نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال دهم. شماره سی و هفتم پاییز ۱۳۹۸

بررسی اثر تغییرات اقلیمی بر مصرف آب کشاورزی و ذخایر منابع آب ایران

سروش کیانی قلعه سرد[۱]، جواد شهرکی[۲]، احمد اکبری[۳]، علی سردار شهرکی[۴]

تاریخ ارسال:۱۳۹۷/۰۵/۱۹
تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۰۷/۰۷

مقاله برگرفته از پایان نامه دکتری می‌باشد.

چکیده

شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک ایران بحث تغییرات اقلیم را در این کشور بسیار حائز اهمیت می‌سازد. تغییرات اقلیمی با تحت تاثیر قرار دادن منابع آبی بسیاری از فعالیت‌ها و حتی حیات انسانی را با تهدید جدی مواجه می‌سازد. ارزیابی میزان اثرپذیری مصرف و منابع آب از این تغییرات در سیاست گذاری‌های کلان می‌تواند نقش تعیین کننده و مهمی داشته باشد. در این مطالعه با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) و با در نظر گرفتن چهار سناریوی اقلیمی (تغییر نرمال اقلیم، تغییر اقلیم، تغییر پذیری اقلیم و تغییر توامان اقلیم) به بررسی اثرات این تغییرات بر مصرف آب کشاورزی و ذخایر منابع آب ایران طی ۲۰ سال پرداخته شده است. نتایج تحقیق نشان داد در شرایط تغییر توامان اقلیم و همچنین تغییر اقلیم با وجود کاهش در آب مصرفی بخش کشاورزی، حجم ذخایر منابع آب ایران در مقایسه با دیگر شرایط اقلیمی با شدت بسیار بیشتری کاهش خواهد یافت. بر اساس این نتایج متوسط مصرف سالانه آب کشاورزی در چهار سناریوی مذکور به ترتیب ۳۵۱۰۳/۶۵، ۲۶۵۳۳/۸، ۳۵۲۱۶ و ۲۶۵۱۰/۶۹ میلیون مترمکعب و متوسط کاهش سالانه در ذخایر آب ایران به ترتیب ۴۴۲۲/۲، ۱۱۱۶۵/۶، ۴۴۳۸/۲۴ و ۱۱۲۶۷/۴۵ میلیون مترمکعب خواهد بود. بر این اساس تغییر رویکرد در مدیریت عرضه و تقاضا آب و اتخاذ سیاست‌های سازگاری جهت مواجه با تغییرات اقلیم می‌بایست مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، تغییر پذیری اقلیم، مصرف آب، منابع آب، ایران.

۱ دانشجوی دکتری، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران، ۰۹۱۵۰۳۵۰۰۸۴
soroushkiani23@gmail.com
۲ دانشیار، گروه اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران (نویسنده مسئول)
j.shahraki@eco.usb.ac.ir
۳ استاد، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
akbari@eco.usb.ac.ir
۴ استادیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
a.shahraki65@gmail.com

مقدمه

تغییرات آب و هوایی به عنوان یک موضوع زیست محیطی بر تمام جنبه‌های زندگی انسان تاثیر می‌گذارد (وارلا-اورتگا و همکاران[1]، ۲۰۱۳). فرآیند تغییر اقلیم به ویژه تغییرات ایجاد شده در دما و بارش، بدلیل اثرات گسترده‌ای که از لحاظ محیطی، اقتصادی و اجتماعی بر جای می‌گذارد دارای اهمیت بسیاری است (رزاقیان و همکاران، ۱۳۹۵). این تغییرات به دو بخش تغییر اقلیم[2] و تغییرپذیری اقلیم[3] قابل تفکیک هستند. اثرات تغییر اقلیم و تغییرپذیری اقلیم بصورت مستقیم بر عوامل طبیعی و بصورت مستقیم و غیرمستقیم عوامل انسانی و اجتماعی را تحت تاثیر خود قرار می‌دهند. شاخص‌های آب و هوایی که در زمینه تغییرات اقلیمی می‌تواند در نظر گرفته شوند عبارتند از: دما، بارش، رطوبت، و جهت و شدت باد (دووست و همکاران[4]، ۲۰۱۳). یکی از مهم‌ترین بخش‌های عوامل طبیعی که تحت تاثیر تغییرات اقلیمی قرار می‌گیرد منابع آب است. تأثیر تغییرات آب و هوایی بر منابع آب، مسئله بسیار مهمی در ارتباط با چشم‌انداز آتی این منابع و همچنین مصرف آن است (پال واستل و همکاران[5]، ۲۰۰۵). تحت این شرایط چرخه آب به طور عمده با تاثیر یکپارچه تغییرات آب و هوایی و فعالیت های انسانی تغییر کرده است و چنین تغییراتی توزیع منابع آب و شرایط زیست محیطی مربوط به خاک و آب را تغییر خواهد داد (اکی و کانا[6]، ۲۰۰۶). تاثیر تغییرات اقلیمی و چرخه آب یک فرآیند تعاملی بسیار پیچیده است. چرخه آب همواره تحت تاثیر عوامل طبیعی و انسانی تغییر داشته است. عواملی طبیعی چون شدت و کل مقدار بارش، حرکت کمربند باران، دما، رطوبت، سرعت باد، تبخیر و دیگر عوامل آب و هوایی تغییرات چرخه آب جهانی و منطقه‌ای را به دنبال خواهد داشت. در همین حال، برخی از فعالیت های انسانی، از قبیل تغییر کاربری زمین، فعالیت‌های کشاورزی، تعرفه‌های آب، توسعه شهرنشینی، استفاده بی‌رویه از منابع آب در صنعت و ایجاد تغییر در محیط زیست می‌تواند باعث تغییر در تبخیر، نفوذ، تولید روان و غلظت و در نهایت بر چرخه آب تاثیر گذارد. به طور کلی، هیچ کدام از این فرآیندهای فوق به تنهایی تاثیرگذار نبوده و بلکه وابسته به یکدیگر بوده و همچنین ویژگی های خاص خود را دارند (شیا و همکاران، ۲۰۱۷).

قرارگیری ایران در کمربند خشک و نیمه خشک جهان باعث شده همواره با کم آبی و خشکسالی های متناوب مواجه باشد. خشکسالی‌های ایجاد شده ناشی از شکست طبیعی رژیم بارش خشکسالی باعث کاهش کمتر از میانگین و با فراوانی کمتر بارندگی شده است (قمقامی و همکاران، ۱۳۹۳). در واقع کشور ما باتوجه به شرایط جغرافیای خود از نظر منابع آبی به مانند همیشه خود را با مشکل کمبود این منابع و تامین نیازهای خود در این زمینه می‌بیند (شهرکی و همکاران، ۱۳۹۶). در زمینه اثراتی که تغییرات آب و هوایی بر منابع آبیداشته‌اند مطالعات زیادی صورت گرفته است. از جمله جلیلی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای با عنوان بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی دشت اسلام آباد و بهینه سازی تخصیص سطح اراضی آن با استفاده از سناریوسازی نشان دادند که متغیرهای بارش، دمای بیشینه و کمینه و ساعات آفتابی در شرایط تغییر اقلیم به ترتیب ۳۱/۰۴، ۲/۲، ۱۳/۶۶ و ۰/۴ درصد تغییر می‌کند. این شرایط بر نیاز آبی و حجم آب در دسترس تاثیر گذاشته و سود حاصل از بهینه‌سازی محصولات کشاورزی در شرایط تغییر اقلیم نسبت به وضعیت کنونی ۳/۹ درصد کاهش می-یابد. حقیقی و ساداتی نژاد (۱۳۹۵) در پژوهش خود با موضوع «بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی تجدید شونده» به بررسی تغییرات کمی آب زیرزمینی مرودشت به عنوان یکی از قطب‌های

[1] Varela-Ortega et al.
[2] Climate change
[3] Climate variability
[4] Dowsett et al.
[5] Pahl-Wostl et al.
[6] Oki and Kanae

کشاورزی استان فارس پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشان داده است اگر چه افزایش بهره‌برداری دلیل اصلی سطح ایستایی در آبخوان مورد نظر بوده است، نیاز به یک برنامه مدیریتی جدی در جبران کسری مخزن و جلوگیری از افت شدیدتر آب و نشست زمین در منطقه مورد نظر است. نتایج مطالعات پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۶) با عنوان ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب در دسترس و تولیدات کشاورزی در حوضه آبخیز شاهرود، نشان داد تغییر اقلیم ناشی از کاهش بارش منجر به کاهش منابع آب در دسترس، افزایش ارزش اقتصادی آب آبیاری، کاهش مجموع سطح زیر کشت محصولات آبی و کاهش سود ناخالص کشاورزی در حوضه آبخیز شاهرود شده است. در میان سه سناریوی در نظر گرفته شده (تغییر اقلیم ملایم، متوسط و شدید) سناریوی تغییر اقلیم شدید بیشترین کاهش در منابع آب در دسترس را داشته است.

مو و همکاران[1] (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای با عنوان «تاثیر تغییرات اقلیمی بر منابع آب کشاورزی شمال چین» اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب کشاورزی چین را نگران کننده دانستند. آنها با استناد به پیش‌بینی گروه جغرافیای جهانی اذعان داشتند که تا سال ۲۰۵۰ با تشدید تبخیر و تعرق ناشی از گرمایش جهانی و افزایش تقاضای آب در محصولات، منابع آب در حدود ۴ تا ۲۴ درصد کاهش و تقاضای آب افزایش خواهد یافت. همچنین مالک و همکاران[2] (۲۰۱۸)، در مطالعه‌ای به بررسی اثر تغییر اقلیم بر کاهش میزان دسترسی کشاورزان به آب در واشنگتن پرداخته و با در نظر گرفتن دوره ۱۹۸۰-۲۰۱۰ به پیش‌بینی تغییرات در دو دوره ۲۰۳۰-۲۰۶۰ و ۲۰۶۰-۲۰۹۰ پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد در حوضه آبخیز افزایش ۹ درصدی تلفات تبخیری آب توسط کاهش تلفات غیر تبخیری آب قابل جبران است. بنابراین می‌توان تغییرات کلی در آینده در کاهش داد. اما با این وجود تلفات تبخیری همچنان وجود خواهد داشت و تاثیر منفی بر آب‌های زیرزمینی خواهد گذاشت. در پایان نتایج این تحقیق نشان داده است که تاثیر تغییرات اقلیمی بر منابع آب و خسارت‌های وارده به این بخش بستگی به نوع آبیاری و شرایط آب و هوایی دارد. ژوانگ و همکاران[3] (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای به بررسی و تجزیه و تحلیل اثرات تغییرات اقلیمی بر منابع آب چین پرداخته‌اند. نتایج پیش‌بینی‌های اقلیمی این مطالعه نشان می‌دهد که روند افزایش دما و کاهشی بارندگی وجود دارد و در نتیجه کمبود آب شکل گرفته از سال-های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ تداوم یافته و منابع ورودی آب کاهش خواهند داشت. فولکرن و همکاران[4] (۲۰۱۸) نیز در بررسی تاثیر بالقوه تغییرات اقلیمی بر منابع آب زیرزمینی در شمال شرق تایلند نشان دادند که طی ۳۰ سال آینده (۲۰۴۵) میانگین دمای سالانه در دو سناریوی مورد بررسی ۳/۱ درجه و ۲/۲ درجه سانتی-گراد افزایش خواهد یافت در حالی که در این دو سناریو پیش‌بینی می‌گردد بارندگی ۲۰/۸۵ درصد در سناریوی اول و ۱۸/۳۵ درصد در سناریوی دوم افزایش یابد. از این رو تحت سناریوی اول شارژ آبهای زیر زمینی کاهش و در سناریوی دوم افزایش می‌یابد. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد تغییرات اقلیمی شوری آب را در آب‌های عمیق ۸/۰۸ درصد و آب‌های نیمه عمیق را ۵۶/۹۲ درصد افزایش خواهد داد. کیساکی و بروگن[5] (۲۰۱۸) اثر تغییرات اقلیم بر منابع آب و امنیت آب اوگاندار را بررسی کرده‌اند. نتایج این مطالعه نشان داده است که در پی تغییرات اقلیم ذخایر آب و امنیت آب به شدت کاهش خواهش یافت و این مساله در حدی خواهد بود که امنیت آب در دهه ۲۰۷۰ بیش از ۵۰ درصد کاهش خواهد داشت.

از این رو باتوجه به شرایط خاص اقلیمی ایران که بر اساس آن حدود ۳۵/۵ درصد سرزمین‌های آن دارای

[1] Mo et al.
[2] Malek et al.
[3] Zhuang et al.
[4] Pholkern et al.
[5] Kisaky and Bruggen

آب و هوای بسیار خشک، ۲۹/۹ درصد خشک، ۲۰/۱ درصد نیمه خشک، 5 درصد مدیترانه‌ای و 10 درصد مرطوب (از نوع سرد کوهستانی) می‌باشد (معاونت آبخیزداری وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۵) و مواجه مادام با کمبود بارش و خطر وقوع خشکسالی، بررسی میزان اثرگذاری تغییرات مختلف اقلیمی بر منابع آبی کشور بسیار ضروری و حائز اهمیت است. این مطالعه با نگرشی نو نسبت به سناریوهای اقلیمی و با در نظر گرفتن چهار شرایط تغییر نرمال اقلیم، تغییر اقلیم، تغییرپذیری اقلیم و تغییر توامان اقلیم (شامل وقوع همزمان تغییر اقلیم و تغییر پذیری اقلیم) به بررسی آثار این شرایط اقلیمی بر میزان بارندگی، مصرف آب در بخش کشاورزی و میزان ذخایر آب‌های زیرزمینی کشور پرداخته است. در واقع این مطالعات بر خلاف مطالعات سابق از نظر نوع نگاه به شرایط اقلیمی با سناریوسازی جدید و در نظر گرفتن همزمان رفاه مصرف کنندگان و تولیدکنندگان به بررسی اثرات هریک از شرایط اقلیمی بر این موارد رفاهی پرداخته است.

روش تحقیق

از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی به عنوان یک ابزار مهم و پرکاربرد در تحلیل‌های اقتصاد کشاورزی و همچنین روشی غالب در تجزیه و تحلیل‌های تولیدی و استفاده از منابع در کشاورزی می‌باشد (جهانگیرپور و همکاران، ۱۳۹۴). در این پژوهش برای دستیابی به هدف تحقیق از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP[1]) استفاده شده است. روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت یک روش تحلیل تجربی است که می‌تواند با وجود محدودیت در داده‌های سری زمانی به تحلیل بپردازد (آرفینی و همکاران، ۲۰۰۳).

[1] Positive Mathematical Programming

این روش که برای نخستین بار توسط هاویت مطرح گردید طی سه مرحله انجام می‌گردد:

مرحله اول: در مرحله نخست به تصریح مدل برنامه‌ریزی خطی با در نظر گرفتن محدودیت‌های کالیبراسیون پرداخته می‌شود. الگوی اولیه بصورت ذیل

$$\text{Maximize } Z = p'x - c'x \qquad (1)$$

$$\text{Subject to : } \quad AX \le b \ [\lambda] \qquad (2)$$

$$x \le x_0 + \varepsilon \qquad [\rho] \qquad (3)$$

$$x \ge 0 \qquad (4)$$

است:

که در آن z ارزش تابع هدف، P بردار $(n\times1)$ قیمت‌های محصول، X بردار $(n\times1)$ غیرمنفی از سطوح فعالیت‌های تولیدی، C بردار $(n\times1)$ از هزینه هر واحد فعالیت، A ماتریس $(m\times n)$ ضرایب فنی در محدودیت-های منابع، b بردار $(m\times1)$ مقادیر منابع در دسترس، $X0$ بردار $(n\times1)$ غیرمنفی از سطوح مشاهده شده فعالیت‌های تولیدی، ε بردار $(n\times1)$ از اعداد مثبت کوچک برای جلوگیری از وابستگی خطی بین محدودیت‌های ساختاری و محدودیت‌های کالیبراسیون، λ بردار $(m\times1)$ از متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های منابع ρ بردار $(n\times1)$ از متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های کالیبراسیون است. با حل مدل فوق، مقادیر دوگان مربوط به محدودیت‌های مذکور که بیانگر قیمت سایه‌ای محصولات تولید شده می باشند، محاسبه می‌شوند. هاویت، پاریس و هاویت، و هکلی بردار مقادیر دوگان ρ مرتبط با محدودیت های کالیبراسیون را به عنوان نماینده‌ای از هر نوع خطای تصریح مدل، خطای داده ها، خطای همجمعی سازی، رفتار ریسکی و انتظارات قیمتی تفسیر کرده‌اند. در کالیبراسیون یک تابع عملکرد غیرخطی کاهشی،

بردار دوگان ρ بیانگر ارزش تولید نهایی و متوسط می‌باشد. علاوه بر آن در کالیبراسیون یک تابع هزینه غیر خطی صعودی، بردار دوگان ρ به عنوان بردار هزینه نهایی تفاضلی تفسیر شده که همراه با بردار (c) هزینه نهایی و واقعی تولید فعالیت مشاهده شده X0 را معلوم می‌کند (پاریس و هاویت، ۱۹۹۸).

مرحله دوم: در مرحله دوم با استفاده از اطلاعات بدست آمده برای قیمت‌های سایه‌ای در مرحله قبل به برآورد تابع هدف غیرخطی پرداخته می‌شود. در این حالت سطوح فعالیت مشاهده شده در دوره پایه توسط مدل غیرخطی مذکور و بدون محدودیت‌های کالیبراسیون بازتولید می‌شود (پاریس، ۲۰۰۱).

مرحله سوم: در مرحله سوم روش PMP پس از برآورد پارامترهای تابع هزینه غیر خطی در مرحله قبل، در تابع هدف مسأله مورد بررسی قرار داده شده و در یک مساله برنامه‌ریزی غیرخطی شبیه به مسأله اولیه به استثناء محدودیت‌های کالیبراسیون ولی همراه با سایر محدودیت‌های سیستمی مورد استفاده قرار می گیرد (بخشی و همکاران، ۱۳۹۰):

$$\text{Maximize } Z = p'x - \hat{d}'x - x'\hat{Q}x/2 \qquad (۵)$$

$$\text{Subject to : } AX \le b \qquad [\gamma] \qquad (۶)$$

$$x \ge 0 \qquad (۷)$$

بردار $\hat{d}'$ و ماتریس $\hat{Q}$ پارامترهای کالیبره شده تابع هدف غیرخطی را نشان می‌دهند. این مدل بدون نیاز به محدودیت کالیبراسیون و با استفاده از تابع هدف کالیبره شده محدودیت‌های منابع به طور دقیق سطوح فعالیت سال پایه را بازتولید می‌کند (جهانگیرپور و همکاران، ۱۳۹۴). در واقع مدل مرحله سوم در مقایسه با مدل مرحله اول فاقد محدودیت‌های کالیبراسیون بوده و تابع هدف آن نیز غیرخطی می باشد.

در این مطالعه با تفکیک قائل شدن میان شرایط مختلف اقلیمی شامل تغییرات نرمال اقلیم، تغییر اقلیم، تغییر پذیری اقلیم و تغییر توامان اقلیم (شامل تغییرپذیری و تغییر همزمان در اقلیم) به بررسی اثرات هر یک بر میزان بارندگی، مصرف آب بخش کشاورزی و همچنین حجم ذخایر آب‌های زیرزمینی کشور پرداخته شده است. از این رو با استفاده از اطلاعات مربوط به هفت محصول عمده زراعی ایران شامل گندم، جو، ذرت، سیب زمینی، چغندر قند، گوجه فرنگی و برنج طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۴ به بررسی روند مصرف آب در بخش کشاورزی و همچنین حجم ذخایر آب‌های زیرزمینی پرداخته شده است. این هدف در مطالعه حاضر، با استفاده از نرم افزار GAMS دنبال گردید. همچنین در بخش هزینه‌ها و تولید محصول جهت محاسبه نیاز آبی از نرم افزار CROPWAT استفاده گردید.

میزان تغییرات در متوسط بارندگی مبنای سناریوهای این تحقیق بوده است. از این رو با استفاده از داده‌های بارش سالانه کشور طی ۱۶ سال در نظر گرفته شده و با استفاده از تکنیک توزیع نرمال چهار سناریوی مختلف اقلیمی مشخص شده است. متوسط بارش در هر واحد زمین (هکتار) از طریق معادله زیر برآورد خواهد شد:

$$Pr_{lksct} = N\sim(\overline{P}_{ct}, s_c) \qquad (۸)$$

که بطور متوسط در Pr_{lksct} ، L بارش برای هر نوع زمین، k تکنولوژی آبیاری، c فروض اقلیم، s روند یارانه‌ها و دوره زمانی t یک تابع از میانگین بارش سالانه $(\overline{P}_{ct})$ تحت شرایط تغییر پذیری و تغییر اقلیم است. در واقع $(\overline{P}_{ct})$ برمی‌گردد به متوسط بارش در هر هزارمترمکعب (CM) در هکتار و S_c به واریانس در بارش سالانه تحت فرضیات اقلیم اشاره دارد. سناریوهای این تحقیق به صورت زیر تعریف شده‌اند:

سناریو اول: سناریوی اول تغییر نرمال اقلیم می‌باشد. که در آن هیچ تغییر یا تغییر پذیری در اقلیم در نظر گرفته نمی‌شود. در این سناریو اعداد تصادفی نرمال

با میانگین بارندگی فعلی و ۰/۰۵ واریانس بارندگی فعلی در نظر گرفته می‌شوند. این فرض با سه فرض دیگر در مورد شرایط آب و هوایی مقایسه می‌شود.

سناریو دوم: فرضیه تغییر اقلیم است، که در آن اعداد تصادفی نرمال با نصف میانگین بارندگی فعلی و ۰/۰۵ واریانس بارندگی فعلی در نظر گرفته می‌شود.

سناریو سوم: فرضیه تغییر پذیری اقلیم است که در آن اعداد تصادفی نرمال با میانگین بارندگی فعلی و ۰/۳۰ واریانس بارندگی فعلی در نظر گرفته می‌شود.

سناریو چهارم: دو فرض دوم و سوم را توامان با خود دارد. به نحوی که اعداد تصادفی نرمال با نصف میانگین بارندگی فعلی و ۰/۳۰ واریانس بارندگی فعلی در نظر گرفته می‌شود.

نتایج و یافته‌های تحقیق

میزان بارندگی، مصرف آب در بخش کشاورزی و حجم ذخایر آبخوان تحت شرایط چهارگانه اقلیمی محاسبه گردیده است. نتایج ارزیابی اثرات این تغییرات در بخش‌های ذیل ارائه می‌گردد.

میزان بارندگی

میزان بارندگی تحت سناریوهای مختلف اقلیمی در ابتدا مورد بررسی قرار گرفته که به شرح جدول ذیل است

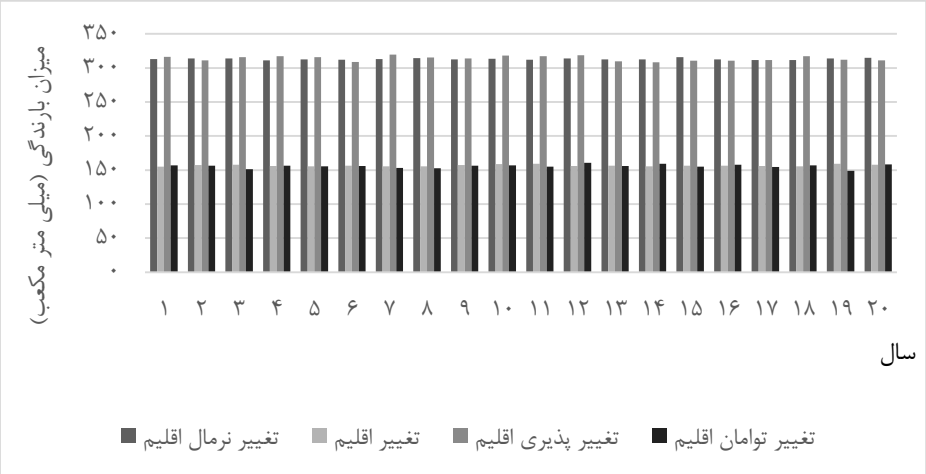
جدول (۱): مقدار بارندگی تجمعی تحت شرایط اقلیمی مختلف

	بارندگی (میلی‌متر)			
سال	تغییر نرمال اقلیم	تغییر اقلیم	تغییرپذیری اقلیم	تغییر توامان اقلیم
۱	۳۱۲/۹۸۷۳	۱۵۵/۲۴۶۲	۳۱۶/۴۵۹۱	۱۵۶/۹۰۷۳
۲	۳۱۳/۷۸۹۷	۱۵۷/۵۷۸۵	۳۱۱/۰۷۲۹	۱۵۶/۳۱۳۳
۳	۳۱۳/۹۵۹۸	۱۵۷/۹۶۳۲	۳۱۵/۶۹۷۴	۱۵۱/۲۹۱۷
۴	۳۱۱/۰۸۸۸	۱۵۵/۷۸۳۴	۳۱۷/۰۶۰۱	۱۵۶/۶۸۶۳
۵	۳۱۲/۴۶۳۷	۱۵۵/۴۳۸۸	۳۱۵/۹۶۵۹	۱۵۵/۷۲۲۸
۶	۳۱۲/۱۶۳۳	۱۵۶/۶۹۷۴	۳۰۸/۹۹۳۲	۱۵۵/۷۸۶۳
۷	۳۱۲/۸۸۶۴	۱۵۵/۴۴۸	۳۱۹/۸۱۶۲	۱۵۳/۲۱۷
۸	۳۱۴/۵۴۹۴	۱۵۵/۵۵۴۵	۳۱۵/۴۴۴۲	۱۵۲/۹۳۵۵
۹	۳۱۲/۴۲۹	۱۵۷/۵۱۹۳	۳۱۳/۸۹۷۵	۱۵۶/۵۱۷۱
۱۰	۳۱۳/۳۸	۱۵۸/۶۵۶۲	۳۱۸/۴۳۶۲	۱۵۷/۱۴
۱۱	۳۱۲/۲۴۱۸	۱۵۹/۴۶۰۳	۳۱۷/۲۶۶۵	۱۵۴/۸۳۵۳
۱۲	۳۱۳/۸۰۹۹	۱۵۵/۹۰۷۷	۳۱۸/۹۱۴۷	۱۶۰/۶۵۷۶
۱۳	۳۱۲/۵۵۰۴	۱۵۶/۴۱۶۶	۳۰۹/۵۵۲۳	۱۵۶/۰۹۳۵
۱۴	۳۱۲/۷۷۱	۱۵۵/۴۸۵۴	۳۰۸/۴۹۲۱	۱۵۹/۰۷۳۸
۱۵	۳۱۵/۷۳۷۲	۱۵۶/۵۵۵۱	۳۱۰/۸۸۸۵	۱۵۴/۹۵۱۴
۱۶	۳۱۲/۴۷۷۳	۱۵۶/۳۶۱	۳۱۰/۹۲۱۴	۱۵۷/۷۶۵۸
۱۷	۳۱۱/۷۵۳۵	۱۵۶/۰۳۰۶	۳۱۱/۷۱۳۲	۱۵۴/۷۵۰۴
۱۸	۳۱۱/۶۵۷۷	۱۵۵/۳۹۱۸	۳۱۷/۳۱۲۷	۱۵۷/۰۲۲۶
۱۹	۳۱۳/۷۷۹۷	۱۵۹/۱۷۰۸	۳۱۲/۲۱۱۴	۱۴۹/۰۸۰۸
۲۰	۳۱۴/۸۶۵۴	۱۵۷/۷۲۴	۳۱۱/۱۹۱۷	۱۵۸/۲۲۱۳
جمع	**۶۲۶۱/۳۴۱۳**	**۳۱۳۴/۳۸۵۶**	**۶۲۸۱/۳۰۷۲**	**۳۱۱۴/۹۶۹۸**
متوسط	**۳۱۳/۰۶۷۰۶۵**	**۱۵۶/۷۱۹۲۸**	**۳۱۴/۰۶۵۳۶**	**۱۵۵/۷۴۸۴۹**

منبع: یافته‌های تحقیق

براساس یافته‌های تحقیق در سناریوی ۴، سناریوی ۲، سناریوی ۱ و سناریوی ۳ به ترتیب کمترین بارندگی وجود خواهد داشت. در سناریوی تغییر نرمال اقلیم در سال‌های ۴، ۱۸ و ۱۷ کمترین و در سال‌های ۱۵، ۲۰ و ۱۸ بیشترین بارندگی ایجاد می‌گردد. بطور متوسط تحت فرض تغییرات نرمال اقلیم طی ۲۰ سال بارندگی بطور متوسط سالانه ۳۱۳/۰۶۷ میلی‌متر و مجموعا ۶۲۶۱/۳۴۱ میلی‌متر بارندگی وجود خواهد داشت. در شرایط تغییر اقلیم مجموعا طی ۲۰ سال ۳۱۳۴/۳۸۵ میلی‌متر و بطور متوسط سالانه ۱۵۶/۷۱۹ میلی‌متر بارندگی وجود خواهد داشت. سال‌های ۱، ۱۸ و ۵ به ترتیب کمترین بارندگی و سال‌های ۱۱، ۱۹ و ۱۰ به ترتیب بیشترین بارندگی وجود خواهد داشت. بر اساس فرض تغییرپذیری اقلیم در سال‌های ۱۶، ۶ و ۱۳ به ترتیب کمترین بارندگی و سال‌های ۷، ۱۲ و ۱۰ به ترتیب بیشترین بارندگی وجود خواهد داشت. بر اساس این فرض مجموعا ۳۱۳۴/۳۸۵ میلی‌متر و بصورت سالانه ۱۵۶/۷۲۰ میلی‌متر بارندگی وجود خواهد داشت.

مطابق نتایج این تحقیق وقوع همزمان تغییرپذیری و تغییر اقلیم سال‌های ۱۹، ۳ و ۸ به ترتیب کمترین بارندگی و سال‌های ۱۲، ۱۴ و ۲۰ بیشترین بارندگی وجود خواهد داشت. همچنین طی این ۲۰ سال مورد در این شرایط مجموعا ۳۱۱۴/۹۷ میلی‌متر و بطور متوسط سالانه ۱۵۵/۷۴۸ میلی‌متر بارندگی وجود خواهد داشت. میزان بارندگی تحت شرایط اقلیمی متفاوت به شرح جدول ذیل است.



شکل (۱): مقدار بارندگی ناشی از تغییرات اقلیمی

منبع: یافته‌های تحقیق

همانگونه که در نمودار فوق نیز مشاهده می‌گردد در شرایط تغییرات اقلیم (فروض ۴ و ۲) به نسبت سایر سناریوهای اقلیمی بارندگی بسیار کمتری وجود خواهد داشت.

میزان مصرف آب بخش کشاورزی در چهار سناریوی اقلیمی

اثر تغییرات مختلف اقلیمی بر مصرف منابع آب در بخش کشاورزی به شرح جدول ذیل می‌باشد

جدول (۲): مقدار مصرف آب بخش کشاورزی تحت فرضیات مختلف اقلیمی

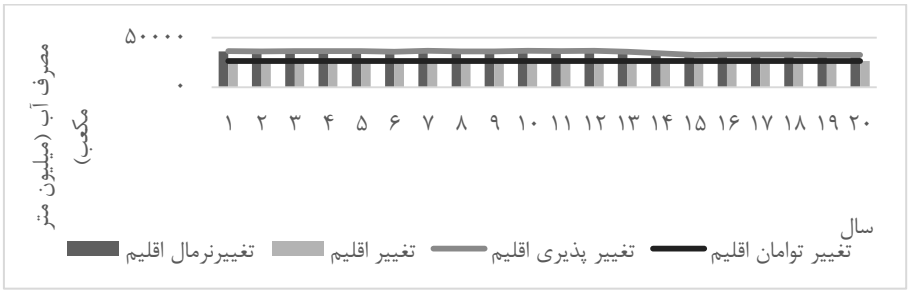
سال	مقدار مصرف آب بخش کشاورزی (میلیون متر مکعب)			
	تغییر نرمال اقلیم	تغییر اقلیم	تغییرپذیری اقلیم	تغییر توامان اقلیم
۱	۳۶۲۶۸/۰۹	۲۶۴۹۴/۷۱	۳۶۵۴۶/۹۴	۲۶۵۳۸/۰۸
۲	۳۶۳۳۲/۴۱	۲۶۵۵۶/۳۲	۳۶۱۱۴/۹۱	۲۶۵۲۲/۲۸
۳	۳۶۳۴۶/۰۶	۲۶۵۶۶/۹۵	۳۶۴۸۵/۶۵	۲۶۴۰۲/۰۳
۴	۳۶۱۱۶/۱۹	۲۶۵۰۸/۴۶	۳۶۵۹۵/۳۵	۲۶۵۳۲/۱۶
۵	۳۶۲۲۶/۱۵	۲۶۴۹۹/۶۱	۳۶۵۰۷/۲۵	۲۶۵۰۶/۹
۶	۳۶۲۰۲/۱۱	۲۶۵۳۲/۴۶	۳۵۹۴۸/۹۹	۲۶۵۰۸/۵۳
۷	۳۶۲۶۰	۲۶۴۹۹/۷۶	۳۶۸۱۷/۸۵	۲۶۴۴۵/۲۵
۸	۳۶۱۰۱/۲۷	۲۶۵۰۲/۵۷	۳۶۱۰۱/۲۷	۲۶۴۳۸/۷
۹	۳۶۱۷۷/۱۷	۲۶۵۵۴/۶۹	۳۶۱۷۷/۱۷	۲۶۵۲۷/۶۷
۱۰	۳۶۲۹۹/۵۶	۲۵۸۶۴/۴۴	۳۶۷۰۶/۳۴	۲۶۵۴۴/۳۶
۱۱	۳۶۲۰۸/۳۹	۲۶۶۰۹/۵۸	۳۶۱۱/۹۸	۲۶۴۸۴/۳۸
۱۲	۳۶۳۳۴/۰۴	۲۶۵۱۱/۶۸	۳۶۷۴۴/۹۸	۲۶۶۴۵/۰۷
۱۳	۳۶۲۳۳/۱	۲۶۵۲۵/۰۱	۳۵۹۹۳/۵۴	۲۶۵۱۶/۵۲
۱۴	۳۴۱۲۱/۱۶	۲۶۵۰۰/۸	۳۴۱۲۱/۱۶	۲۶۵۹۸/۳۹
۱۵	۳۲۷۸۳/۰۹	۲۶۵۲۸/۶۷	۳۲۷۸۳/۰۹	۲۶۴۸۷/۲۹
۱۶	۳۳۰۲۹/۰۳	۲۶۵۲۳/۵۴	۳۳۰۲۹/۰۳	۲۶۵۶۱/۴۸
۱۷	۳۲۹۰۷/۴۲	۲۶۵۱۴/۸۷	۳۲۹۰۷/۴۲	۲۶۴۸۲/۲۷
۱۸	۳۲۸۰۳/۱۵	۲۶۴۹۸/۴۱	۳۲۸۰۳/۱۵	۲۶۴۵۱/۱۸
۱۹	۳۲۷۰۱/۲۴	۲۶۶۰۱/۱۸	۳۲۷۰۱/۲۴	۲۶۳۵۷/۰۳
۲۰	۳۲۶۲۳/۴۷	۲۶۵۶۰/۳۲	۳۲۶۲۳/۴۷	۲۶۵۷۴/۱۶
جمع	۷۰۲۰۷۳/۱	۵۳۰۶۷۶/۰۳	/۷۸ ۷۰۴۳۲۰	۵۳۰۲۱۳/۷۳
متوسط	/۶۵۵	/۸۰۱۵	/۰۳۹	/۶۸۶۵
	۳۵۱۰۳	۲۶۵۳۳	۳۵۲۱۶	۲۶۵۱۰

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج تحقیق موید آن است که طی ۲۰ سال مورد بررسی سناریوهای ۳، ۱، ۲ و ۴ به ترتیب کمترین مصرف آب در بخش کشاورزی را داشته‌اند.

بر این اساس تحت فرض تغییرنرمال اقلیم در سال‌های ۱، ۱۸ و ۵ به ترتیب کمترین مصرف آب و سال‌های ۱۱، ۱۹ و ۱۰ به ترتیب بیشترین مصرف آب در بخش کشاورزی بوقوع خواهد پیوست. همچنین بطور متوسط ۳۵۱۰۳/۶۵۵ میلیون متر مکعب بصورت سالانه و مجموعا ۷۰۲۰۷۳/۱ میلیون مترمکعب طی ۲۰ سال مصرف آب بخش کشاورزی تحت این فرض وجود خواهد داشت. در فرض تغییر اقلیم سال‌های ۱، ۱۸ و ۵ به ترتیب کمترین مصرف آب و سال‌های ۱۱، ۱۹ و ۱۰ به ترتیب بیشترین مصرف آب وجود خواهد داشت. همچنین بطور متوسط سالانه ۲۶۵۳۳/۸۰۱ میلیون مترمکعب و مجموعا ۵۳۰۶۷۶/۰۳ میلیون مترمکعب بوده است.

بر اساس نتایج این تحقیق در شرایط تغییرپذیری اقلیم سال‌های ۲۰، ۱۹ و ۱۵ به ترتیب کمترین مصرف آب در بخش کشاورزی و سال‌های ۷، ۱۲ و ۱۰ به ترتیب کمترین کاهش در مصرف آب بخش کشاورزی ایجاد می‌گردد. متوسط کاهش مصرف آب تحت این فرض بصورت سالانه ۳۵۲۱۶/۰۳۹ میلیون متر مکعب و مجموعا ۷۰۴۳۲۰/۷۸ میلیون مترمکعب بوده است. در فرض تغییرپذیری و تغییر توامان اقلیم سال‌های ۱۹، ۳ و ۸ به ترتیب کمترین مصرف آب و سال‌های ۱۲، ۱۴ و ۲۰ به ترتیب بیشترین مصرف آب بوجود خواهد آمد. متوسط ۲۰ سال مورد بررسی بصورت سالانه ۲۶۵۱۰/۶۸۶ میلیون مترمکعب و مجموع ۲۰ سال ۵۳۰۲۱۳/۷۳ میلیون مترمکعب می‌باشد. روند این مصرف در نمودار ذیل آمده است.



شکل (۲): مصرف آب بخش کشاورزی ناشی از تغییرات اقلیمی (منبع: یافته‌های تحقیق)

میزان حجم ذخایر آبخوان در چهار شرایط اقلیمی

میزان حجم ذخایر آبخوان کشور طی ۲۰ سال مورد بررسی تحت شرایط مختلف اقلیمی به شرح

جدول (۳): کاهش در حجم ذخایر آبخوان کشور

سال	حجم ذخایر آبخوان (میلیون متر مکعب)			
	تغییر نرمال اقلیم	تغییر اقلیم	تغییرپذیری اقلیم	تغییر توامان اقلیم
۱	۵۵۷۷/۹۹۸	۱۱۰۸۶/۵۳	۵۵۴۶/۰۷۶	۱۱۵۶۳/۴۶
۲	۵۵۸۱/۱	۱۱۱۱۳/۶	۵۶۲۹/۷	۱۱۲۰۳/۶
۳	۵۵۷۸	۱۱۰۸۶/۶	۵۵۴۷/۳	۱۱۵۷۵/۴
۴	۵۶۲۹/۴	۱۱۲۴۱/۷	۵۵۲۳/۵	۱۱۱۷۶/۹
۵	۵۶۰۴/۸	۱۱۲۶۶/۶	۵۶۶۷/۶	۱۱۲۴۱/۴
۶	۵۶۱۰/۱	۱۱۱۷۶/۱	۵۶۶۷/۶	۱۱۲۴۱/۴
۷	۵۵۹۷/۱	۱۱۲۶۶/۲	۵۴۷۵/۹	۱۱۴۳۰
۸	۵۲۷۵/۴	۱۱۲۵۸/۲	۵۱۸۷/۷	۱۱۴۵۱/۱
۹	۵۵۵۹/۲	۱۱۱۱۷/۸	۵۴۱۵/۲	۱۱۱۸۸/۹
۱۰	۵۵۸۸/۳	۱۱۰۳۸/۱	۵۴۹۹/۶	۱۱۱۴۴/۷
۱۱	۵۶۰۸/۷	۱۰۹۸۲/۵	۵۵۱۹/۹	۱۱۳۱۰/۵
۱۲	۵۵۸۰/۶	۱۱۲۳۲/۷	۵۴۹۱/۳	۱۰۹۰۰/۶
۱۳	۵۶۰۳/۲	۱۱۱۹۶/۲	۵۶۵۷/۵	۱۱۲۱۹/۴
۱۴	۳۴۶۹/۶	۱۱۲۶۳/۲	۳۸۸۸/۹	۱۱۰۰۹/۱
۱۵	۱۸۴۰/۸	۱۱۱۸۶/۳	۲۳۱۶	۱۱۳۰۲/۱
۱۶	۲۴۰۶/۳	۱۱۲۰۰/۲	۲۵۵۸/۸	۱۱۱۰۰/۴
۱۷	۲۳۵۵/۶	۱۱۲۲۳/۸	۲۳۵۹/۵	۱۱۳۱۶/۷
۱۸	۲۲۶۰/۷	۱۱۲۷۰/۱	۱۷۰۶/۵	۱۱۱۵۳
۱۹	۱۹۵۰/۸	۱۱۰۰۲/۴	۲۱۰۴/۵	۱۱۷۴۷/۱
۲۰	۱۷۶۶/۷	۱۱۱۰۳/۴	۲۱۲۶/۷	۱۱۰۶۸/۵
جمع	۸۸۴۴۴/۴	۲۲۳۳۱۲/۲	۸۸۷۶۴/۷۸	۲۲۵۳۴۹
متوسط	۴۴۲۲/۲۲	۱۱۱۶۵/۶۱	۴۴۳۸/۲۳۹	۱۱۲۶۷/۴۵

مطابق یافته‌های تحقیق و همانگونه که در جدول فوق ملاحظه می‌گردد طی ۲۰ سال آینده به ترتیب در سناریوی ۴، سناریوی ۲، سناریوی ۳ و سناریوی ۱ بیشترین کاهش در حجم ذخایر آبخوان وجود خواهد داشت. بر این اساس تحت سناریو تغییرنرمال اقلیم در سال‌های ۲۰، ۱۵ و ۱۹ کمترین کاهش در حجم و در سال‌های ۴، ۶ و ۱۱ بیشترین کاهش در حجم ذخایر آبخوان وجود خواهد داشت. در این سناریو بطور متوسط سالانه ۴۴۲۲/۲۲ میلیون متر مکعب کاهش در ذخایر آبخوان وجود خواهد داشت.

نتایج نشان می‌دهد در فرض تغییر اقلیم نیز در سال‌های ۱۱، ۱۹ و ۱۰ کمترین کاهش در حجم و در سال‌های ۱۸، ۵ و ۷ بیشترین کاهش در حجم ذخایر آبخوان وجود خواهد داشت. همچنین بطور متوسط سالانه ۱۱۱۶۵/۶۱ میلیون مترمکعب کاهش در ذخایر آبخوان وجود خواهد داشت. در شرایط تغییرپذیری اقلیم در سال‌های ۱۸، ۱۹ و ۲۰ کمترین کاهش در حجم و در سال‌های ۶، ۱۳ و ۲ بیشترین کاهش در حجم ذخایر آبخوان وجود خواهد داشت. حجم ذخایر آبخوان طی این سال‌ها بطور متوسط سالانه ۴۴۳۸/۲۳۹ میلیون مترمکعب می‌باشد.

براساس یافته‌های این مطالعه در فرض تغییرپذیری و تغییر توامان اقلیم نیز در سال‌های ۱۲، ۱۴ و ۲۰ کمترین کاهش در حجم و در سال‌های ۱۹، ۳ و ۱ بیشترین کاهش در حجم ذخایر آبخوان وجود خواهد داشت. حجم ذخایر آبخوان در این سناریو بصورت سالانه ۱۱۲۶۷/۴۵ میلیون مترمکعب خواهد بود. روند این ذخایر بصورت سالانه به شرح نمودار ذیل است.

شکل (۳): کاهش در حجم ذخایر آبخوان‌ها ناشی از تغییرات اقلیمی
منبع: یافته‌های تحقیق

همانگونه که در نمودار فوق نیز مشاهده می‌گردد کاهش در حجم ذخایر آبخوان‌های کشور در شرایط تغییر اقلیم و تغییر توامان اقلیم شدت بسیار بیشتری به نسبت دیگر شرایط آب و هوایی خواهد داشت.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج نشان می‌دهد از میان چهار سناریوی مورد بررسی، سناریوهای تغییر توامان اقلیم و تغییر اقلیم به مراتب شدت اثر بیشتری بر منابع آب خواهند داشت. اولین تاثیر دو سناریوی مذکور کاهش شدید در بارندگی طی ۲۰ سال مورد بررسی به میزان ۵۰ درصد خواهد بود. از سوی دیگر در این شرایط با وجود کاهش در مصرف آب کشاورزی، حجم ذخایر آبی زیرزمینی به شدت کاهش خواهد یافت. آنچکه از نتایج تحقیق بدست می‌آید این است که در صورت تداوم شرایط تغییرات اقلیمی و عدم اتخاذ سیاست‌های مواجهه و سازگاری مناسب با این تغییرات آثار سو این تغییرات غیرقابل اجتناب خواهد بود. کاهش در بارندگی و کاهش در سطح ذخایر آبی کشور در صورتی که همراه با برنامه‌ریزی مناسب در دو بخش مدیریت منابع آب و تولید کشاورزی نباشد آینده زیست طبیعی و انسانی را در کشور با تهدید جدی مواجه خواهد ساخت.

افزایش راندمان آبیاری، جلوگیری از تبخیر آب‌های سطحی، قیمت‌گذاری مناسب آب و آموزش کشاورزان از جمله پیشنهادهایی است که در زمینه مدیریت این شرایط می‌توان ارائه نمود.

منابع

بخشی، ع.، م. دانشور کاخکی و ر. مقدسی. ۱۳۹۰. کاربرد مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به منظور تحلیل اثرات سیاست‌های جایگزین قیمت‌گذاری آب در مشهد. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، جلد ۲۵، شماره ۳، ص ۲۸۴-۲۹۴.

پرهیزکاری، ا.، ا. محمودی و م. شوکت فدایی. ۱۳۹۶. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب در دسترس و تولیدات کشاورزی در حوضه آبخیز شاهرود. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، دوره ۹، شماره ۳۳، ص ۲۳-۵۰.

جلیلی، خ.، ح.ر. مرادی و ا. بزرگ حداد. ۱۳۹۵. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی دشت اسلام آباد و بهینه‌سازی تخصیص سطح اراضی آن، مجله علمی و پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، سال پنجم، شماره ۱۱، ص ۱۱۷-۱۳۱.

جهانگیرپور، د.، غ. پیکانی، ص. حسینی و رفیعی، ح. ۱۳۹۴. اثر سیاست حذف یارانه حامل‌های انرژی بر الگوی کشت زراعی؛ کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (مطالعه موردی حوزه آبریز مهارلو-بختگان)، اقتصاد کشاورزی، جلد ۹، شماره ۳، ص ۶۳-۸۴.

حقیقی، پ و س.ج. ساداتی نژاد. ۱۳۹۵. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی تجدید شونده، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.

رزاقیان، ه.، ک. شاهدی و م، حبیب نژاد روشن. ۱۳۹۵. ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر رواناب حوزه آبخیز بابلرود با استفاده از مدل IHACRES، فصلنامه علمی و پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال ۷، شماره ۲۶، ص ۱۵۹-۱۷۲.

شهرکی، ج.، ا، کبری و س، کیانی قلعه‌سرد. ۱۳۹۶. بررسی نااطمینانی نرخ ارز و صادرات آب مجازی در ایران، فصلنامه علمی و پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال ۸، شماره ۲۹، ص ۶۸-۸۲.

قمقامی م.، ن. قهرمان و س. حجابی. ۱۳۹۳. آشکارسازی تأثیر تغییراقلیم بر خشکسالی‌های هواشناسی در شمال غرب ایران، مجله‌ی فیزیک زمین و فضا، دوره ۴۰، شماره ۱، ص ۱۶۷-۱۸۴.

Arfini, F., M. Donati and Q. Paris. 2003. A national PMP model for policy evaluation agriculture using micro data and administrative information. paper presented at the international conference agricultural policy reform and the WTO: where are we heading?,Capri, Italy.

Dowsett, H.J. and M.M. Robinson. 2013. Paleoceanography, Biological Proxies Planktic Foraminifera, Earth Systems and Environmental Sciences, Encyclopedia of Quaternary Science (Second Edition), 1: 745-755.

Kisaky, V. and B.V. Bruggen. 2018. Effects of climate change on water savings and water security from rainwater harvesting systems, Resources, Conservation & Recycling, Vol 138:49–63.

Malek, K., J. CAdam, O.S. Claudio and R. TroyPeters.2018. Climate change reduces water availability for agriculture by decreasing non-evaporative irrigation losses, Journal of Hydrology, 561: 444-460.

Mo, X.G., U.H. Shi, H. Zhong, X. Su and X. Jun. 2017. Impacts of climate change on agricultural water resources and adaptation on the North China Plain, Advances in Climate Change Research, 8(2): 93-98.

Oki, T. and S. Kanae. 2006. Global hydrological cycles and world water resources [J]. Science, 313(5790): 1068-1072. doi: 10.1126/science.1128845.

Pahl-Wostl, C,. T. Downing and P. Kabat. 2005. Transition to adaptive water management: The NeWater project. NeWater Working Paper 1 [R]. Institute of Environmental Systems Research, University of Osnabrück, Osnabrück, Germany, 2:1-17.

Paris, Q. and R.E Howitt. 1998. An analysis of ill posed production problems using Maximum Entropy, American Journal of Agricultural Economics, 80(1): 124-138.

Pholkern, K., S. Phayom and S. Kriengsak .2018. Potential impact of climate change on groundwater resources in the Central Huai Luang Basin, Northeast Thailand, Science of The Total Environment, 633: 1518-1535.

Varela-Ortega, C., P. Esteve, I. Blanco and G. Carmona .2013. Assessment of Socio-Economic and Climate Change Effects on Water Resources and Agriculture in Southern and Eastern Mediterranean countries. MEDPRO Technical Paper No.28/March 2013.

Xia, J., Q. Duan, Y. Luo, Z. Xie, Z. Liu and X. Mo.2017. Climate Change and Water: Case Study on Eastern Monsoon Region of China, Advances in Climate Change Research, doi: 10.1016/j.accre.2017.03.007.

Zhuang, X.W., Y.P. Li, S. Nie, Y.R. Fan and G.H. Huang. 2018. Analyzing climate change impacts on water resources under uncertainty using an integrated simulation-optimization approach, Journal of Hydrology, 556:523-538.

نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال دهم. شماره سی و هفتم پاییز ۱۳۹۸

Impact of climate change on agricultural water use and water reserves of Iran

Soroush Kiani Ghalehsard[1], Javad Shahraki[2], Ahmad Akbari[3], Ali Sardar Shahraki[4]

Abstract

Climate change is crucially important in Iran given its arid and semiarid climate. It influences water resources, thereby affecting many activities and even threatening human life seriously. The assessment of the extent to which climate change can influence water use and resources can play a decisive role in macro-policymaking. Present study uses positive mathematical programming (PMP) in the context of four climatic scenarios (normal climate change, climate change, climate variability, and concurrent climate change) to explore impacts of these changes on agricultural water use and water resources of Iran in a 20-year period. The results showed that in the context of concurrent climate change and also climate change, in spite of the decrease in water use by the agricultural sector, water resources of Iran are reduced with much higher rate than that under other climatic conditions. According to results, average annual agricultural water use under four studied scenarios will be 35,103.65, 26,533.8, 35,216 and 26,510.69 million m^3, and average rate of annual loss of water resources will be 4,422.2, 11,165.6, 4,438.24, and 11,267.45 million m^3, respectively. Accordingly, changes should be applied in approach to water demand and supply management. Also, policies should be adopted to cope with climate change.

Keywords: climate change, climate variability, water use, water resources, Iran.

[1] PhD student in Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan., Zahedan, iran. 09150350084 Email: soroushkiani@chmail.ir
[2] Associate Professor, Department of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, iran Email: j.shahraki@eco.usb.ac.ir
[3] Professor of Agricultural Economics, Department of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan., Zahedan, iran Email: Akbari@eco.usb.ac.ir
[4] Assistant Professor of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, iran Email: a.shahraki65@gmail.com