

ارزیابی اثرات کشت پنبه بر میزان عرضه و تقاضای منابع آب حوضه پیشین در مناطق جنوب شرقی ایران تحت سناریوهای تغییر اقلیم

یاسین زمانی^۱، محسن حمیدیان پور^{۲*}، سیدآرمان هاشمی منفرد^۳، مهدی اژدری مقدم^۴

^۱ دانشجوی دکتری مهندسی و مدیریت منابع آب، گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان

^۲ استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

^۳ دانشیار، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان

^۴ استاد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۲۴

چکیده

سابقه و هدف: کشاورزی عمده‌ترین مصرف‌کننده آب در سراسر جهان است و مدیریت آب کشاورزی بسیار پیچیده است. برقراری تعادل بین منابع آب و تقاضا در مناطق خشک و نیمه‌خشک یک چالش بزرگ در طی دهه‌های آینده خواهد بود. زیرا قرن بیست و یکم با چالش جهانی تحت عنوان تغییر اقلیم روبرو است و مدیریت منابع آب و تقاضا دشوارتر نیز می‌گردد. یکی از آثار تغییر اقلیم، کمبود آب قابل دسترس در مناطق مختلف جهان بوده که بیشترین خسارت را به بخش کشاورزی وارد کرده و امنیت غذایی را به خطر انداخته است. از راهکارهای رسیدن به ثبات عملکرد محصولات کشاورزی در نتیجه تغییر اقلیم، افزایش بهره‌وری آب است که سبب کاهش وابستگی کشاورزان به بارش‌های نامنظم ناشی از تغییر اقلیم می‌شود. استان سیستان و بلوچستان از جمله مناطق خشک و نیمه خشک است. بنابراین از این موضوع مستثنا نمی‌باشد. در گذشته پنبه در این منطقه جغرافیایی کشت می‌گردید. اما به دلیل عدم انطباق با شرایط اقلیمی و مطالعات آمایش سرزمین از الگوی کشت منطقه مورد مطالعه حذف می‌شود. اما مجدد زمزمه کاشت این گیاه در منطقه به صدا در آمده است. با توجه به بالابودن تنش کم‌آبی منطقه لازم است به شکل علمی بیان شود که کشت پنبه منجر به افزایش تنش کم‌آبی در منطقه می‌شود. لذا هدف اصلی این مطالعه، ارزیابی تأثیر کشت پنبه بر عرضه و تقاضای منابع آب در شرایط تغییر اقلیم است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، اثر تغییر اقلیم بر پارامترهای هواشناسی در حوضه پیشین واقع در استان سیستان و بلوچستان توسط مدل‌های گردش عمومی جو تحت دو سناریوی RCP 4.5 و RCP 8.5 بررسی شد

* نویسنده مسئول: m.hamidian355p@gmail.com

و شبیه‌سازی منابع و نقاط تقاضای آب در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب ارزیابی شد. برای کاهش عدم قطعیت مدل‌های گردش عمومی جو از مدل ترکیبی استفاده شد.

یافته‌ها: تایج پیش‌بینی پارامترهای هواشناسی نشان داد میزان بارش منطبق با سناریوی ۸/۵ و ۴/۵ به ترتیب به میزان ۷/۶ و ۱۲/۶ درصد بیشتر پیش‌نمایی می‌گردد و تقریباً دما مقدار ثابتی دارد. برای مقابله با کمبود آب نقاط تقاضا، راهکارهای مدیریتی افزایش راندمان آبیاری، حذف کشاورزی‌های غیر مجاز، استفاده از دستگاه آب شیرین کن ارایه شد. همچنین نتایج نشان داد میانگین نیاز تأمین نشده بخش کشاورزی با کشت فعلی و افزودن کشت پنبه به ترتیب ۸۳ و ۸۵ درصد است. نتایج بررسی سناریوها نشان داد، کمترین نیاز تأمین نشده در حالت تغییر اقلیم با سناریوی ۴/۵ و کشت فعلی به مقدار $39/4 \text{ MCM}$ و در حالت پایه همراه با کشت پنبه بیشترین نیاز تأمین نشده $65/9 \text{ MCM}$ است. همچنین نتایج نشان دادند، با در نظر گرفتن سناریوی سوم، نیاز تأمین نشده کشت پنبه در حالت اقلیم پایه و تغییر اقلیم با سناریوی ۴/۵ و سناریوی ۸/۵ به ترتیب $25/08$ و $13/2$ و $15/53$ میلیون متر مکعب محاسبه شد، که در هر سه حالت، بیشتر از نیاز تأمین نشده کشت فعلی است. بنابراین کاشت پنبه باعث افزایش تنش کم‌آبی می‌گردد.

نتیجه‌گیری: منطقه جنوب شرق ایران دارای اقلیمی خشک و گرم است. سیاستمداران و برنامه ریزان منطقه‌ای باید به گونه ای عمل نمایند که بتوان منجر به افزایش تاب‌آوری ساکنین و کشاورزان بومی شوند. مبتنی بر نتایج این مطالعه استفاده از دستگاه آب‌شیرین‌کن برای آب شرب و کاهش تلفات و کشاورزی غیر مجاز تاثیر بیشتری بر منابع آب نسبت به سناریوی افزایش راندمان کشت فعلی داشت. بنابراین کشت این محصول، در این حوضه جغرافیایی، به هیچ عنوان قابل توجیه نیست و پیشنهاد می‌شود برای حل مشکل اقتصادی در منطقه مورد مطالعه، کشت‌های دیگر مورد بررسی قرار گیرد. با مقایسه کشت پنبه نسبت به کشت فعلی در تمام حالات مشابه اقلیمی، نیاز تأمین نشده پنبه از کشت فعلی بیشتر شد. بنابراین کشت پنبه باعث کمبود روزافزون منابع آب در منطقه می‌شود. در نهایت اینکه نتایج این تحقیق به تصمیم‌گیران منطقه مورد مطالعه، برای مدیریت بهتر منابع آب کمک می‌کند.

واژه‌های کلیدی: مدیریت منابع آب، ویپ، ریزگردانی، سناریوهای اقلیمی

مقدمه

برقراری تعادل بین منابع آب و تقاضا در مناطق خشک و نیمه‌خشک یک چالش بزرگ در طی دهه‌های آینده خواهد بود. رشد صنعت و مصرف بیش از حد سوخت‌های فسیلی و در نتیجه آن، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای باعث پدیده تغییر اقلیم در بسیاری از نقاط جهان شده است (آلدی و پیزار، ۲۰۱۵). تغییر اقلیم باعث تغییر الگوهای بارش، افزایش وقوع سیل، وقوع خشکسالی، افزایش تبخیر و تعرق و پراکندگی نامناسب در زمان و مکان بارندگی می‌شود (هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم، ۲۰۱۳). یکی از آثار تغییر اقلیم، کمبود آب قابل دسترس در مناطق مختلف جهان بوده که بیشترین

خسارت را به بخش کشاورزی وارد کرده و امنیت غذایی را به خطر انداخته است (سرزایم و همکاران، ۲۰۱۷؛ وانگ، ۲۰۱۰). با این حال، تغییر اقلیم ممکن است در برخی مناطق سبب افزایش نزولات آسمانی گردد (زمانی و همکاران، ۲۰۱۹). از راهکارهای رسیدن به ثبات عملکرد محصولات کشاورزی در نتیجه‌ی تغییر اقلیم، افزایش بهره‌وری آب است که سبب کاهش وابستگی کشاورزان به بارش‌های نامنظم ناشی از تغییر اقلیم می‌شود (ایگلسیاس و گاروت، ۲۰۱۵). توسعه شهرنشینی، رشد صنعت و بخش کشاورزی سبب افزایش تقاضای آب شده و محدودیت منابع آبی، تأمین آب مورد نیاز بخش‌های مختلف را با مشکل مواجه کرده است (سلس و بلیب، ۲۰۰۹). اهمیت مدیریت منابع آب در کشور ایران که جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده، توزیع مکانی و زمانی بارندگی نامناسب داشته و در بخش‌های مختلف با بحران کم آبی روبه‌رو است، اهمیت بسیار بالایی برخوردار دارد (مهر آذر و همکاران، ۲۰۲۰). از میان مناطق مختلف ایران، استان سیستان و بلوچستان و بخش‌های جنوبی آن با اقلیمی فراخشک مواجه بوده و شرایط ذکر شده در این مناطق شدیدتر است (علیزاده و همکاران، ۲۰۰۸). در همین راستا پژوهش‌گران مختلف دنیا علاقه‌مند به مطالعه درباره روش‌های مدیریت منابع آبی به‌منظور کاهش اثرات تنش خشکی در گیاهان شده‌اند.

در تحقیقات زیادی سیستم ارزیابی و برنامه‌ریزی آب (مدل ویپ) مورد استفاده قرار گرفته است. مدل ویپ، ابتکاری از مؤسسه محیط‌زیست استکهلم است که چارچوبی را برای ارزیابی و برنامه‌ریزی آب فراهم می‌کند که بسته به پیش‌فرض‌های اساسی، می‌تواند برای نشان‌دادن شرایط فعلی و آینده آب در یک منطقه مشخص، مورد استفاده قرار گیرد (لویت و همکاران، ۲۰۰۳). این مدل می‌تواند طیف گسترده‌ای از گزینه‌های عرضه و تقاضا را برای ایجاد تعادل بین محیط‌زیست و توسعه یافتگی بررسی کند (مؤسسه محیط زیست استکهلم، ۲۰۱۱). یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری یکپارچه است که به سیاست‌گذاران و ذینفعان در برنامه‌های آب خود در منابع آب، فاضلاب و شبیه‌سازی بین گزینه‌های مختلف کمک می‌کند (کین و همکاران، ۲۰۱۱). موتیگا و همکاران (۲۰۱۰) حوضه اواسونیرو^۱ را برای پنج بخش (خانگی، دام، حیات وحش، آبیاری و مخازن) با استفاده از مدل ویپ^۲ شبیه‌سازی کردند. تجزیه و تحلیل آنها نشان داد که تقاضای زیاد آب برای آبیاری و برداشت بیش از حد آب در حوضه‌های آبریز بالادست، باعث کمبود آب در حوضه پایین‌دست و نزاع بر سر استفاده از آب گردید. آنها در نهایت پیشنهاد کردند که به‌منظور کاهش تنش کم‌آبی و اختلاف بخش‌های مصرف‌کننده آب، روش‌های بهره‌برداری از آب باران توسعه (کشت دیم) یابد. هوف و همکاران (۲۰۱۱) یک ابزار منابع آب برای حوضه رودخانه اردن با استفاده از مدل ویپ ایجاد کردند که نشان داد تغییرات آب و هوا و

1. Ewaso Ng'iro

2. WEAP (Water Evaluation and Planning system)

اقتصادی-اجتماعی، هر دو عامل اصلی کمبود آب در آینده، در حوضه هستند. ارزیابی سناریوهای مدیریت آب برای انطباق و کاهش اثرات تغییر اقلیم تحت سناریوهای انتشار A2 و A1B بر منابع آب حوضه ریو کونچوس^۱ نشان داد که در شرایط تغییر اقلیم، درصد اطمینان پذیری و انعطاف‌پذیری سامانه منابع آب کاهش و در نتیجه آسیب‌پذیری افزایش پیدا می‌کند (اینگول-بلانکو و مک کینی، ۲۰۱۱). به‌منظور افزایش انعطاف‌پذیری و تطبیق‌پذیری بخش کشاورزی به تغییرات دما و بارندگی ناشی از تغییر اقلیم، با استفاده از مدل ویپ در حوضه لیما ریشیلی بهره‌برداری همزمان از منابع آب سطحی و زیرزمینی پیشنهاد شد (ویکونا و همکاران، ۲۰۱۲). برای تعیین کارآیی سامانه چند هدفه مخزن قرنقو^۲ در آذربایجان شرقی تحت اثر سه سناریوی تغییر اقلیم از مدل ویپ استفاده شد و نتایج کاهش جریان ورودی به مخزن و افزایش میزان تقاضای بخش‌های مختلف را به‌مقدار ۲۰ درصد نشان داد و همچنین در شرایط تغییر اقلیم نسبت به حالت پایه، با در نظر گرفتن ۱۰۰ درصد منابع آب، شاخص‌های اطمینان‌پذیری، برگشت‌پذیری و انعطاف‌پذیری به‌ترتیب ۱۸، ۳۳ و ۴۷ درصد کاهش و شاخص آسیب‌پذیری ۱۵۰ درصد افزایش داشت. با در نظر گرفتن ۸۵ درصد منابع آب، شاخص‌های اطمینان‌پذیری، برگشت‌پذیری و انعطاف‌پذیری به‌ترتیب ۱۲، ۳۰ و ۳۹ درصد کاهش و شاخص آسیب‌پذیری ۷۵ درصد افزایش داشت (آشفته و همکاران، ۲۰۱۷). لی و همکاران (۲۰۱۵) سناریوهای مختلف توسعه اجتماعی و شهرنشینی را برای مدیریت منابع آب مناطقی که با چالش کمبود شدید آب مواجه است را با استفاده از مدل ویپ سال ۲۰۲۰ بررسی نمودند و نتایج افزایش تنش کم‌آبی در آینده را نشان داد. در حوضه رودخانه گدیز^۳ ترکیه، با تمرکز بر عرضه و تقاضا در استفاده از آب کشاورزی، سه سناریو مختلف آب و هواشناسی بکار گرفته شد. نتایج مدل ویپ نشان داد، در این حوضه تغییر اقلیم بحران آبی را تشدید می‌کند و مدیریت کارآمد آب برای استفاده پایدار از منابع آب، ضروری است (یلماز و هارمانچی اوغلو، ۲۰۱۰). راسکین و همکاران (۱۹۹۲) سناریوهای توسعه و مدیریت بهتر سیستم منابع آب و اصلاح الگوی مصرف را برای حل مشکل کاهش تراز آب دریاچه آرال^۴ در اثر برداشت‌های بی‌رویه آب و توسعه کشاورزی در بالادست ارائه دادند. سینگ و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از مدل ویپ اختلاف بین مقادیر دبی‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده را برای ۶ ایستگاه هیدرومتری در حوضه رودخانه ماهانادی در هندوستان محاسبه کردند و نتایج مقدار کمتر از ۱۰ درصد را نشان داد. باقری و مرید (۲۰۱۳) در بهینه‌سازی و شبیه‌سازی بخشی از رودخانه قزل اوزن به ارزیابی

1. Rio Conchos

2. Gharanghu

3. Gediz

4. Aral

و مقایسه مدل‌های ویپ و مایک بیسین^۱ پرداختند و نتایج نشان داد که دو مدل در تخصیص اولویت محور، عملکرد متفاوت اما نتایج دو مدل در بهره‌برداری و شبیه‌سازی مخزن کاملاً یکسان می‌باشد و مدل ویپ در زمینه بهینه‌سازی و توزیع یکسان کمبودهای بین گره‌ها، مدل ویپ عملکردی بهتر داشته است. یکی از طرح‌های تصمیم‌گیران منطقه بلوچستان جنوبی افزودن کشت پنبه به محصولات فعلی منطقه است. پنبه از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین گیاهان لیفی و روغنی جهان بوده و نسبت به تنش کم‌آبی بسیار حساس است که بر عملکرد آن تأثیر نامطلوبی دارد (یانگ و هسیانگ، ۱۹۹۲). نادیروزامان و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی تغییرات اقلیمی بر تولید پنبه در بنگلادش پرداختند. بنگلادش دارای زمین‌های کشاورزی محدودی است و در برابر تغییرات هوایی ناشی از تغییر اقلیم حساس است. برای مدیریت ریسک آب و هوا در کشت پنبه بنگلادش، راهکارهایی از جمله بهبود اتصال تولیدکنندگان به بازارها را پیشنهاد دادند. بودجونگو (۲۰۲۱) تغییرات آب و هوا، تولید و قیمت پنبه در کامرون را مورد بررسی قرار دادند. هدف از این مطالعه، بررسی اثرات (۱) تغییر اقلیم و نوسان قیمت بازار بین‌المللی، در تولید پنبه در کامرون، (۲) تغییر اقلیم و نوسانات قیمت بازار بین‌المللی، بر قیمت کشاورزان پنبه، (۳) قیمت خرید از کشاورزان پنبه، در تولید پنبه (۴) تولید پنبه در قیمت خرید از کشاورزان پنبه بود. نتایج برآوردهای انجام شده نشان می‌دهد که (۱) قیمت خرید پنبه‌دانه به طور قابل توجهی تولید را افزایش می‌دهد، (۳) تولید پنبه به طور قابل توجهی بر قیمت خرید پنبه‌دانه تأثیر نمی‌گذارد، (۴) افزایش قیمت جهانی پنبه و تغییرات قابل توجه در دما، منجر به ارزیابی مجدد قیمت خرید پنبه‌دانه می‌شود. عباس (۲۰۲۰) به بررسی تغییرات آب و هوایی و تولید پنبه در پاکستان پرداخت. برآوردهای بلند مدت نشان داد که افزایش میانگین دما، تأثیر ناچیز مثبتی دارد. یافته‌های مربوط به سطح زیرکشت و مصرف کود، اثرات مثبت قابل توجهی را در بلندمدت و کوتاه‌مدت نشان داد. برای کاهش سرعت تغییرات آب و هوایی و افزایش صرفه‌جویی در مصرف آب، کاشت جنگل‌ها و ایجاد سد در رودخانه‌های بزرگ پیشنهاد شد. کشت پنبه از قدیم الایام در منطقه بلوچستان وجود داشته و وجود کارخانه بافت بلوچ گواه بر این ادعاست. اما به دلیل عدم انطباق با شرایط اقلیمی و مطالعات آمایش سرزمین از الگوی کشت منطقه مورد مطالعه حذف می‌شود. اما مجدد زمزمه کاشت این گیاه در منطقه به صدا در آمده است. یکی از معضله‌های اصلی قرن بیست یکم تغییر اقلیم است، که منجر به تشدید مخاطرات اقلیمی در منطقه می‌گردد. با توجه به بالا بودن تنش کم‌آبی منطقه لازم است به شکل علمی بیان شود که کشت پنبه منجر به افزایش تنش کم‌آبی در منطقه می‌شود. لذا هدف اصلی این مطالعه، ارزیابی تأثیر کشت پنبه بر عرضه و تقاضای منابع آب در شرایط تغییر اقلیم است. این هدف از طریق سناریوهای مختلف تخصیص منابع آب در مدل ویپ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. یکی از مهم‌ترین بحث‌های منطقه مربوط به

همکاری‌ها و تنش‌های منطقه‌ای مربوط به تغییر الگوی کشت منطقه مورد مطالعه به پنبه می‌باشد، که با توجه به تغییر اقلیم و سناریوهای^۱ RCP4.5 و RCP8.5 مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از مدل ویپ برای شبیه‌سازی وضعیت هیدرولوژیک زیر حوضه پیشین استفاده شد و سال ۲۰۱۴ به عنوان سال پایه (شرایط موجود) و دوره زمانی ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ برای مقایسه سناریوهای مورد بررسی در نظر گرفته شد. علت انتخاب این دوره (دوره نزدیک)^۲ کمک به تصمیم گیران و سیاست‌گذاران منطقه‌ای می‌باشد. سپس مدل با استفاده از ابزار PEST (دوهرتی و همکاران، ۱۹۹۵) واسنجی شد. در این تحقیق برای واسنجی، دبی شبیه‌سازی شده توسط مدل با دبی مشاهداتی در ایستگاه هیدرومتری پیشین مقایسه شد. شرایط موجود (سال ۲۰۱۴)، سالی انتخاب می‌شود که اطلاعات دقیق آماری مربوط به هواشناسی، تقاضاهای شرب، صنعت و کشاورزی و جریان‌های سطحی و ... را دارد. برای شبیه‌سازی وضعیت هیدرولوژیک روش‌های مختلفی در مدل ویپ وجود دارد، که در این تحقیق از روش بارش - رواناب (روش رطوبت خاک) استفاده شد. سپس اثر سناریوهای تغییر اقلیم RCP4.5 (خوش‌بینانه) و RCP8.5 (بدبینانه) با استفاده از داده‌های ریزگردانی شده مدل لارس^۳ شامل بارندگی، دمای کمینه و بیشینه، بر منابع آب و میزان آب در دسترس بخش‌های کشاورزی، برای بررسی تغییر الگوی کشت، تحت سناریوهای مدل ویپ بررسی شد. داده‌های مدل‌های گردش عمومی جو^۴ (GCM) دارای دقت پایینی هستند و لازم است برای استفاده در سطح منطقه ریزگردانی شوند. ریزگردانی به دو روش آماری و دینامیکی انجام می‌شود (حمیدیان‌پور و همکاران، ۲۰۱۶). یکی از روش‌های ریزگردانی آماری مدل لارس است که جهت شبیه‌سازی داده‌های روزانه بارش، تابش، بیشینه و کمینه دمای یک ایستگاه استفاده می‌شود. برای ارزیابی نتایج مدل از ضریب نش-ساتکلیف^۵، شاخص تطابق^۶، میانگین مربعات خطا^۷ و بایاس نسبی^۸ استفاده شد. هرچه مقدار ضریب نش-ساتکلیف به عدد یک نزدیک‌تر باشد، نشان دهنده کارایی بیشتر مدل است و مقدار یک نشان‌دهنده تطابق کامل داده‌های مشاهداتی و محاسباتی است (نش و ساتکلیف، ۱۹۷۰). مقدار شاخص تطابق از صفر تا یک متغیر

1. Representative Concentration Pathway

۲- در مطالعه اقلیمی و به ویژه تغییر اقلیم مطالعات در دوره آینده به سه دوره نزدیک، میانی و دور تقسیم می‌شوند.

3. Lars

4. General circulation model

5. The Nash-Sutcliffe efficiency (NSE)

6. Index of Agreement

7. Root-Mean-Square Error (RMSE)

8. Relative Bias

است و مقادیر نزدیک به یک نشان دهنده تطابق داده‌های مشاهداتی و مدل است (ویلیموت، ۱۹۸۱). برای ارزیابی دقت پیش‌بینی مدل‌های گردش عمومی جو در توصیف متغیرهای اقلیمی بایاس نسبی استفاده شد (زمانی و همکاران، ۲۰۲۰). رابطه ضریب نش-ساتکلیف، در معادله (۱) و رابطه شاخص تطابق در معادله (۲)، میانگین مربعات خطا در معادله (۳) و بایاس نسبی در معادله (۴) آمده است.

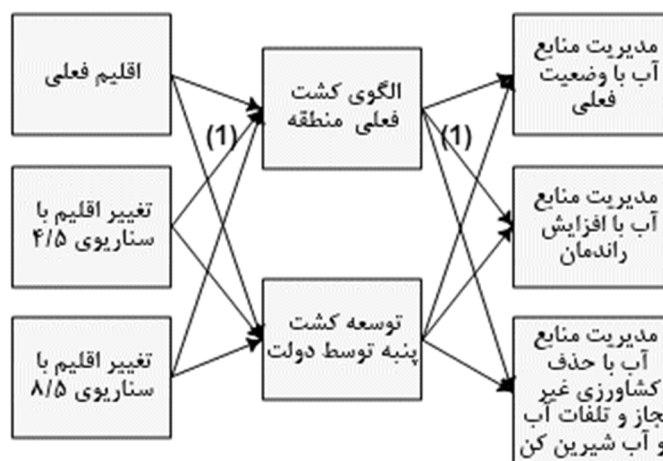
$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (z_o^t - z_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (z_o^t - \bar{z}_o)^2} \quad (1)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (z_o^t - z_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (|z_m^t - \bar{z}_o| + |z_o^t - \bar{z}_o|)^2} \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (z_o^t - z_m^t)^2}{T}} \quad (3)$$

$$Relative\ Bias = \frac{z_m^t}{z_o^t} * 100 - 100 \quad (4)$$

در روابط (۱) و (۲)، z_o^t مقدار دبی مشاهداتی در دوره زمانی t است، z_m^t مقدار دبی مدل‌سازی در دوره زمانی t است، $\bar{z}_o$ مقدار متوسط دبی مشاهداتی برای کل دوره و T تعداد کل داده‌ها می‌باشد. در حوضه‌هایی مانند پیشین که مصرف عمده منابع آب آن برای آبیاری استفاده می‌شود، مدیریت پایدار منابع آب دو هدف حفاظت از محیط‌زیست و کشاورزی آبی پایدار برای امنیت غذایی دارد، که برای دستیابی به سازگاری بین این دو هدف، در حال و آینده باید سناریوهای مختلفی مانند جلوگیری از اتلاف آب در مسیرهای انتقال، تغییر الگوی کشت محصولات با نیاز آبی بالا، استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری و کشت گلخانه‌ای به کار گرفته شود (کای و همکاران، ۲۰۰۱). مدیریت منابع آب در حوضه پیشین با سه اقدام، اول) ادامه وضعیت موجود و بدون تغییر سیاست‌های مدیریتی در آینده، دوم) افزایش راندمان آبیاری و سوم) حذف کشاورزی غیر مجاز و تلفات انتقال آب و استفاده از آب‌شیرین‌کن برای تأمین نیاز آبی شهر چابهار (از طرح‌های مدیران برای کاهش تنش کم‌آبی در استان سیستان و بلوچستان تأمین آب شرب شهرهای چابهار و زاهدان و زابل به وسیله دستگاه‌های آب شیرین‌کن و همچنین انتقال آب به هامون سیستان برای کاهش ریزگردها است) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نیاز آبی شهر چابهار به دلیل اهمیت تجاری و گردشگری از سد پیشین در نظر گرفته شد. منطقه مورد مطالعه با دو الگوی کشت فعلی و کشت محصول استراتژیک پنبه که توسط دولت برای محروم‌زدایی در نظر گرفته شده، بررسی شد. همچنین سه حالت اقلیمی روند فعلی منطقه بدون تغییر اقلیم، رخداد تغییر اقلیم با سناریوی ۴/۵ و رخداد تغییر اقلیم با سناریوی ۸/۵ بررسی شد. در واقع وضعیت حوضه در ۱۸ حالت مختلف (۱۸=۳×۳×۲) مورد بررسی قرار گرفت. در شکل (۱) سناریوهای مختلفی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند را نشان می‌دهد.

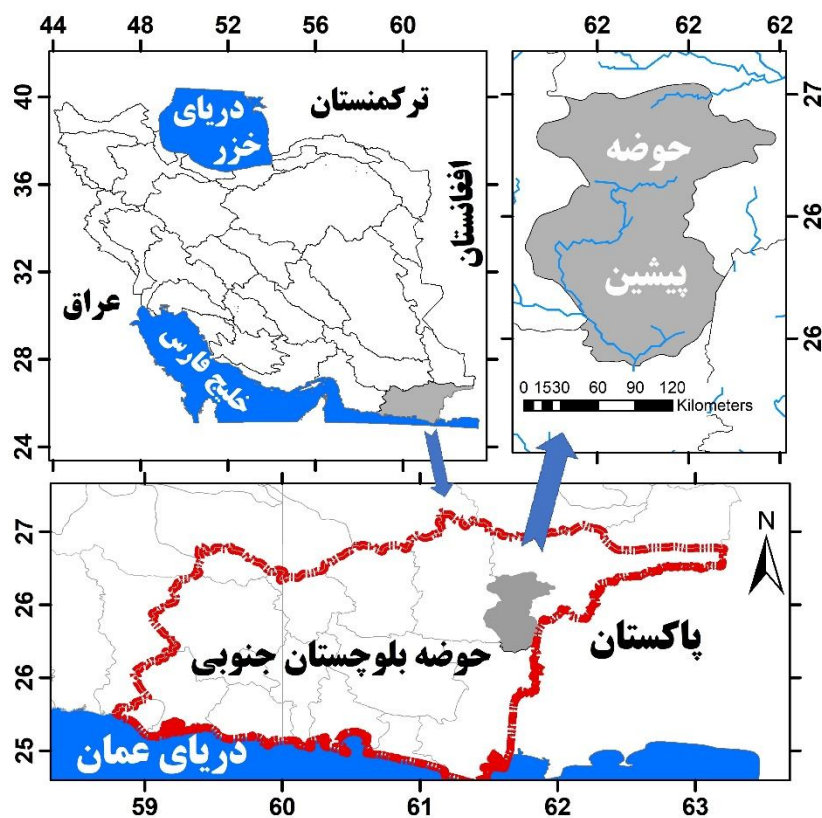


شکل ۱- سناریوهای مختلف مورد بررسی در این تحقیق (به عنوان نمونه مسیر (۱) نشان دهنده سناریوی وقوع تغییر اقلیم با سناریوی ۴/۵ و الگوی کشت منطقه و بررسی تاثیر افزایش راندمان بر مدیریت منابع آب منطقه مورد مطالعه)

منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی پیشین در بخش شرق حوضه تلفیق رودخانه‌های بلوچستان جنوبی در جنوب محدوده ایرافشان و شمال محدوده باهوکلالت-نگور قرار دارد و مساحت آن در حدود ۱۷۱۳ کیلومتر مربع می‌باشد. این محدوده مطالعاتی بین طول‌های جغرافیایی $61^{\circ} 25'$ تا $61^{\circ} 55'$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $26^{\circ} 00'$ تا $26^{\circ} 35'$ شمالی واقع است. به دلیل افت سطح آب‌های زیرزمینی و حفر چاه‌های غیر مجاز در این منطقه، استفاده از این آب‌ها غیر مجاز است. همچنین تأمین نیاز آبی کشاورزی باهوکلالت که بزرگ‌ترین بخش مصرف کننده آب در این منطقه است از بند شیرگواز تأمین می‌شود، بنابراین آب زیرزمینی در نظر گرفته نشد. نیاز آبی کشاورزی باهوکلالت (کشت فعلی منطقه باهوکلالت شامل غلات، یونجه، مرکبات، سیب‌زمینی پاییزه و بهاره، گوجه فرنگی بهاره و پاییزه، پیاز و سبزیجات) $12210/4$ متر مکعب بر هکتار است. نیاز آبی کشت پنبه $14111/8$ متر مکعب بر هکتار است (افشار و مهرآبادی، ۲۰۰۸). سطح زیر کشت کشاورزی باهوکلالت، ۶۰۰۰ هکتار و کشاورزی غیر مجاز ۱۲۰۰ هکتار است. راندمان آبیاری فعلی در منطقه مورد مطالعه، ۳۵ درصد است (وزارت نیرو بیان آب پیشین، ۲۰۱۱). در شکل (۲) منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. داده‌های مورد نیاز برای اجرای مدل ویپ شامل تقاضای ماهانه آب شرب، نیاز آبی زیست محیطی و کشاورزی، دبی مشاهداتی ایستگاه هیدرومتری پیشین، اطلاعات هواشناسی و راندمان آبیاری از طریق گزارش‌های ارائه

شده سازمان آب منطقه‌ای زاهدان جمع‌آوری گردید (وزارت نیرو بیلان آب باهوكلات- نكور، ۲۰۱۱؛ وزارت نیرو هواشناسی، ۲۰۱۳؛ وزارت نیرو بیلان آب پیشین، ۲۰۱۱؛ وزارت نیرو آب سطحی، ۲۰۱۳).

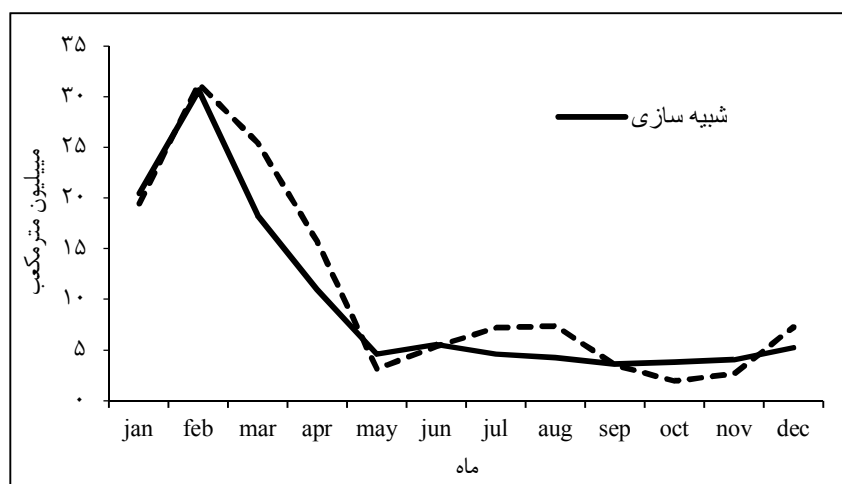


شکل ۲- منطقه مورد مطالعه

نتایج و بحث

صحت‌سنجی مدل ویپ و لارس: برای صحت‌سنجی مدل ویپ از مقایسه متوسط ماهانه آمار دوره ۲۰۱۴-۲۰۱۹ ایستگاه هیدرومتری بالادست پیشین با داده‌های شبیه‌سازی شده مدل استفاده شده است. در شکل (۳) مقادیر مشاهداتی و نیز مقادیر شبیه‌سازی شده نشان داده شده‌اند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود به صورت کیفی تقریباً از انطباق خوبی برخوردار است و به‌طور کمی مقدار ضریب نش-ساتکلیف برای ایستگاه هیدرومتری پیشین برابر با ۰/۹ بدست آمد که منطبق با مقدار ضریب نش-ساتکلیف بدست‌آمده در ارزیابی شبیه‌سازی مدل ویپ در حوضه آبریز ولتا، در کشور اسپانیا است (دکوندپا و همکاران، ۲۰۰۹). مقدار شاخص تطابق برابر با ۰/۹۷ بدست آمد که نشان‌دهنده انطباق

خوب مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده است و با نتایج اینگول- بلانکو و مک کینی (۲۰۱۳) مطابقت دارد. بر اساس تحقیقی که تیزلی و مک کینی (۲۰۰۷) برای مدیریت منابع آب حوضه رودخانه ریوگراندا/ براوو با مدل ویپ انجام دادند و نتایج نشان‌دادند که انحراف مقادیر شبیه‌سازی نسبت به مقادیر ایستگاهی حداکثر ۲۵ درصد است. مقدار میانگین مربعات خطا $2/94$ محاسبه شد. مقدار بایاس نسبی برابر با منفی ۱۱ است که نشان‌دهنده شبیه‌سازی کمتر نسبت به داده‌های مشاهداتی است که این مقدار نسبت به مطالعه زین‌الدینی و همکاران (۲۰۱۹) که خطای میانگین سالانه جریان شبیه‌سازی و مشاهده‌ای را $17/5$ محاسبه کردند، از دقت قابل قبولی برخوردار است. همچنین در مطالعه احمدی و همکاران (۲۰۱۸) درصد خطای مدل برای حجم ذخیره آب در دو سد ملاصدرا و درودزن نسبت به داده‌های مشاهداتی را به ترتیب برابر $12/28$ و $9/91$ محاسبه کردند و نشان‌دادند که مدل دقت مناسبی در مدل‌سازی عرضه و تقاضا در حوضه بختگان دارد.



شکل ۳- مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی دبی در محل ایستگاه هیدرومتری پیشین

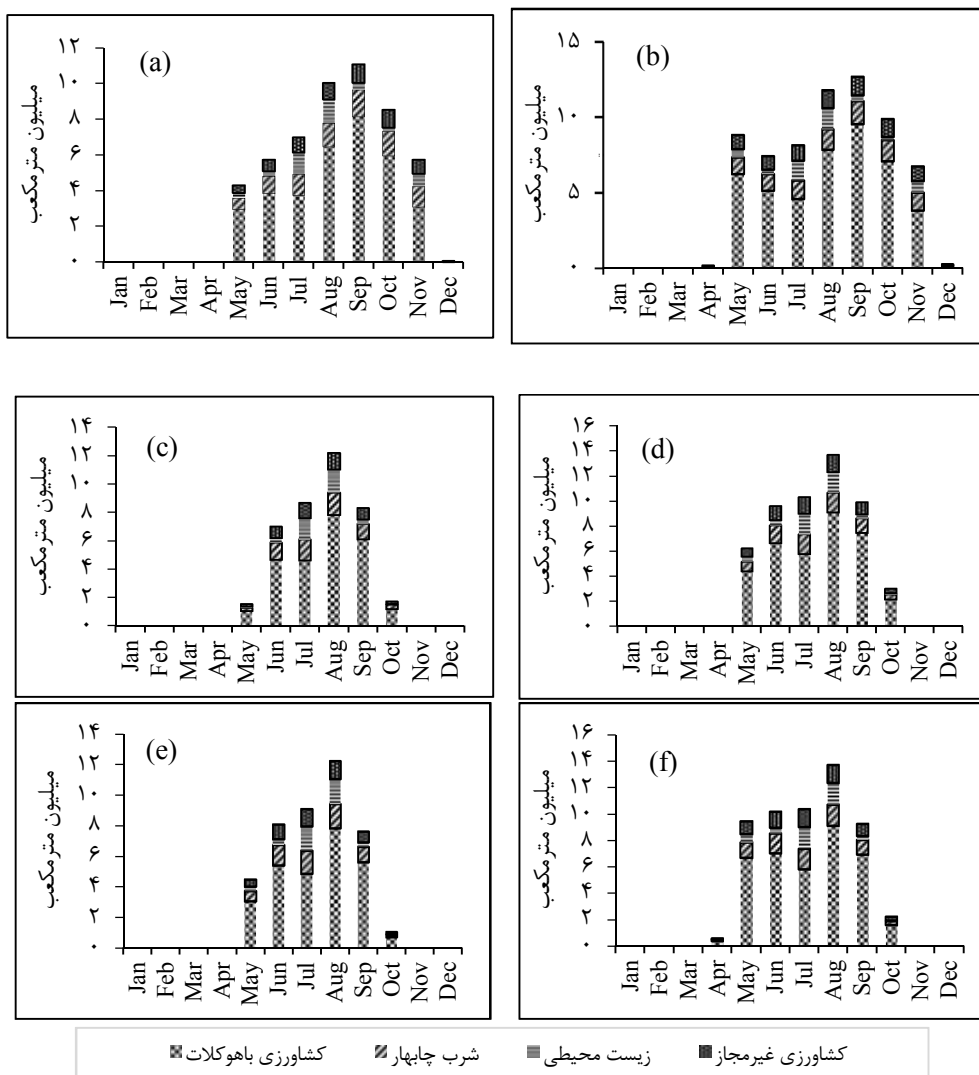
برای صحت‌سنجی مدل لارس داده‌های مشاهداتی دوره پایه (۱۹۸۱-۲۰۱۰) و داده‌های شبیه‌سازی شده توسط مدل مقایسه شدند. شاخص‌های عملکرد مدل شامل ضریب نش- ساتکلیف، شاخص تطابق و میانگین مربعات خطا برای ۵ مدل GCM و دو مدل ترکیبی^۱ در دو سناریوی $4/5$ و $8/5$ در جدول (۱) نشان داده شده است. شاخص‌های ارزیابی نشان می‌دهد توزیع آماری داده‌های شبیه‌سازی شده نسبت به مشاهداتی قابل اعتماد است و در نتیجه می‌توان از پارامترهای به دست آمده در مرحله کالیبراسیون مدل،

1. Ensemble Model

برای شبیه‌سازی اطلاعات مورد نیاز برای مدل ویپ استفاده کرد. نتایج مدل ترکیبی (E4.5, E8.5) در هر دو سناریوی ۴/۵ و ۸/۵ از دیگر مدل‌های GCMs بهتر است، در نتیجه برای کاهش خطا و عدم قطعیت از مدل ترکیبی در شبیه‌سازی و مدیریت منابع آب استفاده شد. با توجه به اینکه مدل ترکیبی در هر دو سناریوی ۴/۵ و ۸/۵ در شبیه‌سازی مدل ویپ استفاده شده، در ادامه تنها نتایج بایاس نسبی این دو مدل آمده است. نتایج مقدار بایاس نسبی در مدل ترکیبی در سناریوی ۴/۵ برای بارش، دمای مینیمم، دمای ماکزیمم و ساعات آفتابی به ترتیب برابر با ۱۲/۶، ۰/۰۱، ۰/۴۸- و ۱/۶- که نشان‌دهنده پیش‌بینی بیشتر بارش و تقریباً پیش‌بینی دقیق دمای حداقل و حداکثر و ساعات آفتابی است. مدل ترکیبی در سناریوی ۸/۵ دارای بایاس نسبی ۷/۶ برای بارش، ۰/۰۱ برای دمای حداقل، ۰/۳۷- برای دمای حداکثر و ۱/۶ برای ساعات آفتابی است. با توجه به نتایج بایاس نسبی مدل ترکیبی در سناریوی ۸/۵ نسبت به مدل ترکیبی در سناریوی ۴/۵ عملکرد بهتری دارد. به صورت کلی بر اساس تغییر اقلیم مقدار بارش افزایش پیدا می‌کند و تغییرات دمای منطقه مقدار ثابتی دارد. نتایج بایاس نسبی مشابه نتایج زمانی و همکاران (۲۰۱۹) است که در منطقه پیشین بارندگی افزایش پیدا کرده است.

جدول ۱- صحت‌سنجی مدل لارس در دوره (۱۹۸۱-۲۰۱۰)، E4.5 و E8.5 به ترتیب نشان‌دهنده ترکیب مدل‌های GCMs در دو سناریوی ۴/۵ و ۸/۵ است.

سناریو		سناریوی ۴/۵					سناریوی ۸/۵					E 8.5	
GCMs		EC-EART H	GFDL -CM3	HadG EM2- ES	MIRO C5	MPI- ESM- MR	E 4.5	EC- EART H	GFDL -CM3	HadG EM2- ES	MIRO C5	MPI- ESM- MR	
حداقل دما	NSE	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۸	۰/۹۹۸	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۸	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹
	d	۱	۱	۱	۰/۹۹۹	۱	۱	۰/۹۹۹	۱	۱	۱	۱	۱
	RMSE	۰/۱۵۶	۰/۱۴	۰/۱۶۸	۰/۱۹۱	۰/۱۴۸	۰/۱۴۹	۰/۱۸۹	۰/۱۲۷	۰/۱۶۹	۰/۱۶۳	۰/۱۴۵	۰/۱۳۸
حداکثر دما	NSE	۰/۹۹۶	۰/۹۹۵	۰/۹۹۵	۰/۹۹۶	۰/۹۹۴	۰/۹۹۶	۰/۹۹۶	۰/۹۹۵	۰/۹۹۷	۰/۹۹۶	۰/۹۹۷	۰/۹۹۷
	d	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۸	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹
	RMSE	۰/۱۷۹	۰/۲۰۴	۰/۲۱۲	۰/۱۸۶	۰/۲۲۶	۰/۱۸۵	۰/۱۷۹	۰/۲۱۳	۰/۱۶۱	۰/۱۷۹	۰/۱۴۸	۰/۱۶۳
بارش	NSE	۰/۷۷۳	۰/۷۴۰	۰/۶۰۷	۰/۸۰۳	۰/۱۶۵	۰/۸۰۷	۰/۸۴۷	۰/۶۸۷	۰/۷۵۲	۰/۸۹۴	۰/۸۳۵	۰/۹۱۹
	d	۰/۹۵۶	۰/۹۴۰	۰/۹۱۳	۰/۹۵۳	۰/۸۰۲	۰/۹۹۵	۰/۹۶۶	۰/۹۲۵	۰/۹۳۸	۰/۹۷۶	۰/۹۵۸	۰/۹۸۰
	RMSE	۳/۶۹۳	۳/۹۵۳	۴/۸۵۵	۳/۴۳۷	۷/۰۸۰	۴/۴۰۳	۳/۰۳۳	۴/۳۳۱	۳/۸۶۱	۲/۵۲۴	۳/۱۴۶	۲/۲۰۲
ساعات آفتابی	NSE	۰/۹۸۷	۰/۹۸۶	۰/۹۸۷	۰/۹۸۵	۰/۹۸۷	۰/۹۸۹	۰/۹۹۱	۰/۹۸۴	۰/۹۹۱	۰/۹۷۹	۰/۹۸۹	۰/۹۸۹
	d	۰/۹۹۷	۰/۹۹۶	۰/۹۹۷	۰/۹۹۶	۰/۹۹۷	۰/۹۹۷	۰/۹۹۸	۰/۹۹۶	۰/۹۹۸	۰/۹۹۵	۰/۹۹۷	۰/۹۹۷
	RMSE	۰/۳۸۸	۰/۴۱۱	۰/۳۹۵	۰/۴۱۵	۰/۳۹۰	۰/۳۶۵	۰/۲۳۲	۰/۴۳۵	۰/۳۳۲	۰/۴۹۲	۰/۳۶۰	۰/۳۶۶

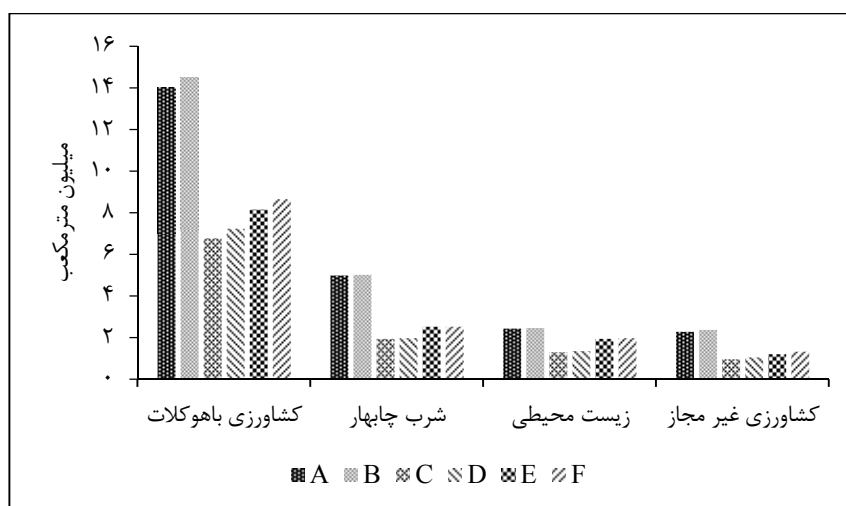


شکل ۴- نیاز تأمین نشده در رفرنس (شکل a. نشان‌دهنده وضعیت منطقه در حالت پایه و کشت فعلی، شکل b. نشان‌دهنده وضعیت منطقه در حالت پایه و کشت پنبه، شکل c. نشان‌دهنده وضعیت منطقه در حالت تغییر اقلیم با سناریوی ۴/۵ و کشت فعلی، شکل d. نشان‌دهنده وضعیت منطقه در حالت تغییر اقلیم با سناریوی ۴/۵ و کشت پنبه، شکل e. نشان‌دهنده وضعیت منطقه در حالت تغییر اقلیم با سناریوی ۸/۵ و کشت فعلی، شکل f. نشان‌دهنده وضعیت منطقه در حالت تغییر اقلیم با سناریوی ۸/۵ و کشت پنبه)

ارائه راهکارهای مدیریتی برای کاهش نیاز تأمین نشده: با استفاده از مدل جامع برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب وضعیت عرضه و تقاضای آب در منطقه مورد مطالعه (پیشین - بلوچستان جنوبی) تحت شرایط پایه (بدون در نظر گرفتن تغییر اقلیم) و با در نظر گرفتن تغییر اقلیم در دو سناریوی ۴/۵ و ۸/۵ بررسی شد. همچنین کشت جدید مبنی بر محرومیت‌زدایی و افزایش درآمد کشاورزان منطقه مورد مطالعه، در نظر گرفته شد و با کشت فعلی منطقه مقایسه شد. در شکل (۴)، نتایج نیاز تأمین نشده در سناریوی مرجع (ادامه شرایط موجود) نشان داده شده است. در هر دو حالت پایه و تغییر اقلیم، نیاز تأمین نشده بخش کشاورزی، به ترتیب حدود ۸۳ درصد با کشت فعلی و ۸۵ درصد با کشت پنبه، نسبت به نیاز تأمین نشده کل می‌باشد. چنین شرایطی بیانگر افزایش تنش کم‌آبی منطقه می‌باشد. نیاز آب شرب شهر چابهار در انتهای فصل بهار و کل فصل تابستان و تا میانه‌های فصل پاییز به‌طور کامل تأمین نمی‌شود، که به دلیل افزایش نیاز آبی در پی ورود گردشگران به منطقه تجاری و تفریحی شهر چابهار است. کم‌ترین نیاز تأمین نشده مربوط است به تغییر اقلیم با سناریوی ۴/۵ و کشت فعلی (شکل ۴C)، که مقدار کل نیاز تأمین نشده سالیانه برابر با ۳۹/۴ میلیون مترمکعب است. با کشت پنبه و حالت پایه بیشترین نیاز تأمین نشده اتفاق می‌افتد (شکل ۴B).

در شکل (۵) نیاز تأمین نشده در سناریوی افزایش راندمان آبیاری نشان داده شده است. افزایش راندمان آبیاری از اهداف اصلی تصمیم‌گیرندگان منطقه می‌باشد و این هدف با بکارگیری روش‌های جدید بجای شیوه سنتی اجرایی خواهد شد. افزایش راندمان آبیاری کشاورزی منطقه در طول پنج سال و از ۳۵ درصد به ۶۰ درصد انتخاب شد. برای کشت پنبه با توجه به مطالعه افشار و مهرآبادی (۲۰۰۸) با افزایش راندمان، نیاز آبی پنبه از ۱۴۱۱۱/۸ به ۷۰۰۲/۳۸ (مترمکعب بر هکتار) خواهد رسید و در طول ۵ سال اجرا شد. این سناریو نسبت به سناریوی مرجع باعث کاهش تنش کم‌آبی شده است. با افزایش راندمان در حالت پایه نیاز تأمین شده بخش کشاورزی با هوکلات با کشت فعلی (A) و کشت پنبه (B) به ترتیب ۵۸/۸ و ۶۷/۳ درصد کاهش یافت. درصد کاهش نیاز تأمین نشده در حالت تغییر اقلیم با سناریوی ۴/۵ در کشت فعلی (C) و کشت پنبه (D) به ترتیب برابر است با ۷۳/۳ و ۷۹/۶ و در سناریوی ۸/۵ با کشت فعلی (E) و کشت پنبه (F) به ترتیب برابر است با ۷۰ و ۷۶ درصد محاسبه شد. بهترین درصد کاهش نیاز تأمین نشده مربوط به سناریوی ۴/۵ است. با اینکه افزایش راندمان کشاورزی فعلی منطقه ۶۰ درصد و افزایش راندمان کشت جدید پنبه ۷۰ درصد در نظر گرفته شد، در حالت پایه نیاز تأمین نشده سالیانه کشت فعلی ۱۴ و کشت پنبه ۱۴/۵ میلیون متر مکعب شد. این موضوع نشان‌دهنده این است که کشت فعلی منطقه نسبت به پنبه بهتر می‌باشد. کم‌ترین نیاز تأمین نشده کشاورزی با هوکلات با مقدار ۶/۷ میلیون متر مکعب مربوط به حالت (C) است که نشان‌دهنده بهتر بودن کشت فعلی منطقه دارد. مشابه با نتایج مطالعه کای و همکاران (۲۰۰۳)، بهبود زیرساخت‌های آبیاری، برای کشاورزی و محیط‌زیست منطقه ضروری است. در سناریوی

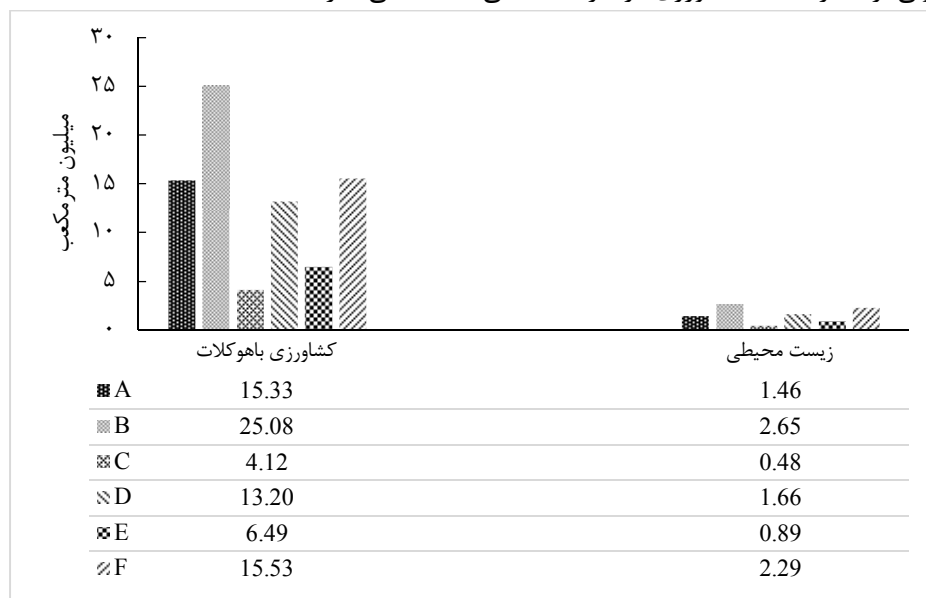
۴/۵ تغییر اقلیم، نیاز تأمین نشده بخش کشاورزی باهوکلات در حالت (C) که کشت فعلی را شامل می‌شود، برابر با ۶/۷ میلیون مترمکعب محاسبه شد و در حالت (D) که کشت پنبه را شامل می‌شود، برابر با ۷/۲ میلیون مترمکعب بدست آمد. در سناریوی ۸/۵ تغییر اقلیم، نیاز تأمین نشده بخش کشاورزی باهوکلات با کشت فعلی (حالت (E)) و کشت پنبه (حالت (F)) به ترتیب برابر با ۸ و ۸/۶ میلیون مترمکعب محاسبه شد. همانطور که ملاحظه می‌شود، مقادیر نیاز تأمین نشده در سناریوی ۴/۵ کمتر از سناریوی ۸/۵ است، زیرا درصد افزایش مقدار بارش، در سناریوی ۴/۵ برابر با ۱۲/۶ و در سناریوی ۸/۵ برابر با ۷/۶ محاسبه شد.



شکل ۵- نیاز تأمین نشده در سناریو افزایش راندمان آبیاری (A) نشان‌دهنده وضعیت منطقه در حالت پایه و کشت فعلی، B نشان‌دهنده وضعیت منطقه در حالت پایه و کشت پنبه، C نشان‌دهنده وضعیت منطقه در حالت تغییر اقلیم با سناریوی ۴/۵ و کشت فعلی، D نشان‌دهنده وضعیت منطقه در حالت تغییر اقلیم با سناریوی ۴/۵ و کشت پنبه، E نشان‌دهنده وضعیت منطقه در حالت تغییر اقلیم با سناریوی ۸/۵ و کشت فعلی، F نشان‌دهنده وضعیت منطقه در حالت تغییر اقلیم با سناریوی ۸/۵ و کشت پنبه).

در شکل (۶) نیاز تأمین نشده در سناریوی حذف تلفات آب و کشاورزی غیر مجاز و استفاده از دستگاه آب شیرین‌کن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. شهر چابهار با کمبود آب مواجه است و کمبود آب باعث قطعی آب در ساعات مختلف شبانه روز می‌شود که این مشکل با استفاده از دستگاه‌های آب شیرین‌کن حل خواهد شد. با استفاده از دستگاه‌های آب شیرین‌کن و تأمین نیاز آبی شهر چابهار، کاهش تلفات آب و حذف کشاورزی غیر مجاز، نیاز تأمین نشده کشاورزی باهوکلات با کشت فعلی در

این سناریو از سناریوی افزایش راندمان کمتر شد، که نشان‌دهنده تاثیر بیشتر کاهش تلفات آب و استفاده از روش‌های جدید برای تأمین آب شرب از افزایش راندمان دارد. اما با کشت پنبه نیاز تأمین‌نشده در افزایش راندمان کمتر از این سناریو است و نشان‌دهنده این است که افزایش راندمان تأثیر قابل توجهی بر گیاه پنبه دارد. نیاز آبی زیست‌محیطی هم با کشت فعلی تطابق بیشتری دارد و با کشت پنبه نیاز تأمین‌نشده افزایش می‌یابد. در حالت پایه و اقلیم فعلی، نیاز تأمین‌نشده کشت فعلی برابر با $15/33 \text{ MCM}$ محاسبه شد، که در صورت کشت پنبه، نیاز تأمین‌نشده در این سناریو به $25/08$ خواهد رسید. در بررسی منطقه مورد مطالعه با در نظر تغییر اقلیم با سناریوی $4/5$ نیاز تأمین‌نشده در کشت فعلی و پنبه به ترتیب برابر با $4/12$ و $13/20$ میلیون مترمکعب محاسبه شد. نیاز تأمین‌نشده کشت فعلی و پنبه در حالت تغییر اقلیم با سناریوی $8/5$ به ترتیب برابر با $6/49$ و $15/53$ میلیون متر مکعب محاسبه شد. همانطور که مشاهده می‌شود، در هر سه حالت نیاز تأمین‌نشده کشت پنبه از کشت فعلی بیشتر است. مشابه نتایج پورکی و همکاران (۲۰۰۸)، سناریوهای مدیریتی اثر مطلوبی بر مدیریت آب کشاورزی در شرایط اقلیمی مختلف می‌گذارد.



شکل ۶- نیاز تأمین‌نشده در سناریوی حذف کشاورزی غیر مجاز و استفاده از دستگاه آب شیرین کن (A) نشان‌دهنده وضعیت منطقه در حالت پایه و کشت فعلی، B نشان‌دهنده وضعیت منطقه در حالت پایه و کشت پنبه، C نشان‌دهنده وضعیت منطقه در حالت تغییر اقلیم با سناریوی $4/5$ و کشت فعلی، D نشان‌دهنده وضعیت منطقه در حالت تغییر اقلیم با سناریوی $4/5$ و کشت پنبه، E نشان‌دهنده وضعیت منطقه در حالت تغییر اقلیم با سناریوی $8/5$ و کشت فعلی، F نشان‌دهنده وضعیت منطقه در حالت تغییر اقلیم با سناریوی $8/5$ و کشت پنبه).

افزایش جمعیت باعث گسترش زمین‌های کشاورزی و صنعت و انرژی خواهد شد که این مستلزم نیاز آبی بیشتری خواهد بود (مایز، ۱۹۹۶) و با توجه به نرخ رشد جمعیت بالای منطقه مورد مطالعه، کشت گیاه پنبه که نیاز آبی بیشتری از الگوی کشت فعلی دارد، باعث افزایش تنش کم‌آبی خواهد شد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر تغییر کشت منطقه که یکی از اهداف تصمیم‌گیران برای افزایش درآمد کشاورزان و کاهش مهاجرت و شغل‌های کاذب است به همراه بررسی اثر تغییر اقلیم با سناریوهای اقلیمی RCP 4.5 و RCP 8.5 بر روی منابع آب و عرضه و تقاضا در آینده تجزیه و تحلیل شد. لذا پس از ارزیابی و بررسی کفایت لازم مدل‌های مربوطه نخست تغییرات متغیرهای هواشناسی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج میزان بارش منطبق با سناریوی ۸/۵ و ۴/۵ به ترتیب به میزان ۷/۶ و ۱۲/۶ درصد بیشتر پیش‌نمایی می‌گردد و تقریباً دما مقدار ثابتی دارد. پس از بررسی مدل و استخراج برون‌داد متغیرهای هواشناسی اقدام به تدوین سناریوهای مختلف مدیریتی مبتنی بر سناریوهای اقلیمی و مدیریتی شد. در واقع منطقه مورد مطالعه در ۱۸ حالت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج شاخص‌های عملکرد هم نشان داد که مدل ترکیبی دقت مناسب‌تری دارد. در حالت تغییر اقلیم با سناریوی ۴/۵ و کشت فعلی، کم‌ترین نیاز تأمین‌نشده اتفاق افتاد که تاثیر تغییر اقلیم را بر کشت فعلی منطقه نشان می‌دهد. با مقایسه کشت پنبه نسبت به کشت فعلی در تمام حالات مشابه اقلیمی، نیاز تأمین نشده پنبه از کشت فعلی بیشتر شد. بنابراین کشت پنبه باعث افزایش تنش کم‌آبی می‌شود. از دیگر نتایج این مطالعه می‌توان به این مهم اشاره داشت که با افزایش ۶۰ درصد راندمان شرایط کشت فعلی میتوان عملکرد بسیار بهتری از وضعیت افزودن کشت پنبه در منطقه بدست آورد. منطقه جنوب شرق ایران دارای اقلیمی خشک و گرم است. سیاستمداران و برنامه ریزان منطقه‌ای باید به گونه‌ای عمل نمایند که بتوان منجر به افزایش تاب‌آوری ساکنین و کشاورزان بومی شوند. مبتنی بر نتایج این مطالعه استفاده از دستگاه آب‌شیرین‌کن برای آب شرب و کاهش تلفات و کشاورزی غیر مجاز تاثیر بیشتری بر منابع آب نسبت به سناریوی افزایش راندمان کشت فعلی داشت. بنابراین کشت این محصول، در این حوضه جغرافیایی، به هیچ عنوان قابل توجیه نیست و پیشنهاد می‌شود برای حل مشکل اقتصادی در منطقه مورد مطالعه، کشت‌های دیگر مورد بررسی قرار گیرد. با مقایسه کشت پنبه نسبت به کشت فعلی در تمام حالات مشابه اقلیمی، نیاز تأمین نشده پنبه از کشت فعلی بیشتر شد. بنابراین کشت پنبه باعث کمبود روزافزون منابع آب در منطقه می‌شود.

منابع

1. Abbas, S. 2020. Climate change and cotton production: an empirical investigation of Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*. 27: 29580-29588.
2. Afshar, H., and Mehraadi, H. 2008. Investigation on Yield and Yield Components of Cotton in Drip and Furrow Irrigation Methods. *Journal of Seedlings and Seeds*. 23(4): 557-570. (In Persian).
3. Ahmadi, M., Yousefi, H., Farzin, S., and Rajabpour, R. 2018. Management of Water Resources and Demands in Mulla Sadra, Doroodzan and Sivand Dams Located in Bakhtegan-Maharlou Watershed. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*. 12(42): 31-41. (In Persian with English Abstract).
4. Aldy, J.E., and Pizer, W.A. 2015. The competitiveness impacts of climate change mitigation policies. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*. 2(4): 565-595.
5. Alizaadeh, A., Ansaari, H., Ershaadi, S., and Aashgar Tousi, S. 2008. Drought predictability in the province of Sistaan and Balouchestaan. *Journal of Geography and Regional Development*, 6(11): 1-17. (In Persian with English Abstract).
6. Ashofteh, P.S., Rajaei, T., and Golfam, P. 2017. Assessment of water resources development projects under conditions of climate change using efficiency indexes (EIs). *Water Resources Management*. 31(12): 3723-3744.
7. Bagheri Harooni, M., and Morid, S. 2013. Comparison of WEAP and MIKE BASIN models in water resources allocation (Case Study: Tlavar river). *Journal of Water and Soil Conservation Research* 20(1): 151-167. (In Persian with English Abstract).
8. Bodjongo, M.J.M. 2021. Climate Change, Cotton Prices and Production in Cameroon. *The European Journal of Development Research*. 1(29): Article in press.
9. Cai, X., McKinney, D.C., and Rosegrant, M.W. 2001. Sustainability analysis for irrigation water management in the Aral Sea region. 76(3): 1043-1066.
10. Cai, X., McKinney, D.C., and Rosegrant, M.W. 2003. Sustainability analysis for irrigation water management in the Aral Sea region. *Agricultural systems*. 76(3): 1043-1066.
11. Celeste, A.B., and Billib, M. 2009. Evaluation of stochastic reservoir operation optimization models. *Advances in Water Resources*. 32(9): 1429-1443.
12. De Condappa, D., Chaponnière, A., and Lemoalle, J. 2009. A decision-support tool for water allocation in the Volta Basin. *Water International*. 34(1): 71-87.

13. Doherty, J., Brebber, L., and Whyte, P. 1995. PEST: Model Independent Parameter Estimation. Australian Centre for Tropical Freshwater Research, Australia, 710p.
14. Hamidian Pour, M., Mofidi, A., and Salighe, M. 2016. Analysis of the nature and structure of Sistan wind. Iranian Journal of Geophysics. 10(2): 83-109. (In Persian with English Abstract).
15. Hoff, H., Bonzi, C., Joyce, B., and Tielbörger, K. 2011. A water resources planning tool for the Jordan River Basin. Water. 3(3): 718-736.
16. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
17. Iglesias, A., and Garrote, L. 2015. Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. Agricultural Water Management. 155: 113-124.
18. Ingol-Blanco, E., and McKinney, D.C. 2011. Analysis of scenarios to adapt to climate change impacts in the Rio Conchos Basin. Paper presented at the World Environmental and Water Resources Congress 2011: Bearing Knowledge for Sustainability. 1357-1364.
19. Ingol-Blanco, E., and McKinney, D.C. 2013. Development of a hydrological model for the Rio Conchos Basin. Journal of Hydrologic Engineering. 18(3): 340-351.
20. Lévite, H., Sally, H., and Cour, J. 2003. Testing water demand management scenarios in a water-stressed basin in South Africa: application of the WEAP model. Physics and Chemistry of the Earth. 28(20-27): 779-786.
21. Li, X., Zhao, Y., Shi, C., Sha, J., Wang, Z.L., and Wang, Y. 2015. Application of Water Evaluation and Planning (WEAP) model for water resources management strategy estimation in coastal Binhai New Area, China. Ocean Coastal Management. 106: 97-109.
22. Mays, L. 1996. Water resources. Pp. 1-12 *In*: introduction.
23. Mehrazar, A., Massah Bavani, A.R., Gohari, A., Mashal, M., and Rahimikhoob, H. 2020. Adaptation of water resources system to water scarcity and climate change in the suburb area of megacities. Water Resources Management. 34(12): 3855-3877.
24. Ministry of Energy, Bahukalat-Negor water balance. 2011. Statistical and Information Analysis and Water Balance, Water Balance (Bahukalat-Negor Study Area)). (In Persian).

25. Ministry of Energy, Meteorology. 2013. Improvement Studies of water balance of South Baluchestan Watershed (Between Sedij and Pakistan Border), Meteorology. (In Persian).
26. Ministry of Energy, Pishin water balance. 2011. Statistical and Information Analysis and Water Balance, Water Balance (Pishin Study Area). (In Persian).
27. Ministry of Energy, Surface Water. 2013. Improvement Studies of water balance of South Baluchestan Watershed (Between Sedij and Pakistan Border), Surface Waters. (In Persian).
28. Mutiga, J.K., Mavengano, S., Zhongbo, S., Woldai, T., and Becht, R. 2010. Water allocation as a planning tool to minimise water use conflicts in the Upper Ewaso Ng'iro North Basin, Kenya. *Water Resources Management*. 24(14): 3939-3959.
29. Nadiruzzaman, M., Rahman, M., Pal, U., Croxton, S., Rashid, M.B., Bahadur, A., and Huq, S. 2021. Impact of climate change on cotton production in Bangladesh. *Sustainability*. 13(2): 574-591.
30. Nash, J.E., and Sutcliffe, J. 1970. River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles. *Journal of Hydrology*. 10(3): 282-290.
31. Purkey, D., Joyce, B., Vicuna, S., Hanemann, M., Dale, L., Yates, D., and Dracup, J. 2008. Robust analysis of future climate change impacts on water for agriculture and other sectors: a case study in the Sacramento Valley. *Climatic Change*. 87(1): 109-122.
32. Qin, H.-P., Su, Q., and Khu, S.T. 2011. An integrated model for water management in a rapidly urbanizing catchment. *Environmental modelling and software*. 26(12): 1502-1514.
33. Raskin, P., Hansen, E., Zhu, Z., and Stavisky, D. 1992. Simulation of water supply and demand in the Aral Sea Region. *Water International*. 17(2): 55-67.
34. Sarzaeim, P., Bozorg-Haddad, O., Fallah-Mehdipour, E., and Loáiciga, H.A. 2017. Climate change outlook for water resources management in a semiarid river basin: the effect of the environmental water demand. *Journal of Environmental Earth Sciences*. 76(14): 1-8.
35. SEI. 2011. WEAP (Water Evaluation and Planning). Stockholm Environment Institute, Boston, USA, 387p.
36. Singh, M., Shinde, V., Pradhan, S., Chalodiya, A., and Shukla, K. 2014. Hydrologic Modelling of Mahanadi River Basin in India Using Rainfall-Runoff Model. *Nature Environment Pollution Technology*. 13(2): 385-392.
37. Vicuña, S., McPhee, J., and Garreaud, R. 2012. Agriculture vulnerability to climate change in a snowmelt-driven basin in semiarid Chile. 138(5): 431-441.
38. Wang, J. 2010. Food security, food prices and climate change in China: a dynamic panel data analysis. *Journal of Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 1: 321-324.

39. Willmott, C.J. 1981. On the validation of models. *Physical geography*. 2(2): 184-194.
40. Yaghobi, M., and Massah Bavani, A.R. 1394. Comparison and Evaluation of Different Sources of Uncertainty in the Study of Climate Change Impact on Runoff in Semi-arid Basins (Case study: Azam Harat River Basin). *Iran-Water Resource Management*. 11(3): 113-130. (In Persian with English Abstract).
41. Yang, C.M., and Hsiang, W.M. 1992. Growth and Reproduction of Maize (*Zea mays* L. cv. Tainung No. 1) Response to Soil Water Deficits. Changes of Growth when Strees and Recovery Occurring at the Vegetative Stage in the Controlled Environment. *Jour. Agric. Res. China*. 41(2): 132-139.
42. Yilmaz, B., and Harmancioglu, N.B. 2010. An indicator based assessment for water resources management in Gediz River Basin, Turkey. *Water Resources Management*. 24(15): 4359-4379.
43. Zamani, Y., Hashemi Monfared, S.A., Hamidianpour, M., and Azhdari moghadam, M. 2019. The Changes in Sectors Demanding Water Resources on the Basis of Climate Change and Uncertainty. *The International Journal of Climate Change: Impacts and Responses*. 11(4): 15-31.
44. Zamani, Y., Hashemi Monfared, S.A., Azhdari moghadam, M., and HamidianPour, M. 2020. A comparison of CMIP6 and CMIP5 projections for precipitation to observational data: the case of Northeastern Iran. *Theoretical applied climatology*. 142(3): 1613-1623.
45. Zeinoddini, S., Anvari, S., and Zahmatkesh, Z. 2019. Application of Simulation-Optimization Approaches to Assess the Effect of Climate and Management Scenarios on in Water Resource System. *Iran-Water Resource Management*. 14(5): 318-338. (In Persian with English Abstract).

Assessing the impact of cotton cultivation on the supply and demand of water resources in the former basin in the southeastern regions of Iran under climate change scenarios

**Y. Zamani¹, M. Hamidianpour^{2*}, S.A. Hashemi Monfared³,
M. Azhdari moghaddam⁴**

¹PhD student, Department of Civil Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Sistan and Baluchestan, Iran,

²Assistant Professor in Climatology, Department of Physical Geography, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran,

³Associate Professor, Department of Civil Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Sistan and Baluchestan, Iran,

⁴Professor, Department of Civil Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Sistan and Baluchestan, Iran

Received: 2021.02.1 ; Accepted: 2021.04.13

Abstract

Background and objectives: Agriculture is the largest water consuming sector and water management for agriculture is complex. Balancing water resources and demands in arid and semi-arid regions will be a major challenge in the coming decades. As the 21st century faces a global challenge called climate change, it is becoming increasingly difficult to manage water resources and demands. One of the impacts of climate change is the lack of available water in different parts of the world, which is causing the most damage to the agricultural sector and threatening food security. One of the ways to achieve stable performance of agricultural products as a result of climate change is to increase water productivity. This will reduce farmers' dependence on erratic rainfall due to climate change. Pishin basin in the southeast of southern Baluchestan basin (Sistan and Baluchestan province) belongs to arid and semi-arid regions. Therefore, it is not an exception. In the past, cotton was grown in this geographical area. But due to non-compliance of climatic conditions and land use studies, it was removed from the cropping pattern of the study area. But whispers are heard again that this crop should be grown in the area. Due to high water stress in the region, it is necessary to establish scientifically that cotton cultivation leads to increased water stress in the region. Therefore, the main objective of this study is to assess the impact of cotton cultivation on the supply and demand of water resources in the context of climate change.

*Corresponding author; m.hamidian355p@gmail.com

Materials and Methods: In this study, the impact of climate change on meteorological parameters was investigated using general circulation models under two scenarios (RCP 4.5 and RCP 8.5) in the Pishin basin of Sistan and Baluchestan province, and the simulation of water resources and demand in the study area was evaluated using a water resources planning and management model. Ensemble model was used to reduce the uncertainty of general circulation models.

Results: The results of the prediction of meteorological parameters showed that the rainfall in the 8.5 and 4.5 scenarios was predicted to be 7.6 and 12.6% higher than the observation, respectively, and the temperature was almost constant. To address water scarcity in demand areas, management strategies were presented such as increasing irrigation efficiency, eliminating unauthorized farming, reducing water losses, and using water desalination. The results also showed that the average unmet demand of the agricultural sector with current cultivation and cotton cultivation is 83% and 85% respectively. The results of the scenarios showed that the lowest unmet need are in scenario 8.5 with climate change and current cultivation amounting to 39.44 MCM and that the basic conditions and cotton cultivation have the highest unmet need amounting to 65.9 MCM. Also in scenario 3, the results showed that the unmet need of cotton cultivation in the baseline climate and climate change with scenario 4.5 and scenario 8.5 was 25.08, 13.2 and 15.53 MCM respectively. Thus, cotton cultivation increases water stress.

Conclusion: The southeastern region of Iran has a hot and dry climate. This study helps the decision makers in the study region to manage water resources better. Policy makers and planners in the region need to act in such a way that they can increase the resilience of local residents and farmers. Based on the results of this study, the use of desalination for drinking water and loss reduction, and unlicensed agriculture had a greater impact on water resources than the scenario of increasing current cropping efficiency. Therefore, the cultivation of this crop is not justified at all in this geographical basin and it is suggested that other crops be explored to solve the economic problem in the study area. Comparing cotton cultivation with the present cultivation under similar climatic conditions, it is found that the unmet demand for cotton has increased as compared to the present cultivation. Therefore, cotton cultivation causes increasing scarcity of water resources in the region. Finally, the results of this study will help decision makers in the study area to better manage water resources.

Keywords: water resources management, WEAP, downscaling, climate scenarios.