در بهره‌مندی از رطوبت بودند. مهم‌ترین عوامل موثر در ظرفیت‌سازی اقلیمی بهره‌مندی از رطوبت نیز فشار هوا، رطوبت نسبی و میزان جذب آب از روش‌های جذب رطوبت هوا تشخیص داده شدند. در مطالعات گذشته نادری و رئیسی (۱۳۹۷) استراتژی‌های مدیریتی، مانند کاهش مناطق زیر کشت و اعمال تنش آبی، برای بازیابی حداقل ذخیره هیدرولیکی آبخوان (MHS) تحت سناریوهای مختلف آب و هوایی را در مقاله‌ای ارزیابی کرد. این مطالعه نیز با ظرفیت‌سازی اقلیمی منطبق است چرا که مجموعه اقداماتی را بررسی نموده که به پایدارسازی منابع آبی کمک می‌کنند. اینگراو و همکاران (۲۰۲۳) در مقاله‌ای به بررسی علل و تأثیرات کمبود آب در کشاورزی می‌پردازد و راهبردهایی را برای کاهش خطرات، مانند بهبود فن‌آوری‌های آبیاری، اتخاذ روش‌های ارزیابی انتقال رد پای آب پایدار به روش‌های ارزیابی و عملکرد کشاورزی برجسته نموده است. این مطالعه با مطالعه ظرفیت‌سازی اقلیمی در استفاده از رطوبت مطابقت دارد، هر دو مطالعه مجموعه یافته‌هایی را برجسته کرده‌اند که به پایداری منابع آب و بهینه‌سازی بهره‌برداری از منابع اقلیمی کمک می‌کند. هر دو مطالعه مقایسه شده همسو با مطالعات ظرفیت‌سازی اقلیمی هستند و این مطالعه نیز به شیوه‌ای دیگر و با دانشی متمایز مکمل مطالعات نامبرده است و نتایج آنها را رد نمی‌کند. داوطلب و همکاران (۱۳۹۲) در استخراج آب از مه و رطوبت هوا در مناطق گرم و ساحلی جنوب ایران نشان داد که مناطق ذکر شده پتانسیل استحصال آب مه را به مدت ۱۶۰ تا ۳۶۰ روز دارند. این در حالی است که میانگین تعداد روزهای مه‌آلود در منطقه حداکثر ۴۱ روز است. علاوه بر این، میانگین سالانه آب برداشت شده از طریق این تکنیک بین ۶.۷ لیتر بر متر مربع در روز در ایستگاه آبادان و ۱۵۶ لیتر بر متر مربع در روز در ایستگاه چابهار متغیر است. شایان ذکر است که حداکثر میزان آب برداشت شده از ایستگاه‌های نزدیک به مناطق ساحلی در طول تابستان و در ایستگاه‌های دور از مناطق ساحلی در طول زمستان رخ می‌دهد. نتایج مطالعه حال حاضر، نتیجه مطالعه گذشته از داوطلب و همکاران (۱۳۹۲) مبنی بر جذب آب

- term soil moisture data set in three different agroclimatic zones of South Africa, <https://doi.org/10.17159/sajs.2021/7845>
19. Naderi, M, 2020, Assessment of water security under climate change for the large watershed of Dorudzan Dam in southern Iran, Springer Nature, Volume 28, pages 1553–1574.
 20. Naderi, M, Raeisi, E, 2018, Management strategies of a critical aquifer under the climate change in Jahrum of South-Central Iran. Sustainable Water Resources Management, 4(4), 1077–1090. <https://doi.org/10.1007/s40899-018-0245-5>
 21. Nouri, M, Homaei, M, Pereira, L. S, Bybordi, M, 2023, Water management dilemma in the agricultural sector of Iran: A review focusing on water governance, ScienceDirect, Agricultural Water Management, Volume 288, 108480
 22. Nouri, M, Homaei, M, Pereira, L. S, Bybordi, M, 2023, Water management dilemma in the agricultural sector of Iran: A review focusing on water governance. Agricultural Water Management, 288(<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108480>), 108480. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108480>
 23. Qiao, L, Zuo, Z, Xiao, D, Bu, L, 2021, Detection, Attribution, and Future Response of Global Soil Moisture in Summer. Frontiers in Earth Science, 9. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.745185>
 24. Richardson, O. W., 1916, The Emission of Electricity from Hot Bodies, Longmans, Green and Co., London & New York, 304 pages.
 25. Rodrigo, F. S, 2023, Spatiotemporal variability of the relationship between seasonal temperatures and precipitation in Spain, 1951–2019. Theoretical and Applied Climatology, 153(3-4), 1371–1391. <https://doi.org/10.1007/s00704-023-04550-w>
 26. Saaty, T. L, 1994, How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. In: Interfaces, 24(6), 19-43. DOI: 10.1287/inte.24.6.19.
 27. Sadeghi, Hadis; Mohammadi, Hossein; Shamsipour, Ali Akbar; Karimi, Mostafa, 2023, "Climate Zoning of the Southern Caspian Sea Coastal Strip Using Multivariate Statistical Methods." *Geography and Environmental Planning* (DOI: 10.22108/gep.2022.127922.1409).
 28. Salamati Hormozi, V, Mazidi, A, Salari, A, 2020, Analysis of special Humidity trend in south east of Iran by using Nonparametric Methods the Mann-Kendall test and Sen's
 7. D. Koster I, Max J. Suarez, 2000, Soil Moisture in climate models, Journal of Hydrometeorology
 8. Davtalab, R, Salamat, A, Oji, R, 2013, WATER HARVESTING FROM FOG AND AIR HUMIDITY IN THE WARM AND COASTAL REGIONS IN THE SOUTH OF IRAN. Irrigation and Drainage, 62(3), 281–288. <https://doi.org/10.1002/ird.1720>
 9. Dezfuli, A. K, 2010, Spatio-temporal variability of seasonal rainfall in western equatorial Africa. Theoretical and Applied Climatology, 104(1-2), 57–69. <https://doi.org/10.1007/s00704-010-0321-8>
 10. El-Amin, M. F, 2023, "Analytical solutions for harvesting atmospheric water using desiccant materials", Sustainable Water Resources Management, Vol. 9, Article 167. <https://doi.org/10.1007/s40899-023-00942-y>.
 11. Elsarrag, E, 2011, Experimental Investigations on Water Recovery from the Atmosphere in Arid Humid Regions
 12. Farnum, R. L, 2022, "Fog Harvesting", pp. 51–71, in: Guenther, E.; Smakhtin, V.; Qadir, M.; Koo-Oshima, S. (Eds.), Unconventional Water Resources, Springer International Publishing, Cham, Switzerland.
 13. Fraden, J., 2015, "Humidity and Moisture Sensors", pp. 507–523, in: Fraden, J. (Ed.), Handbook of Modern Sensors, Springer, New York.
 14. Ingrao, C, Strippoli, R, Lagioia, G, Huisingh, D, 2023, Water scarcity in agriculture: An overview of causes, impacts and approaches for reducing the risks. Heliyon, 9(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18507>
 15. Iranmanesh, Reza; Jalal Kamali, Navid; Tayari, Omid, 2019, "Evaluation of Water Resources Scarcity Index Based on Urban and Rural Settlements' Population and Effects of Climate Change - Case Study: Bardsir County." *Urban Management Journal* (Volume, Issue, Pages - Not provided).
 16. Kouhi, Sakineh; Bahman Abadi, Bahareh; Partovi, Zahra; Safari, Fatemeh; Khajehvand, Sas Mohammad; Ramazani-Etedali, Hadi, 2023, "Evaluation of ERA5 Reanalysis Data in Simulating Climatic Variables and Potential of Water Harvesting from Air Humidity (Case Study: Qazvin Province)." *Journal of Water and Soil Science* (Volume, Issue, Pages - Not provided).
 17. Mahmoud, M., 2024, The Looming Climate and Water Crisis in the Middle East and North Africa, Carnegie Endowment for International Peace, Washington, D. C.
 18. Myeni, L, Moeletsi, M. E, Clulow, A. D, 2021, Development and analysis of a long-

31. Zolfaghari, Hassan; Mazloom, Katayoun; Basati, Mitra, 2019, *Journal of Spatial Planning Geography*, Scientific-Research Quarterly of Golestan University, Ninth Year/31st Issue/Spring (Volume, Pages - Not provided).
32. Akbari. Mehri, Sayyad. Vahideh, 2021, Analysis of climate change studies in Iran. Natural Geography Studies, 53(1), 37-74. doi: 10.22059/jphgr.2021.301111.1007528.
- Slope Estimates, Journal of Climate Research, (42), 109-124.
29. United Nations Statistics Division (UNSD), 2023, Capacity development for environment and climate change statistics.
30. Ward. J. H, 1963, Hierarchical grouping to optimize an objective function