نشریه علمی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

سال هفدهم- شماره ٦٢- پاییز ١٤٠٢

Vol. 17, No. 62, Full 2023

پیش‌بینی و ارزیابی تغییرپذیری مطلوبیت آبخیزهای همگن مبتنی بر متغیرهای زیست‌اقلیمی استان چهارمحال و بختیاری

مصطفی مرادی دشت پاگردی [1*]، وفا محمودی نژاد[2]، عاطفه جعفرپور[3] و محمد کاظمی[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۶

DOI: 10.22034/17.62.23

چکیده

پیش‌بینی پارامترهای اثرگذار بر آبخیزهای همگن برای سال‌های آتی به‌منظور تصمیم‌گیری و مدیریت صحیح و ارائه راهکارهای متناسب بر وضعیت آبخیزها ضروری است. بر همین اساس، در پژوهش حاضر، ۱۹ متغیر زیست‌اقلیمی مستخرج از مدل گردش عمومی ESM4-GFDL با سناریوی ssp126 در دو دوره سی‌ساله آماری شامل میانگین دوره سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۵۹ و میانگین دوره زمانی ١٤٤٨-١٤١٩ خوشه‌بندی و آبخیزهای همگن برای دو دوره آماری مشخص شدند. شدت مطلوبیت در آبخیزهای همگن نیز موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که آبخیزهای همگن واقع در خوشه ٤ با بالاترین تغییرات افزایشی دما و کاهشی بارش، تا سال ١٤٤٨ حدود ١٦ درصد از سطح استان چهارمحال و بختیاری را به خود اختصاص خواهد داد که بیشتر شمال غرب استان به‌ویژه شهرستان کوهرنگ را دربر می‌گیرد. از طرفی در تمامی آبخیزهای همگن تغییرات فصلی بارندگی و دمای متوسط پربارش‌ترین سه‌ماهه متوالی، روندی افزایشی داشته که توزیع زمانی نامتناسب رخدادهای بارش و به دنبال آن مشکلات ناشی از سیلاب‌های مخرب، کاهش تولیدات گیاهی و کشاورزی و احتمال تغییر در رویشگاه‌های بومی منطقه را منجر خواهد شد. در همین راستا شهرستان کوهرنگ دارای کم‌ترین شدت مطلوبیت به ترتیب ۲۳/۳۸ و ۲۲/۳۵ درصد در دو دوره موردمطالعه بوده است.

کلیدواژه‌ها: ***آبخیزهای مطلوب، بوم‌سازگان، برنامه‌ریزی، مدیریت جامع، کاهش مطلوبیت***

١- دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس و کارشناس آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری چهارمحال و بختیاری، ایران
Moradi20000@gmail.com .

٢- دانشجوی دکترای علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

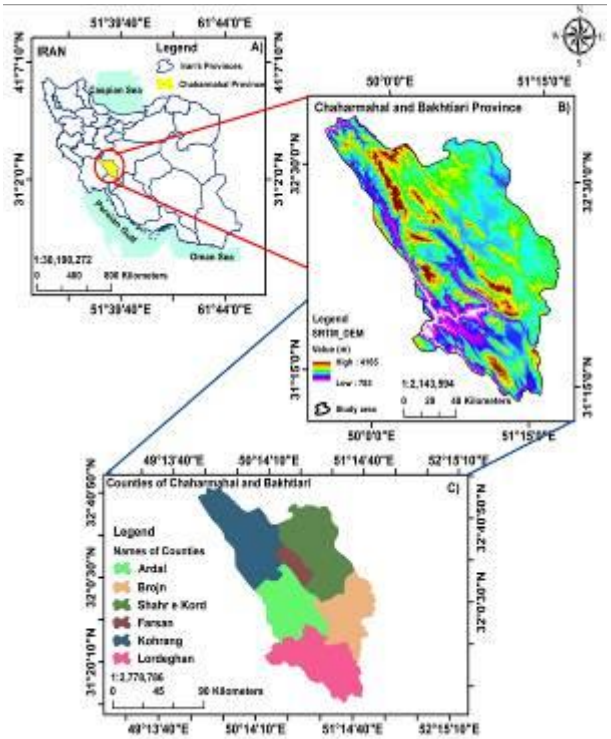
٣- دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، حفاظت آب و خاک، دانشگاه تربیت مدرس، ایران

٤- استادیار مرکز مطالعات و تحقیقات هرمز، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

مقدمه

حوزه‌های آبخیز واحدهای اساسی بوم‌سازگان‌های زمین با عملکردهای مختلف هستند و از سیستم‌های منابع آب، خاک و اقتصادی اجتماعی تشکیل شده‌اند و با تعاملات پیچیده و روابط انسانی- طبیعی مشخص می‌شوند [٤]. ازاین‌رو، ارزیابی و پیش‌بینی وضعیت آبخیزها در سال‌های آتی به‌منظور شناخت دقیق، ارائه راهکارهای متناسب با اطلاعات و داده‌های سال‌های آتی می‌تواند در تصمیم‌گیری صحیح و مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز مؤثر باشد [١٠]. هرچند، برنامه‌ریزی به‌منظور اجرای انواع اقدامات مدیریتی در حوزه آبخیز نیازمند افزایش آگاهی و دانش بهره‌برداران، سیاست‌گذاران و مدیران آن مبتنی بر وضعیت داده‌ها و اطلاعات گذشته و آینده است. بااین‌حال با استفاده محض از اطلاعات گذشته با توجه به تغییرات اقلیمی پیش رو نمی‌تواند بازدهی جامع و واقعی از رفتار کنشگرها در آبخیزها داشته باشد و در نهایت تصمیم‌گیری صحیح و برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای منطقی مبتنی بر واقعیت آبخیزها را نمی‌توان طرح‌ریزی کرد. تغییر اقلیم به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان یکی از تهدیدهای اصلی برای تنوع زیستی در جهان پذیرفته شده است. درک اثرات بالقوه آن بر فعل‌وانفعالات آبخیزها برای برنامه‌ریزی بهینه در سناریوهای آینده در اثر تغییرات جهانی بسیار مهم است [٣]. در همین راستا، متغیرهای زیست‌اقلیمی[5] [٨] دربرگیرنده داده‌های گذشته و آینده میانگین و دامنه بارندگی سالانه، تغییرات فصلی بارندگی، مقادیر حدی پر بارش‌ترین و کم بارش‌ترین ماه‌های سال و همچنین ویژگی‌های دمایی گذشته و آینده شامل میانگین و دامنه دمای سالانه، تغییرات فصلی دما، مقادیر حدی دماهای کمینه و بیشینه را در برمی‌گیرد. [٧ و ٩] بنابراین استفاده از متغیرهای زیست‌اقلیمی در زمان گذشته و آینده به‌منظور همگن‌بندی آبخیزها، می‌تواند به‌خوبی تغییرات ناشی از فعل‌وانفعالات آبخیزها به‌عنوان واحد برنامه‌ریزی و همچنین شدت مطلوبیت آبخیزها را

5. Bioclimate



شکل ۱- موقعیت منطقه موردمطالعه در کشور و استان

Fig 1. Location of the study area in the country and province

نشان دهد. در حقیقت مطلوبیت آبخیز میزان رضایت و بهره‌مندی آبخیزنشینان از خدمات آبخیزهاست که این خدمات خود متأثر از تغییرات فاکتورهای اثرگذار بر آبخیزها به‌ویژه متغیرهای زیست‌اقلیمی است. درصورتی‌که تغییرات فاکتورهای زیست‌اقلیمی آبخیزها طی سال‌های آتی به نحوی باشد که پایداری خدمات آبخیزها بدون تخریب سرزمین و متناسب با ظرفیت آبخیزها استمرار داشته باشد و معیشت وابسته به آبخیز جوامع محلی دچار تنش نشود می‌توان گفت آبخیز مذکور شدت بالایی از مطلوبیت را داراست. از طرفی، تفکیک یک حوزه به زیرحوزه‌ها و گروه‌بندی زیرحوزه‌ها از نظر خصوصیات مشابه می‌تواند به‌عنوان روشی برای اجرای عملیات مناسب مدیریتی و اولویت‌بندی زیرحوزه‌های بحرانی به کار گرفته شود [٦]. بنابراین طبقه‌بندی حوزه‌های آبخیز یکی از راه‌های برقراری ارتباط تجربی بین اقلیم و ویژگی‌های حوزه آبخیز است [٥]. بر این اساس در پژوهش حاضر، همگن‌بندی آبخیزها طی دو سری زمانی میانگین سی سال گذشته (١٣٨٨-١٣٥٩) و میانگین سی سال آینده (١٤٤٨-١٤١٩) در استان چهارمحال و بختیاری مبتنی بر متغیرهای زیست‌اقلیمی انجام پذیرفت. پیش‌بینی و ارزیابی تغییرات آبخیزهای همگن و شدت مطلوبیت آبخیزها طی دو سری زمانی گذشته و آینده با استفاده از نرم‌افزارهای ١٠,٥ ArcMap و SPSS2022 تحلیل و بررسی شد. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند در مدیریت بهتر حوزه آبخیز موردمطالعه و حوزه‌هایی با شرایط مشابه، در دستور کار مدیران مربوطه در ارتباط با تغییرات یا توسعه آتی مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

استان چهارمحال و بختیاری با مساحتی حدود ١٦٤٢٠٠٠ هکتار و میانگین بارش ٥٦٠ میلی‌متر در منطقه زاگرس مرکزی قرار گرفته است. شیب زیاد و میانگین بالای بارش، در استان اهمیت آن را در ارتباط با مدیریت حوزه آبخیز و وضعیت منابع آبی دوچندان کرده است. شکل ١ موقعیت منطقه موردمطالعه را ارائه می‌دهد.

روش انجام کار

در پژوهش حاضر از ١٩ متغیر زیست‌اقلیمی در دو دوره سی‌ساله شامل میانگین دوره سال‌های ١٣٨٨-١٣٥٩ که با عنوان ٢٠١٠ در متن بیان می‌شود و میانگین دوره سال‌های ١٤١٩-١٤٤٨ به‌صورت ١٤٤٨ در متن ارائه می‌شود، به کار گرفته شده است. در این خصوص متغیرهای مورد استفاده شامل Bio_1 (متوسط درجه حرارت سالانه، درجه سانتی‌گراد)، Bio_2 (متوسط دامنه روزانه درجه حرارت، درجه سانتی‌گراد)، Bio_3 (هم‌دمایی)، Bio_4 (تغییرپذیری فصلی)، Bio_5 (حداکثر درجه حرارت گرم‌ترین ماه، درجه سانتی‌گراد)، Bio_6 (حداقل درجه حرارت سردترین ماه، درجه سانتی‌گراد)، Bio_7 (دامنه درجه حرارت سالانه)، Bio_8 (متوسط درجه حرارت مرطوب‌ترین سه ماه متوالی، درجه سانتی‌گراد)، Bio_9 (متوسط درجه حرارت خشک‌ترین سه ماه متوالی، درجه سانتی‌گراد)، Bio_{10} (متوسط درجه حرارت گرم‌ترین سه ماه متوالی، درجه سانتی‌گراد)، Bio_{11} (متوسط درجه حرارت سردترین سه ماه متوالی، درجه سانتی‌گراد)، Bio_{12} (متوسط

بارندگی سالانه، میلی‌متر)، Bio_{13} (بارندگی مرطوب‌ترین ماه، میلی‌متر)، Bio_{14} (بارندگی خشک‌ترین ماه، میلی‌متر)، Bio_{15} (تغییرات فصلی بارندگی)، Bio_{16} (بارندگی مرطوب‌ترین سه ماه متوالی، میلی‌متر)، Bio_{17} (بارندگی خشک‌ترین سه ماه متوالی، میلی‌متر)، Bio_{18}(بارندگی گرم‌ترین سه ماه متوالی، میلی‌متر) و Bio_{19} (بارندگی سردترین سه ماه متوالی، میلی‌متر) است. بدین منظور ۱۹ نقشه متغیرهای زیست‌اقلیمی مشتق شده از مشخصات دما و بارش (Bio_1-Bio_{19}) منطقه موردمطالعه از وبگاه اینترنتی اقلیم‌شناسی با قدرت تفکیک مکانی بالا برای مناطق سطح زمین CHELSA[1] (https://chelsa-climate.org) و با دقت مکانی ۳۰ ثانیه (تقریباً یک کیلومترمربع) دریافت شد [۹]. همچنین ۱۹ متغیر زیست‌اقلیمی از مدل گردش عمومی ESM4-GFDL با سناریوی SSP126 برای پیش‌بینی و روند اثرات متغیرهای زیست‌اقلیمی بر آبخیزهای همگن در استان چهارمحال و بختیاری تا سال ۱٤٤۸ استفاده شد. در این راستا ذکر این نکته لازم است که کاربرد داده‌های مستخرج از سایت CHELSA از نظر دقت و صحت مورد تائید محققین مختلف است [۹]. به‌منظور انتخاب متغیرهای ورودی برای خوشه‌بندی به روش k-mean از رابطه (۱) استفاده شد. برای اجرای روش K-mean ابتدا به تعداد دلخواه نقاطی به‌عنوان مرکز خوشه در نظر گرفته شد. سپس هر داده به نزدیک‌ترین مرکز خوشه نسبت داده شد. پس از اتمام این کار با گرفتن میانگین در هر خوشه، مراکز خوشه و به دنبال آن خوشه‌های جدید ایجاد شد.

$$J = \sum_{j=1}^{K} \sum_{i=1}^{n} \left\| x_i^{(j)} - c_j \right\|^2 \qquad (۱)$$

که $\| \|$ معیار فاصله بین نقاط X_i و C_j مرکز خوشه j ام، k تعداد کل خوشه‌ها و n تعداد کل داده‌هاست.

همچنین نقشه‌های مورد نیاز با فرمت شیپ فایل (.shp) با اعمال برخی تصحیحات مورد نیاز از وبگاه درس گستر اخذ شدند (www.darsgostar.com). در ادامه متغیرهایی که ضریب همبستگی پیرسون بالاتر از ۰/۸ داشتند، حذف و در نهایت تعداد ۹ متغیر شامل Bio_1، Bio_2، Bio_7، Bio_8، Bio_9، Bio_{12}، Bio_{13}، Bio_{14} و Bio_{15} برای همگن‌بندی آبخیزها طی دو دوره آماری میانگین سی‌ساله تا ۱۳۸۸ (۱۳۸۸–۱۳۵۹) و میانگین سی‌ساله تا ۲۰۷۰ (۱٤٤۸–۱٤۱۹) استفاده شد. در نهایت پس از تبدیل ۹ نقشه زیست‌اقلیمی شبکه‌ای سال ۱۳۸۸ و ۹ نقشه زیست‌اقلیمی شبکه‌ای سال ۲۰۷۰ به نقشه‌های نقطه‌ای در نرم‌افزار ArcMap و استخراج فایل اکسل مربوطه، در نرم‌افزار SPSS با استفاده از روش خوشه‌بندی k-mean، آبخیزهای همگن در چهار خوشه برای دو دوره زمانی ۱۳۸۸ و ۱٤٤۸ شناسایی شدند.

1. Climatologies at High resolution for the Earth's Land Surface Areas

نتایج

پژوهش حاضر با هدف پیش‌بینی تغییرپذیری مطلوبیت آبخیزهای همگن مبتنی بر متغیرهای زیست‌اقلیمی در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. مشخصات آماری خوشه‌های ۱، ۲، ۳ و ٤ (آبخیزهای همگن۱، ۲، ۳ و ٤) برای هر کدام از دوره‌های زمانی ۱۳۸۸ و ۱٤٤۸ در جدول شماره یک ارائه شده است. مطابق جدول ۱، آبخیزهای همگن در خوشه ۱، برای سال ۱۳۸۸ و سال ۱٤٤۸ نشان می‌دهد که متغیرهای زیست‌اقلیمی مربوط به مشخصات دما همه افزایشی هستند. از طرفی به‌غیراز مقدار بارندگی در کم بارش‌ترین ماه سال، سایر متغیرهای زیست‌اقلیمی بارندگی، افزایشی است. در ارتباط با آبخیزهای همگن در خوشه ۲، روند تغییرات متغیرهای زیست‌اقلیمی دما به‌غیراز میانگین دمای سالانه، روند افزایشی دارد. این روند با شدت بیشتری برای متغیرهای بارندگی، به‌صورت افزایشی مشاهده می‌شود. در آبخیزهای همگن خوشه ۳، روند مربوط به متغیرهای زیست‌اقلیمی دما و بارش تماماً افزایشی است و دامنه تغییرات متغیرهای اقلیمی دما و بارش به‌غیراز مجموع بارندگی سالیانه نسبت به خوشه یک و دو بیشتر است. در خوشه ٤، از سال ۱۳۸۸ به ۱٤٤۸ روند افزایش دما نسبت به سایر آبخیزهای همگن شدیدتر است. از طرفی در آبخیزهای همگن ٤ روند مجموع بارش سالیانه از سال ۱۳۸۸ تا ۱٤٤۸روندی کاهشی است.

در شکل ۲ نیز نقشه‌های مربوط به نه متغیر زیست‌اقلیمی نهایی ارائه شده است. همان‌طور که از شکل ۲ مشخص است حداقل و حداکثر میانگین دمای سالانه در سال ۱۳۸۸ به ترتیب ۰/٦٥ و ۱۹/٥٥ درجه سانتی‌گراد بوده است. در حالی که در سال ۱٤٤۸ با افزایش حدود دو درجه به ترتیب به ۲/٤٥ و ۲۱/۳٥ خواهد رسید. همچنین نقشه میانگین تفاوت دمای حداکثر و حداقل ماهانه نیز نشان می‌دهد متغیر موردنظر از ۹/٥–۱٤/۷ در سال ۱۳۸۸ به ۹/۹–۱٥/۳ در سال ۲۰۷۰ خواهد رسید. بااین‌حال با توجه نقشه متغیر دامنه سالانه دما نشان می‌دهد تفاوت چندانی در دو دوره موردمطالعه وجود نداشته است و به ترتیب از ۳۳/٥–۳–٤٦ از سال ۱۳۸۸ به ۳٥/۹–٤٦/۸ در سال ۱٤٤۸ خواهد رسید. نقشه دمای متوسط پربارش‌ترین سه‌ماهه متوالی نیز نشان می‌دهد افزایش دما اتفاق خواهد افتاد به‌طوری‌که از ۱۳/۰٥–تا ۷/٤٥ در سال ۱۳۸۸ به ۱۰/۸٥– تا ۹/٦٥ در سال ۱٤٤۸ خواهد رسید. از طرفی نقشه دمای متوسط خشک‌ترین سه‌ماهه متوالی نیز از ۱٤/۱٥–۳۳/۳٥ به ۱٦/۳٥–۳٥/٤٥ در دوره مطالعه تغییر خواهد کرد. هرچند افزایش دما در سال ۱٤٤۸ اتفاق خواهد افتاد بااین‌حال، تغییرات بارندگی نیز افزایشی خواهد بود و ۳۰۷/۸ –۲۲٤۳/۳ در سال ۱۳۸۸ به ۳۳۰/٦–۲۳٦۲/۱در سال ۲۰۷۰ روند افزایشی خواهد داشت. مطابق با نقشه مجموع بارندگی پر بارش‌ترین ماه روند افزایشی مشاهده خواهد شد به‌طوری‌که از ٦۱/٥–٤۳۷ در سال ۱۳۸۸ به ۷۱/۸–٥۰۳/٥ در سال ۲۰۷۰ خواهد رسید. از طرفی مجموع بارندگی کم بارش‌ترین ماه در دو دوره موردمطالعه تفاوت چندانی نداشته و دامنه تغییرات در سال

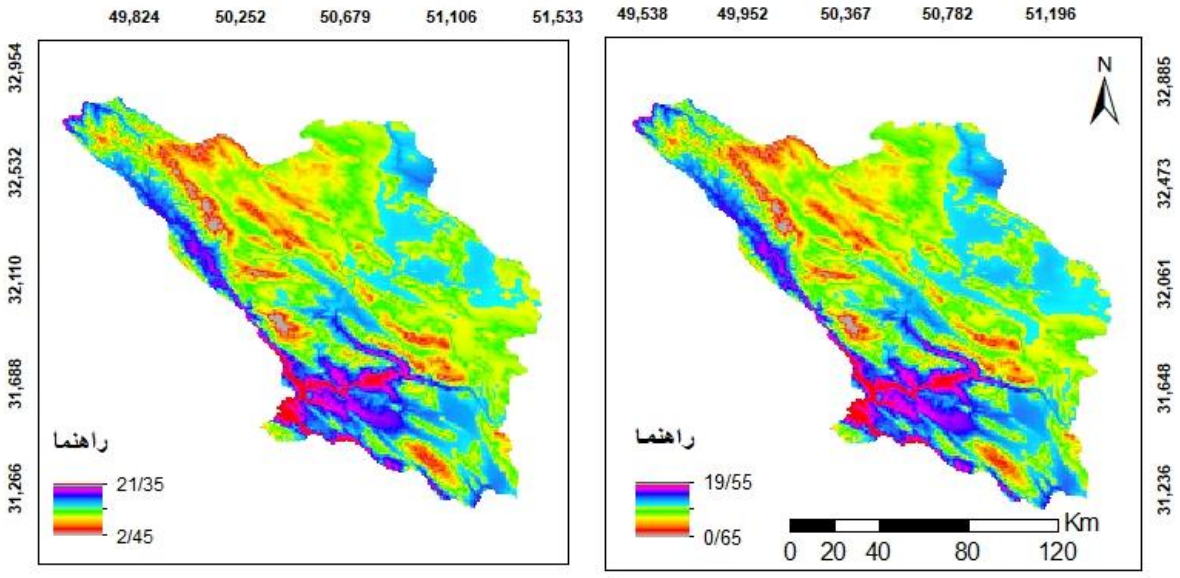
جدول ۱- مقایسه مشخصات آماری آبخیزهای همگن ۱، ۲، ۳ و ٤ برای میانگین سال‌های ۱۳۸۸ و تا ۱٤٤۸

Table 1. Comparison of statistical characteristics of homogeneous watersheds 1, 2, 3 and 4 for the average years until 2010 and until 2070

متغیرهای زیست‌اقلیمی	Bioclimatic variable	آبخیزهای همگن ۱ Homogeneous watersheds 1		آبخیزهای همگن ۲ Homogeneous watersheds 2		آبخیزهای همگن ۳ Homogeneous watersheds 3		آبخیزهای همگن ٤ Homogeneous watersheds 4	
		2010	2070	2010	2070	2010	2070	2010	2070
میانگین دمای سالانه	(°c) Bio_1	8،93	9،60	11،77	11،41	9،25	12،06	8،60	13،3
میانگین تفاوت دمای حداکثر و حداقل ماهانه	(°c) Bio_2	11،78	12،24	12،64	12،90	11،81	12،06	11،06	11،72
دامنه سالانه دما	(°c) Bio_7	41،42	42،76	41،64	42،26	41،52	41،31	40،67	41،13
دمای متوسط پربارش‌ترین سه‌ماهه متوالی	(°c) Bio_8	-2،34	-2،45	0،07	-0،11	-2،14	0،33	-2،79	3،06
دمای متوسط خشک‌ترین سه‌ماهه متوالی	(°c) Bio_9	21،44	21،78	22،62	23،63	21،79	24،84	22،16	27،93
متوسط بارندگی سالانه	(mm) Bio_{12}	508،95	531،13	266،10	326،08	505،00	550،82	1۱57،65	1۰72،4
مجموع بارندگی پر بارش‌ترین ماه	(mm) Bio_{13}	98،18	111 44.	64،32	86،40	98،32	115،87	2۰2،80	2۰4،60
مجموع بارندگی کم بارش‌ترین ماه	(mm) Bio_{14}	0،95	0،85	0،46	0،73	0،92	0،96	1،24	0،89
درصد تغییرات فصلی بارندگی	(%) Bio_{15}	92،00	95،05	93،25	94،91	92،30	95،31	91،54	97،04
مساحت آبخیزهای همگن (هکتار)	Homogeneous watersheds Area (ha)	346478	346997	541946	559849	458051	462808	295882	272703
درصد تغییرات مساحت	Area (%) changes	-	0،15	3،20		1.03		-7،83	

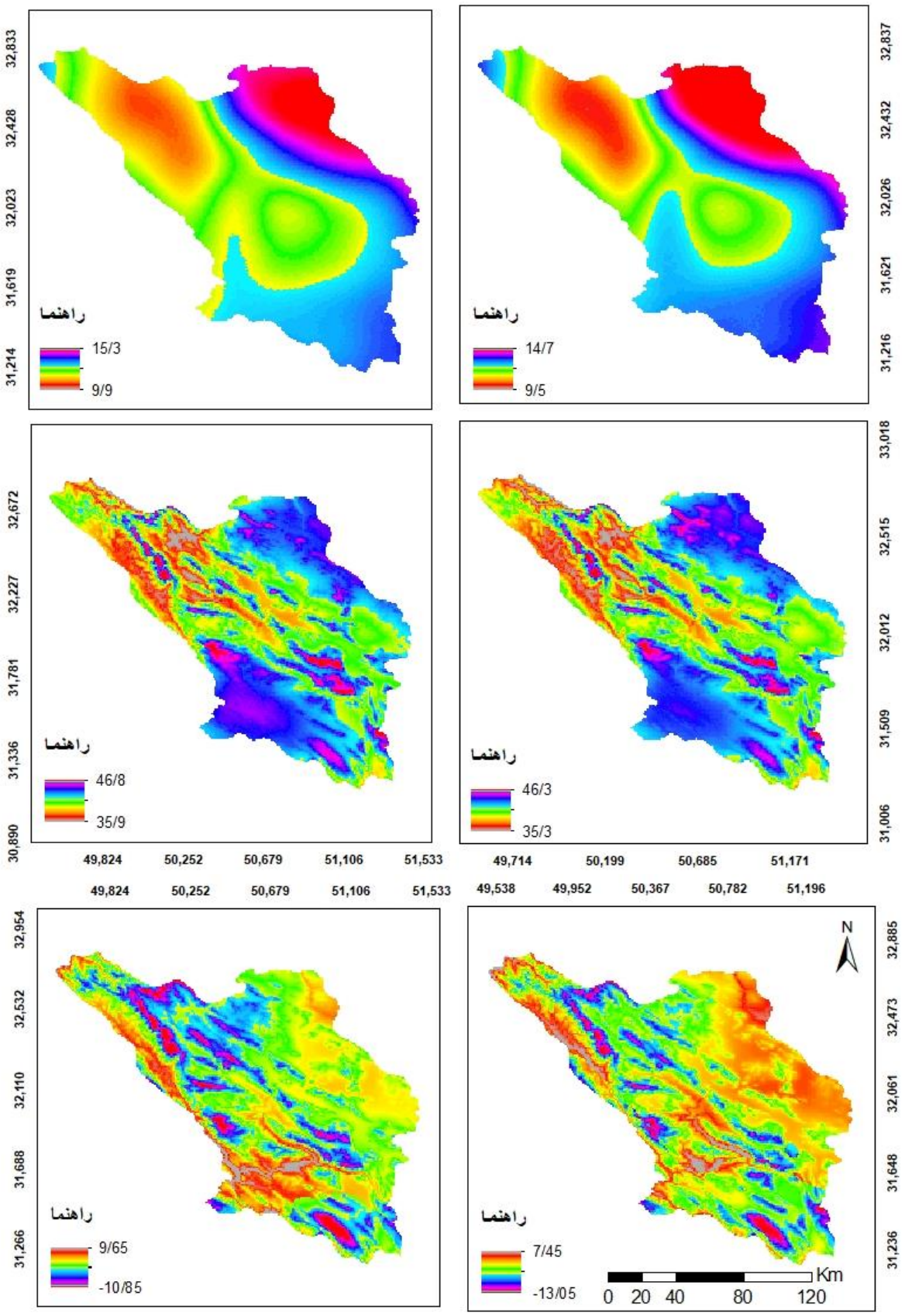
۱۳۸۸ از ۰/۳-۲/٦ به ۰/۳-۲/۷ در سال ۲۰۷۰ تغییر می‌کند. درصد تغییرات فصلی بارندگی نیز در دو دوره موردمطالعه از ۸٤/۸-۹۸/٤ در سال ۱۳۸۸ به ۸۷/۸-۱۰۱/۵ در سال ۱٤٤۸ افزایش خواهد داشت.

در شکل ۳ و ٤ نیز وضعیت آبخیزهای همگن در دو دوره موردمطالعه را نشان می‌دهد. مطابق جدول ۱ و شکل‌های ۳و ٤ مساحت آبخیزهای همگن از سال ۱۳۸۸ تا ۱٤٤۸ حدوداً ۵۱۹ هکتار تغییرات داشته و این روند افزایشی بوده است. در آبخیزهای همگن خوشه ۲، حدود ۱۷۹۰۳ هکتار برای سال ۱٤٤۸ به سطح آبخیزهای همگن مذکور اضافه خواهد شد. برای آبخیزهای همگن در خوشه سه نیز سطح آبخیزهای همگن ٤۷۵۷ هکتار افزایش یافته است.



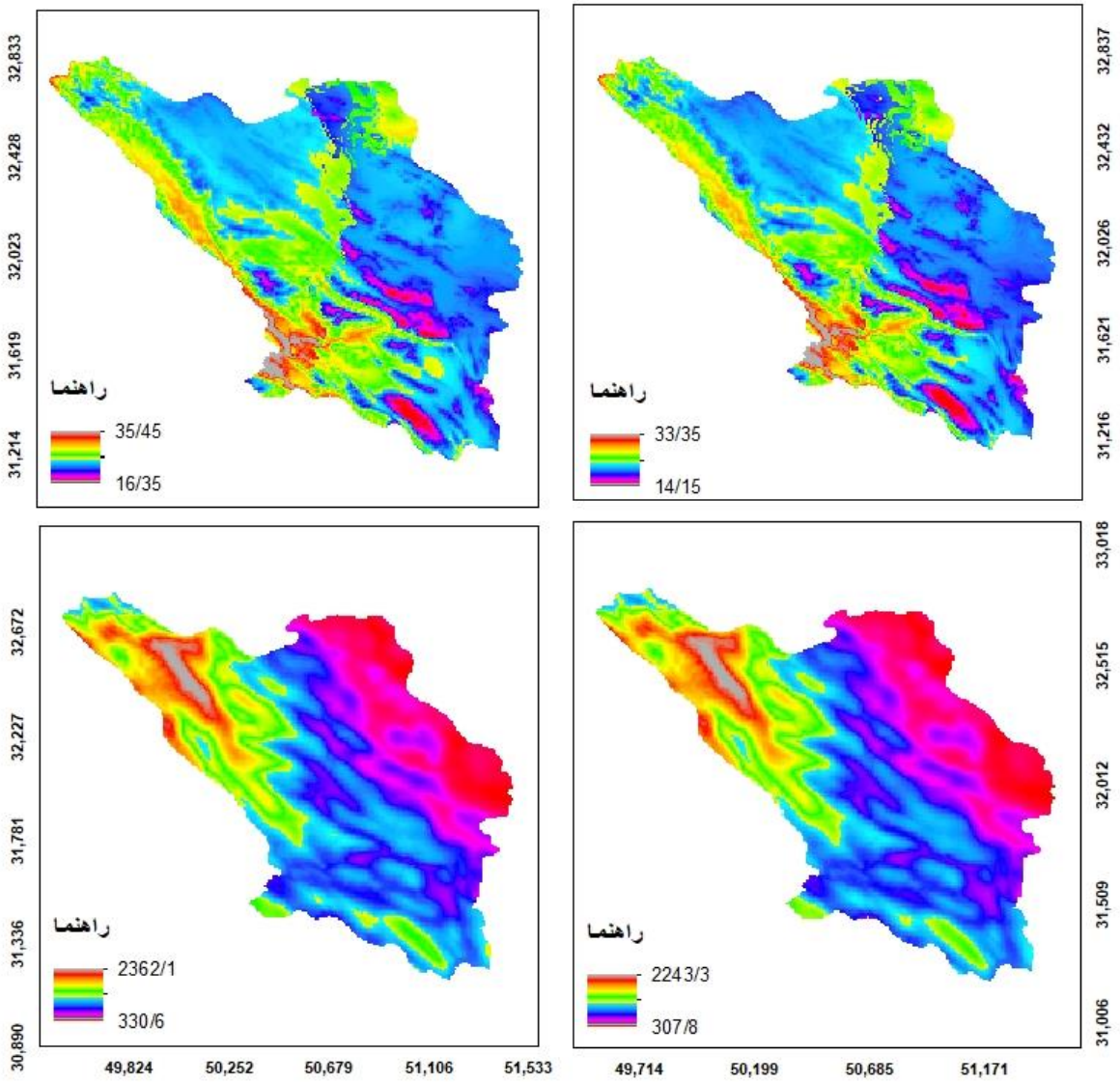
شکل۲- ستون سمت راست نقشه‌های بایو ۱ مربوط به میانگین ۱۳۸۸ و ستون سمت چپ نقشه‌های بایو ۱ مربوط به میانگین ۱٤٤۸

Fig 2. The right column of Bio maps 1 corresponds to the average of 2010 and the left column of Bio maps 1 corresponds to the average of 2070



ادامه شکل۲- ستون سمت راست نقشه‌های بایو ۲، ۷ و ۱۳ مربوط به میانگین سال ۱۳۸۸ و ستون سمت چپ نقشه‌های بایو ۲، ۷ و ۱۳ مربوط به میانگین سال ۱٤٤۸

Fig 2. The right column of Bio maps 2, 7 and 13 corresponds to the average of 2010 and the left column of Bio Continued maps 2, 7 and 13 corresponds to the average of 2070

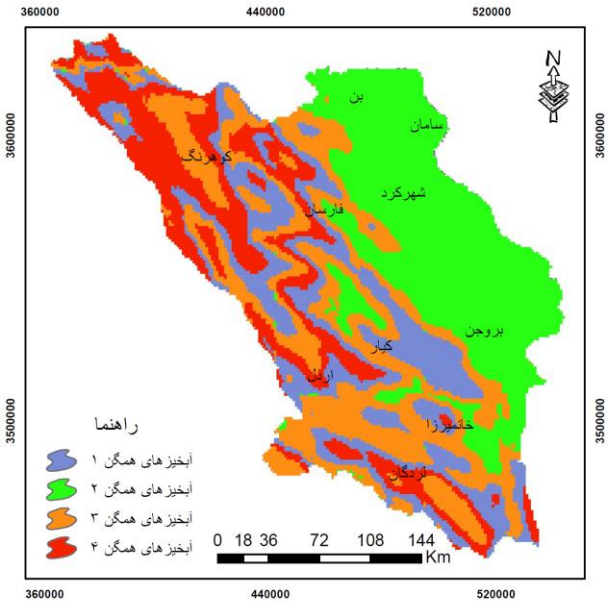


ادامه شکل۲- ستون سمت راست نقشه‌های بایو ١٤ و ١٥ مربوط به میانگین سال ١٣٨٨ و ستون سمت چپ نقشه‌های بایو ١٤ و ١٥ مربوط به میانگین سال ١٤٤٨

Fig 2. The right column of Bio maps 14 and 15 corresponds to the average of 2010 and the left column of Bio maps Continued 14 and 15 corresponds to the average of 2070

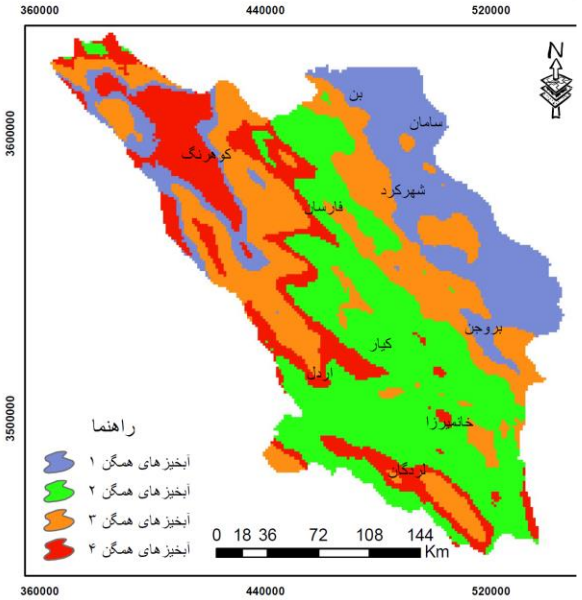
در آبخیزهای همگن در خوشه ٤ بیشترین تغییرات، بحرانی‌ترین حوزه‌ها بوده و کاهش چشمگیر مساحت یعنی ٢٣١٧٩ هکتار در این خوشه دیده می‌شود.

همچنین در جدول ٢ مقایسه مساحت محدوده‌های همگن در شهرستان‌های مختلف برای سال‌های موردبررسی ارائه شده است. در جدول ٣ نیز مساحت آبخیزهای همگن در شهرستان‌های مختلف بر شدت مطلوبیت آورده شده است. تغییرپذیری مطلوبیت آبخیزهای همگن مبتنی بر شهرستان‌های موردمطالعه نیز در جدول ٤ ارائه شده است.



شکل ۳- محدوده‌های آبخیزهای همگن ۱، ۲، ۳ و ٤ تا سال ۱۳۸۸

Fig 3. Ranges of homogeneous watersheds 1, 2, 3 and 4 until 2010



شکل ٤- محدوده‌های آبخیزهای همگن ۱، ۲، ۳ و ٤ تا سال ۱٤٤۸

Fig 4. Ranges of homogeneous watersheds 1, 2, 3 and 4 until 2070

جدول ۲- مقایسه مساحت آبخیزهای همگن مبتنی بر شهرستان‌ها برای میانگین سال‌های تا ۱۳۸۸ و تا ۱٤٤۸ (هکتار)

Table 2. Comparison of the area of homogeneous watersheds based on cities for the average years until 2010 and until 2070 (ha)

آبخیزهای همگن ٤ Homogeneous watersheds 4		آبخیزهای همگن ۳ Homogeneous watersheds 3		آبخیزهای همگن ۲ Homogeneous watersheds 2		آبخیزهای همگن ۱ Homogeneous watersheds1		County	نام شهرستان
2070	2010	2070	2010	2070	2010	2070	2010		
8216.55	7438.14	18076.41	19979.19	29406.6	14789.79	0.00	13942.4	Farsan	فارسان
9773.37	7092.18	37796.13	42293.61	91852.38	7828.97	3459.6	45666.7	Kiyar	کیار
0.00	0.00	2508.21	0.00	0.00	42553.08	40044.8	0.00	Saman	سامان
5881.32	5708.34	68067.63	33817.59	47483.01	150146.6	78965.3	12108.6	Shahrekord	شهرکرد
259.47	0.00	62878.23	26119.98	61667.37	174450.3	97214.7	21449.5	Burojen	بروجن
44023.41	42120.63	59159.16	64175.58	72046.17	11070.72	3113.64	60975.64	Ardal	اردل
5794.83	3719.07	13319.46	44196.39	75765.17	23525.28	0.00	23438.7	Khanmirza	خانمیرزا
49385.79	44455.86	29752.56	113474.8	150406.1	1037.88	0.00	70575.8	Lordegan	لردگان
0.00	0.00	19633.23	6140.79	7870.59	66078.36	45320.7	605.43	Ben	بن
144957.2	178082.9	13544.3	98598.6	9513.9	691.92	71181.2	83722.3	Kohrang	کوهرنگ

جدول ۳- مقایسه مساحت آبخیزهای همگن مبتنی بر شدت مطلوبیت برای میانگین سال‌های تا ۱۳۸۸ و تا ۱٤٤۸ (درصد)

Table 3. Comparison of the area of homogeneous watersheds based on the intensity of utility for the average years until 2010 and until 2070 (%)

نام شهرستان	County	مساحت کل (هکتار) Total area (ha)	2010 مساحت با مطلوبیت بالا Area with high utility	2010 مساحت با مطلوبیت کم Area with low utility	2070 مساحت با مطلوبیت بالا Area with high utility	2070 مساحت با مطلوبیت کم Area with low utility
فارسان	Farsan	55699.5	50.78	49.22	52.80	47.20
کیار	Kiyar	142881.4	65.44	34.56	66.71	33.29
سامان	Saman	42553.08	100.00	0.00	94.11	5.89
شهرکرد	Shahrekord	200397.3	80.97	19.72	63.10	36.90
بروجن	Burojen	222019.3	88.24	11.76	71.56	28.44
اردل	Ardal	178342.3	40.40	59.60	42.14	57.86
خانمیرزا	Khanmirza	94879.5	49.50	50.50	79.85	20.15
لردگان	Lordegan	229544.4	31.20	68.80	65.52	34.48
بن	Ben	72824.5	91.57	8.43	73.04	26.96
کوهرنگ	Kohrang	361095.7	23.38	76.62	22.35	77.65

جدول ٤- مقایسه تغییرپذیری مطلوبیت آبخیزهای همگن مبتنی بر شهرستان‌ها برای میانگین سال‌های تا ۱۳۸۸ و تا ۱٤٤۸

Table 4. Comparison of the variability of homogeneous watersheds utility based on cities for the average years until 2010 and until 2070

نام شهرستان	County	تغییرپذیری مطلوبیت بالای آبخیزها تا سال ۱٤٤۸ Variability of high utility of watersheds until 2070	مساحت تحت پوشش تغییرپذیری مطلوبیت بالای آبخیزها (هکتار) The area covered by the variability of the high utility of watersheds (ha)
فارسان	Farsan	2.01	1124.36
کیار	Kiyar	1.27	1816.29
سامان	Saman	-5.89	-2508.21
شهرکرد	Shahrekord	-17.86	-35806.86
بروجن	Burojen	-16.67	-37017.72
اردل	Ardal	1.74	3113.64
خانمیرزا	Khanmirza	30.35	28801.17
لردگان	Lordegan	34.32	78792.39
بن	Ben	-18.52	-13492.44
کوهرنگ	Kohrang	-1.02	-3719.07

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر بر اساس داده‌های زیست‌اقلیمی و خوشه‌بندی به روش k-mean، آبخیزهای همگن در سطح استان چهارمحال و بختیاری را به چهار دسته برای حال حاضر و سال‌های آتی تقسیم نموده است. اگرچه استفاده از متغیرهای اقلیمی در تحقیقات مختلف به‌منظور ارزیابی و بررسی پراکنش گونه‌های مختلف گیاهی، مرتعی و جنگلی توسط محققین مختلف صورت پذیرفته[۱، ۲ و۱۱] اما تاکنون محققین به ارزیابی و پیش‌بینی تغییرپذیری آبخیزهای همگن با استفاده از متغیرهای زیست‌اقلیمی کمتر پرداختند و خلأ این نوع تحقیقات احساس می‌شود. بر این اساس نتایج تغییرپذیری آبخیزهای همگن تا سال ۲۰۷۰ نشان داد که طرح و برنامه مدون مبتنی بر مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز و ارائه راهکارهای مناسب برای به حداقل رسیدن تغییرات سوء زیست‌اقلیمی بر آبخیزها و آبخیزنشینان ضروری است. مشکلات آبخیزنشینان و آبخیزهای همگن ۱، ۲ و

۳ بیشتر در شمال، جنوب و شرق استان (حدود ۸٤ درصد سطح استان) را در برمی‌گیرند. بااینکه افزایش سالیانه بارش را تا سال ۱٤٤۸ خواهیم داشت اما توزیع زمانی نامناسب رخداد بارش و افزایش دما از معضلات این آبخیزنشینان است و مدیران و آبخیزنشینان در این مناطق باید به سمت راهکارهای کنترل سیلاب‌های مخرب و طغیانی و همچنین کشت گونه‌های مقاوم به دما، اجرای اقدامات آبخیزداری سازه‌ای به‌منظور کنترل سیلاب و رسوب به‌ویژه در آبخیزهای همگن خوشه ۲ به دلیل افزایش حدود ۲۳ درصدی بارش سالانه حرکت کنند. آبخیزهای همگن خوشه ٤ از وضعیت نامطلوب‌تری تا سال ۲۰۷۰ برخوردار خواهد شد. افزایش شدید دما، توزیع نامناسب زمانی رخدادهای بارندگی و همچنین افزایش شدید تغییرات فصلی بارش هم از بحران‌های آبخیزنشینان در خوشه همگن ٤ در شمال غرب استان یعنی شهرستان کوهرنگ است. از طرفی در این خوشه با توجه به مجموع بارندگی پربارش‌ترین ماه سال که با اختلاف زیاد نسبت به سایر آبخیزهای همگن افزایش یافته است، نشان از رخدادهای ناگهانی و احتمالاً شدت‌های بالای بارندگی‌هاست که نیاز به تمهیدات لازم و پیش‌بینی برای کنترل سیلاب‌های مخرب و کاهش قدرت تخریبی آن‌ها از طریق تقویت پوشش گیاهی در بالادست و اجرای اقدامات آبخیزداری (بیومکانیکی و بیولوژیکی) دارد. از طرفی آبخیزهای همگن ٤ در شهرستان کوهرنگ، به‌عنوان سرچشمه اصلی منابع آبی حوزه‌های کارون، زاینده‌رود و دز به‌صورت رژیم بارش برف است که تا سال ۱٤٤۸ با افزایش دما، ذوب برف و عملاً کاهش چشم‌گیر یخچال‌های طبیعی، منابع آبی مطمئن و با تداوم بالا را به مخاطره خواهد انداخت. بر این اساس و با توجه به افزایش ضریب تغییرات فصلی بارندگی، به نظر می‌رسد نیاز به تصمیم‌گیری و مدیریت همه‌جانبه برای کاهش احتمالی تنش‌های ناشی از این تغییرات رخداد بارش در دماهای بالا ضروری باشد چراکه معیشت آبخیزنشینان به دلیل وابستگی شدید به تولیدات و محصولات کشاورزی، مراتع و جنگل‌ها به‌ویژه در جوامع روستایی احتمالاً دچار بحران خواهد شد. بنابراین لازم است برنامه‌ریزی‌ها در راستای اصلاح الگوی کشت، استفاده از کشت‌های متناسب با تغییرات بارش و دما، مقاوم به افزایش دما و نیز مقاوم به رخدادهای بارشی خارج از فصل‌های معمول، عملیاتی نمودن معیشت‌های جایگزین مقاوم به تغییرات اقلیمی و کاهش وابستگی به جنگل‌ها و مراتع صورت پذیرد. لازم به ذکر است که مطابق شکل ۲، سطح خوشه ٤ (آبخیزهای همگن ٤) حدود ۱٦ درصد از سطح استان در سال ۱٤٤۸ را در برمی‌گیرد که با تغییرات شدید دما همراه می‌شود به‌طوری‌که دمای میانگین سالانه از ۸/٦ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۳۸۸ به ۱۳/۳ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۷۰ افزایش می‌یابد. همچنین بارندگی سالیانه از ۱۱۵۷ میلی‌متر در سال ۱۳۸۸ به ۱۰۷۲ میلی‌متر در سال ۱٤٤۸ کاهش می‌یابد. تغییرات فصلی بارندگی در آبخیزهای همگن ٤ هم بالاترین مقدار در بین آبخیزهای همگن ۱، ۲ و ۳ را به خود اختصاص داده است که در کنار افزایش شدید دما و کاهش بارندگی در خوشه مذکور، نشان می‌دهد که مجموعه‌ای از عوامل تغییرات اقلیمی و زیستی و نهایتاً تغییرات اکولوژیکی در آبخیزهای همگن ٤ به وقوع خواهد پیوست این تغییرات احتمالاً اثرات عمده‌ای بر زندگی آبخیزنشینان، تغییر رویشگاه‌های گونه‌های مرتعی و جنگلی منطقه به‌ویژه کرفس (کلوس) و بلوط خواهد گذاشت. براین اساس رضایت جوامع محلی به دلیل کاهش خدمات آبخیز در سال‌های آتی کاسته خواهد شد و نهایتاً مطلوبیت آبخیزهای همگن ٤ کاهشی خواهد شد. همچنین بر اساس نتایج حاصل از جدول‌های ۲، ۳ و ٤ آبخیزهای همگن ۲ مطلوب‌ترین و آبخیزهای همگن ٤ نامطلوب‌ترین حالت را در دوره زمانی آینده خواهند داشت. شهرستان سامان بر اساس شدت مطلوبیت، بهترین حالت در بین شهرستان‌های موردمطالعه را دارد به‌طوری‌که در دوره زمانی ۱۳۸۸ و ۱٤٤۸ به ترتیب ۱۰۰ و ۹٤/۱۱ درصد مطلوبیت بالا داشته است در حقیقت آبخیزنشینان شهرستان سامان به دلیل شرایط مطلوب‌تر اقلیمی و زیستی در سال‌های آتی و طبعاً شرایط بهتر خدمات‌دهی آبخیزها و افزایش درآمد، از رضایت بالاتری نسبت به سایر آبخیزنشیان برخوردار خواهند شد. بااین‌حال شهرستان‌های لردگان و خانمیرزا به ترتیب از شدت مطلوبیت بالای ۳۱/۲۰ و ٤۹/۵۰ درصد در دوره ۱۳۸۸ به ٦۵/۵۲ ۷۹/۸۵ درصد در دوره ۱٤٤۸ رسیده است که به ترتیب با ۳٤/۳۲ و ۳۰/۳۵ درصد تغییرپذیری مطلوبیت بالا را داشته‌اند. همچنین شهرستان کوهرنگ در دو دوره زمانی موردبررسی پایین‌ترین مطلوبیت بالا به ترتیب ۲۳/۳۸ و ۲۲/۳۵ درصد و بالاترین مطلوبیت کم به ترتیب ۷٦/٦۲ و ۷۷/٦۵ درصد را داشته است. از طرفی بحرانی‌ترین شهرستان‌ها از نظر کاهش مطلوبیت حوزه‌های آبخیز تا سال ۱٤٤۸ به ترتیب بن، شهرکرد و بروجن می‌باشند.

بر اساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر بازنگری در طرح‌ها و پروژه‌هایی که منجر به بارگذاری جدید مصارف منابع آبی می‌شود و حتی تغییر رویکرد در برنامه‌های توسعه‌ای در بخش صنعت و کشاورزی چه در بالادست و چه پایین‌دست حوزه غیرقابل‌انکار است. در این خصوص، ارائه راهکارهای عملیاتی در قالب تشکیل کارگروه و کمیته‌های تخصصی، اجرایی به‌ویژه برای آبخیزهای همگن ٤ در شهرستان کوهرنگ به‌منظور جلوگیری از به خطر افتادن امنیت پایدار غذایی جمعیت زیادی از آبخیزنشینان بالادست و پایین‌دست لازم است. همچنین بررسی بیشتر آبخیزهای با وضعیت منابع آبی و پتانسیل انتقال آب بین‌حوزه‌ای بر اساس پیش‌بینی ذوب برف و یخچال‌ها در دستور کار مدیران مربوطه قرار گیرد و متناسب با تغییرات آبخیزهای همگن در استان اقدامات پیشگیرانه سازه‌ای و بیولوژیکی مناسب صورت پذیرد.

منابع

1. Alavi, J., Ahmadi, K., Hosseini, S.M., Tabari, M., Nouri, Z. 2020. The importance of climatic, topographic and

edaphic variables in the distribution of yew species (Taxus baccata L.) and prioritization of areas for conservation and restoration in the north of Iran. Iranian Journal of Forest. 11(4): 477-492. (In Persion)

2. Babaei,F., Ebrahimi, A., Naghipour, A.A., Haidarain, M. 2022. Potential geographic distribution of Prangos ferulacea (L.) Lindl. in Chaharmahal va Bakhtiari province under climate change scenarios. Journal of Plant Ecosystem Conservation. 10(20): 207-224. (In Persion)

3. Campos, JC., Rodrigues, S., Freitas, T., Santos, JA., Honrado, JP., Regos, A., 2021. Climatic variables and ecological modelling data for birds, amphibians and reptiles in the Transboundary Biosphere Reserve of Meseta Ibérica (Portugal-Spain). Biodivers Data, 24(9),1-19.

4. Cao, Z., Wang, S., Luo, P., Xie, D., & Zhu, W. (2022). Watershed ecohydrological processes in a changing environment: Opportunities and challenges. Water, 14(9), 1502.

5. Carrillo, G., P.A. Troch, M. Sivapalan, T. Wagener, C. Harman and K. Sawicz. 2011. Catchment classification: hydrological analysis of catchment behavior through process-based modeling along a climate gradient. Hydrology and Earth System Sciences, 15(11): 3411-3430.

6. Choubin, B., Solaimani, K., Habibnejad Roshan, M., Malekian, A. 2019. Watershed classification using hydroclimate and physical indices. Watershed Engineering and Management. 11 (2): 301-315. (In Persion)

7. Fick, S.E. and Hijmans, R.J., 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. International journal of climatology, 37(12), pp.4302-4315.

8. Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G. and Jarvis, A., 2005. Very high-resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society, 25(15), pp.1965-1978.

9. Karger, D.N., Conrad, O., Böhner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R.W., Zimmermann, N.E., Linder, H.P. and Kessler, M., 2017. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. Scientific data, 4(1)., 1-20.

10. Leta, M. K., Demissie, T. A., & Tränckner, J. (2021). Modeling and prediction of land use land cover change dynamics based on land change modeler (Lcm) in nashe watershed, upper blue nile basin, Ethiopia. Sustainability, 13(7), 3740.

11. Mahmoudvand, S., Khodayari, H., Tarnian, F. 2020. Mapping Bioclimatic Variables Using Geostatistical and Regression Techniques in Lorestan Province. Journal of the Geographical Studies of Mountainous Areas. 1 (3): 1-17. (In Persion)

نشریه علمی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 17, No. 62, Full 2023
سال هفدهم- شماره ۶۲- پاییز ۱۴۰۲

Prediction and Evaluation of Utility Variability of Homogeneous Watersheds Based on Bioclimatic Variables of Chaharmahal and Bakhtiari Province

M. Moradi Dashtpagerdi[1] , V. Mahmodinejad[2], A. Jafarpoor[3] and M. Kazemi[4]

Received: 30-03-2023 Accepted: 06-06-2023

Abstract

It is necessary to predict the influencing parameters on homogeneous watersheds for the future in order to make decision and correct management. In this research, 19 bioclimatic variables extracted from the ESM4-GFDL general circulation model based on ssp126 scenario and then were clustered in two statistical periods, including the years average of 1981-2010 and the average of 2041-2070, and also homogeneous watersheds were identified for two statistical periods. Also, the intensity of utility in homogeneous watersheds was investigated. The results showed that the homogeneous watersheds located in cluster 4, will be involved with the highest changes in increasing temperature and decreasing precipitation and it will cover about 16% of the area of Chaharmahal va Bakhtiari province. On the other hand, in all homogeneous watersheds, the seasonal changes in precipitation and average air temperatures of the wettest quarter have an increasing trend, which shows the disproportionate temporal distribution of precipitation will be occurred, then the problems lead to destructive floods, the reduction of plants and agricultural productions and destruction of native habitats of the regions. In this regard, Kohrang city has been studied as the most critical city and has the least desirable area, 23.38 and 22.35 in two periods, respectively.

Keywords: Homogeneous watersheds, Ecosystem planning, Comprehensive management, Utility reduction

1. Ph.D. in Watershed Management Engineering, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor 46417-76489, Mazandaran, Iran*Corresponding author email: Moradi20000@gmail.com
2. Watershed Management Department, Faculty of Natural Resources, University of Shahrekord. Iran.
3. Ph.D. in Watershed Management Engineering, Soil and Water Conservation, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor 46417-76489, Mazandaran, Iran
4. Associate Professor, Department of Hormoz Studies and Research Center, University of Hormozgan, Bandarabaas, Iran