دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

ارزیابی اثرات انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیم بر عرضه و تقاضای آب آبیاری و تولیدات کشاورزی در حوزه‌های آبخیز استان قزوین

ابوذر پرهیزکاری[۱] و محمدمهدی مظفری[۲]

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه پیام نور تهران، (نویسنده مسوول: abozar.parhizkari@yahoo.com)
۲- استادیار، دانشگاه بین‌الملل امام خمینی (ره) قزوین
تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۲۳

چکیده

در مطالعه حاضر ابتدا با بهره‌گیری از داده‌های سری زمانی سال‌های ۹۲-۱۳۸۵ و مدل شبیه‌سازی RCM-PRECIS اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای بر متغیرهای اقلیمی دما و بارش تحت سناریوهای مختلف در حوزه‌های آبخیز استان قزوین بررسی شد. سپس، جهت بررسی میزان اثرگذاری متغیرهای دما و بارش بر عملکرد محصولات منتخب از روش حداقل مربعات معمولی (OLS) و تحلیل‌های رگرسیونی استفاده شد. در ادامه با لحاظ نمودن نتایج تحلیل رگرسیونی در مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، میزان تغییرات به وجود آمده در عرضه و تقاضای آب آبیاری و تولیدات بخش کشاورزی در حوزه‌های آبخیز استان قزوین بررسی شد. نتایج نشان داد که انتشار گازهای گلخانه‌ای تحت سناریوهای A، B و C متغیرهای اقلیمی دما و بارش را به میزان ۰/۴۳ تا ۱/۲۷ درجه سانتی‌گراد و ۱۴/۱- تا ۱/۳۱ میلی‌متر متأثر می‌سازد که این امر عملکرد محصولات منتخب را در سطح حوزه‌های آبخیز استان قزوین تغییر می‌دهد. با تغییر در عملکرد، سطح زیرکشت محصولات زراعی از ۱۰/۵۱- تا ۳/۱۷ درصد، میزان عرضه آب آبیاری از ۱۰/۴- تا ۱/۶۴ درصد و میزان تقاضای آب آبیاری از ۱/۶۰ تا ۷/۳۵ درصد تغییر می‌کند. هم‌چنین، نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کمترین کاهش شکاف بین عرضه و تقاضای آب آبیاری در حوزه‌های آبخیز خررود و شاهرود به میزان ۹/۲۰ و ۱/۸۲ درصد حاصل می‌شود.

واژه‌های کلیدی: انتشار گازهای گلخانه‌ای، عرضه و تقاضای آب آبیاری، برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، تولیدات کشاورزی، مدل گردش عمومی، حوزه‌های آبخیز قزوین

مقدمه

انتشار روزافزون گازهای گلخانه‌ای و پدیده‌های ارتباط از راه دور از جمله عواملی هستند که طی دهه‌های اخیر بر سرعت به وجود آمدن پدیده تغییر اقلیم تأثیر گذاشته‌اند. این گازها با صعود به جو زمین و نگه‌داشتن مقدار زیادی از انرژی خورشیدی در خود به گرم‌شدن کره زمین و هوای اطراف آن منجر شده‌اند. اگرچه که مقدار اندکی از این گازها به طور طبیعی در جو زمین وجود دارد، اما فعالیت‌های بشر و آلودگی‌های ناشی از این فعالیت‌ها مقدار گازهای مذکور را به طور غیرطبیعی افزایش داده و در نتیجه، گرمای ناشی از تابش اشعه خورشید در جو زمین محبوس و سبب افزایش دمای کره زمین شده است. گرم شدن دمای هوا نیز به کاهش میزان بارش باران، افزایش تبخیر و تعرق، تغییر جهت وزش باد، افزایش وقوع خشک‌سالی، افزایش مناطق بیابانی و تغییر در حجم منابع آب سطحی و زیرزمینی منجر شده است (۵،۴).

بر اساس گزارشات IPCC[۱] با اطمینان بالا می‌توان گفت که تغییر اقلیم طی دهه‌های اخیر اثرات زیادی بر روی سیستم‌های فیزیکی و بیولوژیکی داشته است. پیش‌بینی‌های انجام شده توسط بسیاری از مدل‌های گردش عمومی حاکی از افزایش تعداد و مقدار وقایع اقلیمی بزرگ و تغییرات بارش در مناطق مختلف دنیا می‌باشد که این مسأله پایداری منابع آب را در آینده متأثر خواهد کرد (۳۱،۲۶).

علاوه بر تشدید عوامل موثر بر تغییر اقلیم و انتشار روز افزون گازهای گلخانه‌ای، عدم شناخت و درک صحیح از میزان آسیب‌پذیری آب‌های سطحی و زیرزمینی نیز باعث بروز سهل‌انگاری‌های زیادی در استفاده از این منابع در کشور شده است (۲۲). گزارشات حاکی از آن است که طی سال‌های اخیر حدود ۲۲۰ دشت از مجموعه ۶۰۹ دشت عمده کشور دارای اضافه برداشت از منابع آب می‌باشند و بیلان آب در این دشت‌ها ۶/۱ میلیارد مترمکعب است (۸).

دشت قزوین نیز به عنوان یکی از دشت‌های مستعد کشور در تولید محصولات کشاورزی، مستثنی از این امر نبوده و همانند بسیاری از دشت‌های کشور بیلان آب زیرزمینی در آن منفی است. سالانه بیش از ۲۰۰ میلیون مترمکعب اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی این دشت صورت می‌پذیرد. مجموع تغذیه آبخوان دشت قزوین ۱۲۶۰/۵ میلیون مترمکعب در سال است، در حالی که مجموع تخلیه این آبخوان به ۱۴۵۸/۶۶ میلیون مترمکعب نیز می‌رسد (۲۰). استفاده از آب‌های سطحی در این دشت به صورت فصلی بوده و در فصول گرم سال که کمبود آب برای آبیاری وجود دارد، آب موردنیاز از طریق چاه‌های حفرشده تأمین می‌شود. این عامل باعث کاهش سالانه ۱/۶ متر سفره‌های آب زیرزمینی و نشست زمین در حدود ۲۵ سانتی‌متر شده است (۱۹).

علاوه بر موارد فوق، استان قزوین به علت هم‌جواری با پایتخت، قرارگرفتن در محور مواصلاتی چندین استان مجاور، دارا بودن بیش از پانزده شهرک صنعتی فعال، نیروگاه تولید برق شهیدرجایی و تعداد بی‌شماری معادن و منابع در حال بهره‌برداری، استعداد بالایی را در تولید گازهای گلخانه‌ای دارد

1- International Panel on Climate Change

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-10-23]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.14.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.151]

(۷). به همین منظور، ارزیابی اثرات انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیم بر عرضه و تقاضای منابع آب و تولیدات کشاورزی در حوزه‌های آبخیز این استان امری ضروری و حائز اهمیت است.

طی سال‌های اخیر، در ارتباط با اثرات تغییرات اقلیم و انتشار گازهای گلخانه‌ای تحقیقات داخلی و خارجی متعددی صورت گرفته است. در داخل کشور، علیزاده و کمالی (۳) به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر افزایش مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد پرداختند. نتایج نشان داد که در صورت افزایش دمای هوا به میزان ۲ درجه سانتی‌گراد نیاز خالص آبیاری با الگوی کشت کنونی ۶ درصد نسبت به وضعیت نرمال افزایش خواهد یافت. شکیبا و همکاران (۲۹) به بررسی اثرات احتمالی تغییر اقلیم و میزان تأثیر تغییرات بارندگی بر حوزه آبخیز جاجرود پرداختند. نتایج، وجود دوره‌های کم‌آبی و پرآبی را در منطقه مطالعاتی نشان داد. با این تفاوت که فاصله زمانی حاکمیت دوره‌های کم‌آبی نسبت به دوره‌های پرآبی بیشتر بوده است.

آبابایی و همکاران (۱) با استفاده از مدل گردش عمومی، پارامترهای اقلیمی منطقه رودشت اصفهان را تحت سناریوهای تغییر اقلیم A_2 (۸۵۷ پی‌پی‌ام غلظت CO_2 و افزایش دمای ۳/۸ درجه) و B_1 (۵۳۸ پی‌پی‌ام غلظت Co_2 و افزایش دمای ۲ درجه) مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که میانگین بارش سالانه در منطقه در طول دوره رشد گیاه و متوسط دمای روزانه تحت هر دو سناریوی تغییر اقلیم افزایش می‌یابد. پورمحمدی و ملکی‌نژاد (۲۴) با استفاده از تکنیک گشتاور خطی به طبقه‌بندی مناطق همگن اقلیمی کشور تحت تأثیر گازهای گلخانه‌ای پرداختند. نتایج، نقش اثرات انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیم را بر جداسازی مناطق همگن کشور طی دوره زمانی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ تحت سناریوهای مختلف نشان داد. پیرنا و همکاران (۲۳) در پژوهشی به بررسی تغییرات اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر و مقایسه آن با تغییرات در مقیاس جهانی و نیمکره شمالی پرداختند. نتایج نشان داد که تغییرات میانگین پنج دوره ده ساله نسبت به میانگین درازمدت و رابطه کلی تغییرات دما و بارندگی در سه ایستگاه رامسر، بابلسر و گرگان به گونه‌ای است که به‌طور کلی با کاهش دما، کاهش بارندگی و با افزایش دما افزایش بارندگی رخ داده است. محمدی قلعه‌نی و همکاران (۱۷) به منظور ارزیابی اثرات عوامل اقلیمی بر افت منابع آب زیرزمینی دشت ساوه از شاخص بارش استاندارد شده SPI استفاده کردند. نتایج، روند افزایشی بارش و روند کاهشی دبی رودخانه‌های قره‌چای و مزلقان را در منطقه نشان داد. ثانی‌خانی و همکاران (۲۷) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل LARS-WG اثرات تغییر اقلیم را تحت سناریوهای اقلیمی A_1B، A_2 و B_1 بر رواناب حوزه آبخیز قره چای در استان مرکزی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که مقدار حداکثر دبی جریان در افق‌های ۱۴۰۰، ۱۴۳۵ و ۱۴۷۰ به ترتیب به میزان ۱۴، ۲۷ و ۴۳ درصد در مقایسه داده‌های تاریخی کاهش خواهد یافت.

در خارج از کشور نیز، زمادزکا (۳۲) پیامدهای تغییرات اقلیم را با تأکید بر دوران نامطلوب تولید کشاورزی در کشور لهستان طی سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۵۱ بررسی کرد. نتایج نشان داد که درجه حرارت بالای تابستان به همراه بارندگی نامناسب موجب بروز دوره‌های خشک و همچنین، خشکسالی‌های متوالی طی دو دهه آخر قرن بیستم شده و این امر باعث کاهش دوره رشد و در نتیجه کاهش میزان تولید غلات شده است. مارکو و تانسن (۱۵) اثر فعالیت‌های اقتصادی را بر روی افزایش گازهای گلخانه‌ای که باعث تغییرات اقلیم می‌شوند، با استفاده از مدل‌های پیچیده زیست‌محیطی بررسی کردند. نتایج نشان داد که استفاده از تکنیک‌های بهینه‌سازی غیرخطی برای پیدا کردن مقادیر بهینه مصرف کل در آینده با توجه به محدودیت‌های خاص زیست‌محیطی، برای کنترل مستمر و پویای این عوامل مناسب می‌باشند.

کونور و همکاران (۶) با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی به تخمین اثر تغییرات اقلیمی بر آبیاری حوزه پایین ماری استرالیا پرداختند. نتایج نشان داد که در سناریوهای تغییر اقلیم شدیدتر، هزینه‌های بیش‌تری برآورد شده و تغییر از کشت محصولات سالانه به دائمی در این حالت سودمندتر خواهد بود. سانچیس و فیجوبلو (۲۸) پدیده تغییر اقلیم و اثرات نهایی آن را بر بخش کشاورزی اروپا، با بهره‌گیری از الگوی تصمیم‌گیری چندمعیاره مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که اثرات تغییر اقلیم نه تنها از نظر اقتصادی و محیطی سطح زیرکشت محصولات را کاهش داده، بلکه به لحاظ اجتماعی نیز باعث بیکاری در بخش کشاورزی شده است. جونگ و چانگ (۱۴) در مطالعه‌ای به ارزیابی روندهای رواناب آینده تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم در حوزه رودخانه ویلامت اورگان آمریکا پرداختند. نتایج، روندهای منفی در رواناب بهار و تابستان و روندهای مثبت در رواناب پائیز و زمستان را برای دوره زمانی ۲۰۹۹-۲۰۰۰ نشان داد.

هدف اصلی این تحقیق، ارزیابی اثرات انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیم بر عرضه و تقاضای آب آبیاری و تولیدات کشاورزی در حوزه‌های آبخیز استان قزوین می‌باشد. برای این منظور، ابتدا با بهره‌گیری از مدل شبیه‌سازی RCM-PRECI[1] اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای بر متغیرهای اقلیمی بررسی شد. سپس، جهت بررسی میزان اثرگذاری متغیرهای دما و بارش بر عملکرد محصولات منتخب از روش حداقل مربعات معمولی[2] (OLS) استفاده شد. در پایان با لحاظ‌نمودن نتایج تحلیل رگرسیونی در مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت[3] (PMP)، میزان تغییرات عرضه و تقاضای آب آبیاری و تولیدات بخش کشاورزی در حوزه‌های آبخیز استان قزوین بررسی شد.

مواد و روش‌ها

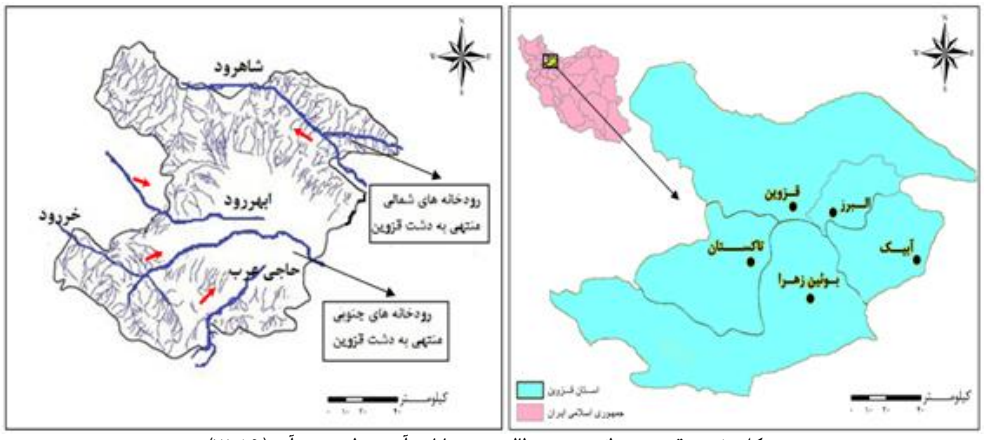
منطقه مطالعاتی

استان قزوین در حوزه مرکزی ایران با مساحتی معادل ۱۵۸۲۱ کیلومتر مربع قرار دارد. از شمال با استان‌های مازندران و گیلان، از غرب با استان‌های همدان و زنجان، از

1- Regional Climate Model-Providing Regional Climates for Impacts Studies
2- Ordinary Least Squares
3- Positive Mathematical Programing

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-10-23]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.14.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.151]

جنوب با استان مرکزی و از شرق با استان تهران هم‌جوار می‌باشد و به علت موقعیت منحصر به فرد دشت قزوین یکی از مناطق مستعد کشور برای تولید محصولات کشاورزی است. مساحت این دشت حدود ۴۵۰ هزار هکتار و میانگین بارش باران در آن ۲۳۴/۱ میلی‌متر است که حدود هشت درصد کمتر از متوسط بارندگی در کشور می‌باشد (۲۵). آب‌های سطحی در این استان در دو حوزه آبخیز شمالی (حوزه سفید رود) و جنوبی (حوزه رود شور) جاری می‌باشند. حوزه آبخیز شمالی شامل رودخانه‌های طالقان رود و الموت رود است که با هم شاهرود را تشکیل می‌دهند. این حوزه با میانگین آورد سالانه ۷۵۰ میلیون مترمکعب در شهر لوشان از استان قزوین خارج می‌شود. حوزه آبخیز جنوبی نیز شامل رودخانه‌های حاجی‌عرب، خررود، ابهررود و رودخانه‌های کوچک دامنه‌های جنوبی البرز می‌باشد (شکل ۱ جریانات آب سطحی را در منطقه نشان می‌دهد). این حوزه با میانگین آورد سالانه ۱۶ میلیون مترمکعب در رودخانه حاجی‌عرب، ۲۶ میلیون مترمکعب در رودخانه خررود، ۳۳ میلیون مترمکعب در رودخانه ابهررود و ۲۵۰ میلیون مترمکعب در رودخانه‌های فصلی و کوچک دامنه جنوبی البرز، جمعاً حدود ۳۵۰ میلیون مترمکعب آب سطحی را به مناطق کشاورزی منتهی به جنوب دشت قزوین وارد می‌کند (۱۹).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و جریانات آب سطحی در آن (۲۵،۱۹)
Figure 1- Location of the study area and its surface water flows (19,23)

مدل شبیه‌سازی RCM-PRECIS

امروزه مدل‌های زیادی برای تعیین کمی اثرات هیدرولوژیکی تغییر اقلیم با استفاده از داده‌های مدل‌های گردش عمومی[1] (GCM) مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما شفافیت مکانی مناسبی بین نتایج مدل‌های گردش عمومی و داده‌های مورد نیاز برای مدل‌های هیدرولوژیکی وجود نداشته و این مسئله همواره به عنوان یک چالش مطرح بوده است. جهت فایق آمدن بر مشکلات فوق، مدل‌های اقلیم ناحیه‌ای[2] (RCM) توسعه داده شده‌اند (۳۰). مدل‌های RCM ابزارهای مناسبی برای سنجش اثرات تغییر اقلیم و مقیاس‌گذاری روابط بین انتشار گازهای گلخانه‌ای و متغیرهای اقلیمی (دما، بارش، تابش و ...) می‌باشند. این مدل‌ها را *مدل‌های منطقه‌ای محدود* نیز می‌نامند که سطح معینی را تحت پوشش خود قرار داده و تحلیل آماری حاصل از آن‌ها برای فاصله ۵۰ کیلومتری منطقه مورد بررسی (منطقه نمونه) از اعتبار بالایی برخوردار می‌باشد (۱۳).

از جمله مهم‌ترین این مدل‌ها که هزینه‌های محاسباتی کمی را نیز دارا می‌باشد، مدل RCM-PRECIS است. این مدل که ابتدا توسط جیورگی و اویتسون (۹) توسعه یافت، ترکیبی از مدل‌های اقلیم ناحیه‌ای و مطالعات آب و هوای منطقه‌ای است که در هر نقطه از جهان قابلیت استفاده دارد. تحلیل در این مدل براساس حجم گازهای گلخانه‌ای منتشر شده در سطح بین زمین و اتمسفر صورت می‌گیرد. در واقع، این مدل قابلیت سنجش میزان متغیرهای اقلیمی (دما و بارش، تابش و ...) را برحسب غلظت گازهای گلخانه‌ای انتشاریافته در جو پیرامون زمین دارا می‌باشد (۱۲). امروزه با پیدایش و توسعه مدل RCM-PRECIS، تحلیل اثرات تغییر اقلیم و عوامل ایجادکننده آن بر مدیریت منابع آب و تولید بخش کشاورزی بیش از گذشته اهمیت پیدا کرده است (۱۳). در مطالعه حاضر، با بهره‌گیری از مدل RCM-PRECIS بررسی میزان اثرات انتشار گازهای گلخانه‌ای بر متغیرهای اقلیمی دما و بارش در هر یک از حوزه‌های آبخیز استان قزوین بر اساس سه سناریوی A (انتشار سریع گازهای گلخانه‌ای در جو زمین، غلظت بیشتر از ۴۸۰ پی‌پی‌ام)، B (انتشار متوسط و رو به بالای گازهای گلخانه‌ای، غلظت بین ۴۸۰-۳۵۰ پی‌پی‌ام) و C (انتشار متوسط و رو به پایین گازهای گلخانه‌ای، غلظت کمتر از ۳۵۰ پی‌پی‌ام) صورت گرفت.

تحلیل رگرسیونی با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی (OLS)

در این مرحله، با به‌کارگیری روش حداقل مربعات معمولی روند تغییر و معنی‌داری هر یک از متغیرهای دما و بارش سالانه و تأثیرات آن‌ها بر متوسط عملکرد محصولات منتخب

1-General Circulation Models
2- Regional Climate Models

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-10-23]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.14.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.151]

(Y_i) در حوزه‌های آبخیز استان قزوین، طی دوره ۸ ساله (۱۳۹۲-۱۳۸۵) با استفاده از بسته نرم‌افزاری Eviews بررسی و تابع عملکرد محصولات به صورت زیر تعریف شد:

رابطه (۱) $$Y_i = f\left(T_i, S_i\right) \qquad \forall i = 1, 2, ..., 7$$

که در آن، Y_i: متوسط عملکرد محصول i، T_i: متوسط دما و S_i: متوسط بارش سالانه است. با توجه به داده‌های موجود، بهترین برازش با استفاده از یک مدل اقتصادسنجی صورت گرفت و یک رابطه معنی‌دار بین پارامترهای تغییر اقلیم و عملکرد محصولات به صورت زیر دست آمد:

رابطه (۲) $$Y_i = Q(1) + Q(2) * S + Q(3) * T + \left[R(1) = Q(4)\right]$$

رابطه (۲)، بهترین برازش ممکن را بین متغیرهای توضیحی دما (T) و بارش (S) و متغیر وابسته عملکرد محصول (Y_i) نشان می‌دهد. $Q(1)$، $Q(2)$، $Q(3)$ و $Q(4)$ ضرائب تابع خودرگرسیونی هستند (۲). جهت رفع خودهمبستگی از فرآیند خودرگرسیون مرتبه اول $R(1)$ استفاده شد (۱۸).

مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)

مدل PMP اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط هوویت معرفی شد. ایده کلی در این مدل، استفاده از اطلاعات موجود در متغیرهای دوگان محدودیت‌های واسنجی است که جواب مسأله برنامه‌ریزی خطی را به سطح فعالیت‌های موجود محدود می‌کند. مقادیر دوگان برای تصریح تابع هدف غیرخطی‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند که سطح فعالیت‌های مشاهده شده را مجدداً از طریق جواب بهینه‌ی مسئله برنامه‌ریزی جدیدی که فاقد محدودیت‌های واسنجی است، بازسازی می‌کند (۱۰). تعیین سطح تجمیع مکانی (فضایی)[1] برای تعریف دامنه‌ی کاری مدل PMP حائز اهمیت است. این سطح به جای تحلیل سیاست‌ها در یک بعد وسیع، ترکیبی از ویژگی‌های محلی یا منطقه‌ای را با مجموعه داده‌های کوچک‌تر لحاظ نموده و سیاست‌های مورد نظر را در سطح مناطق تعیین شده مورد بررسی قرار می‌دهد (۲۱). مدل PMP ارائه شده در این مطالعه مطابق با شرایط منطقه در سه مرحله پیاپی و به صورت زیر واسنجی شد:

مرحله اول: حل مدل برنامه‌ریزی خطی و تعیین قیمت‌های سایه‌ای: این مرحله شامل حل یک مدل برنامه‌ریزی خطی جهت حداکثرنمودن بازده ناخالص بهره‌برداران با توجه به محدودیت‌های منابع و واسنجی می‌باشد. پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی، قیمت‌های سایه‌ای برای محدودیت‌های مدل به دست می‌آیند (۱۰). شکل ریاضی این مرحله به صورت زیر می‌باشد:

رابطه (۳) $$Max\ \Pi = \sum_{r=1}^{5}\sum_{i=1}^{4}\left(P_{ri}Y_{ri} - \sum_{j=1}^{4} a_{jir}C_{jir}\right)x_{rij}$$

Subject to:

رابطه (۴) $$\sum_{r=1}^{4}\sum_{i=1}^{5} a_{rij}x_{rij} \le b_{rj} \qquad \left[\mathrm{a}_{ri}^{j}\right]$$

رابطه (۵) $$x_{rij} \le \tilde{x}_{rij} + £ \qquad \left[\mathrm{a}_{ri}^{c}\right]$$

رابطه (۶) $$x_{rij} \ge 0 \qquad \forall r, i, j$$

رابطه (۳) تابع هدف مدل برنامه‌ریزی خطی می‌باشد که در آن، Π مجموع سود ناخالص کشاورزان، r تعداد حوزه‌های آبخیز، i تعداد محصولات و j تعداد عوامل تولید می‌باشد. P_{ri} و Y_{ri} به ترتیب قیمت و عملکرد محصول i در حوزه آبخیز r، C_{jir} هزینه نهاده j برای تولید محصول i در حوزه آبخیز r و x_{rij} سطح زیرکشت محصول i که با نهاده j در حوزه آبخیز r تولید می‌شود، می‌باشد. a_{jir} نیز نسبت استفاده هر عامل تولید به زمین را نشان می‌دهد و از رابطه ($a_{irj} = \tilde{x}_{irj} / \tilde{x}_{ir,land}$) به دست می‌آید (۱۶). رابطه (۴) محدودیت منابع را در مناطق مورد بررسی نشان می‌دهد و برای نهاده‌های آب، زمین، نیروی‌کار و سرمایه تعریف می‌شود. در این رابطه، b_{rj} کل منابع دردسترس برای تولید محصولات در هر منطقه می‌باشد. رابطه (۵) محدودیت واسنجی مدل را نشان می‌دهد که در آن $\tilde{x}_{rij}$ مقدار مشاهده شده سطح فعالیت‌ها در سال پایه و £ مقدار مثبت کوچکی است. a_{ri}^{j} در رابطه (۴) مقادیر دوگان محدودیت سیستمی و a_{ri}^{c} در رابطه (۵) مقادیر دوگان محدودیت واسنجی را نشان می‌دهد. رابطه (۶) نیز بیانگر محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها است (۱۱).

مرحله دوم: تخمین تابع هزینه کوادراتیک[2] (درجه دوم) و ضرایب آن

در این مرحله، از مقادیر دوگان (قیمت‌های سایه‌ای) محاسبه‌شده برای محدودیت‌های سیستمی مدل در مرحله اول، برای تخمین تابع هزینه درجه دوم استفاده می‌شود. شکل ریاضی این تابع به صورت زیر می‌باشد:

رابطه (۷) $$TC_{rij}(x_{rij}) = -\frac{1}{2}\sum_{r=1}^{4}\sum_{i=1}^{5}\sum_{j=1}^{4} ¥_{rij}\, x_{rij}^{2}$$

در رابطه فوق، $¥_{rij}$: پارامتر مقیاس تابع هزینه می‌باشد و با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود (۱۰):

رابطه (۸) $$¥_{rij} = \begin{cases} \mathrm{a}_{ri}^{j} / \tilde{x}_{rij} & if\ \tilde{x}_{rij} \ne 0 \\ \mathrm{a}_{ri}^{j} / x_{rij} & if\ \tilde{x}_{rij} = 0 \end{cases}$$

مرحله سوم: تبیین مدل نهایی واسنجی‌شده

در این مرحله، تابع هدف واسنجی شده در یک مسأله برنامه‌ریزی غیرخطی همراه با محدودیت‌های مدل (به استثناء محدودیت‌های واسنجی) شبیه به مرحله اول حل می‌شود و مدل غیرخطی واسنجی‌شده به طور صحیح سطوح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه را بازسازی می‌کند (۲۱). برای مدل تجربی مورد استفاده در این مطالعه، سیستم برنامه‌ریزی غیرخطی به صورت روابط زیر ساخته می‌شود:

1-SpatialAggregation

2- Quadratic Cost Function

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-10-23]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.14.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.151]

$$Max\ \Pi = \sum_{r=1}^{5}\sum_{i=1}^{4} \ddot{Y}_{ri} P_{ri}\, x_{rij} - \sum_{r=1}^{5}\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{4} a_{jir} C_{jir} x_{rij} - \frac{1}{2}\sum_{r=1}^{4}\sum_{i=1}^{5}\sum_{j=1}^{4} ¥_{rij}\, x_{rij}^{2}$$ رابطه (۹)

Subject to:

$$\sum_{r=1}^{4}\sum_{i=1}^{5} x_{rij} \le \sum_{r=1}^{4}\sum_{i=1}^{5} \tilde{x}_{rij}$$ رابطه (۱۰)

$$\sum_{r=1}^{4}\sum_{i=1}^{5} ETX_{rij} . X_{rij} / \bar{}_{r} \le W_{r}$$ رابطه (۱۱)

$$\sum_{r=1}^{4}\sum_{i=1}^{4} k_{ri} . x_{rij} \le TK_{r}$$ رابطه (۱۲)

$$\sum_{r=1}^{4}\sum_{i=1}^{4} La_{ri} . x_{rij} \le TLa_{r}$$ رابطه (۱۳)

$$x_{rij} \ge 0 \qquad \forall r, i, j$$ رابطه (۱۴)

رابطه (۹) تابع هدف غیرخطی مدل می‌باشد. رابطه (۱۰) محدودیت نهاده زمین است و نشان می‌دهد که کل سطح زیر کشت محصولات از مجموع سطح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه تجاوز نمی‌کند. رابطه (۱۱) محدودیت نهاده آب را نشان می‌دهد که در آن ETX_{rij}: نیاز آبی محصول، $\bar{}_{r}$: راندمان آبیاری و w_{r}: منابع آب دردسترس در حوزه r می‌باشد. رابطه (۱۲) بیانگر محدودیت سرمایه است که در آن k_{ri}: ضریب فنی هزینه در واحد سطح محصول i و TK_{r}: کل سرمایه دردسترس در حوزه آبخیز r است. رابطه (۱۳) محدودیت نیروی‌کار را نشان می‌دهد که در آن La_{ri}: نیروی‌کار لازم برای تولید محصول i و TLa_{r}: کل نیروی‌کار قابل دسترس در حوزه آبخیز r می‌باشد. رابطه (۱۴) نیز محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها را نشان می‌دهد.

پس از تعیین میزان تغییرات متغیرهای اقلیمی دما و بارش در اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای و بررسی اثرات این متغیرها بر عملکرد محصولات منتخب، تغییرات به وجود آمده در عرضه و تقاضای آب آبیاری و میزان تولیدات کشاورزی در حوزه‌های آبخیز استان قزوین مورد بررسی و تحلیل قرارگرفت.

نتایج و بحث

جدول یک، میانگین دما و بارش سالانه‌ی صورت گرفته طی سال‌های ۹۲-۱۳۸۵ را در هر یک از حوزه‌های آبخیز استان قزوین نشان می‌دهد:

جدول ۱- وضعیت متغیرهای دما و بارش در حوزه‌های آبخیز استان قزوین طی دوره ۹۲-۱۳۸۵

Table 1. Situation of temperature and precipitation variables in Qazvin province watershed during 2005-2013

حوزه آبخیز	متغیراقلیمی	میزان متغیر اقلیمی در سال مورد نظر						
		۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
شاهرود	دما (c°)	۱۶/۱	۱۷/۵	۱۶/۹	۱۷/۷	۱۸/۲	۱۸/۰	۱۷/۸
	بارش(mm)	۲۴۷/۵	۲۴۱/۲	۲۴۴/۰	۲۳۹/۸	۲۳۶/۰	۲۳۸/۳	۲۴۰/۶
ابهررود	دما (c°)	۱۷/۶	۱۸/۲	۱۷/۹	۱۸/۶	۱۹/۱	۱۷/۸	۱۸/۳
	بارش(mm)	۲۳۹/۳	۲۳۱/۰	۲۳۳/۴	۲۲۹/۶	۲۲۱/۸	۲۳۵/۶	۲۳۰/۲
خررود	دما (c°)	۱۷/۹	۱۸/۶	۱۸/۳	۱۸/۸	۱۹/۴	۱۸/۸	۱۸/۵
	بارش (mm)	۲۲۸/۴	۲۲۳/۷	۲۲۶/۰	۲۲۰/۹	۲۱۶/۵	۲۱۹/۴	۲۲۲/۵
حاجی‌عرب	دما (c°)	۱۸/۳	۱۹/۰	۱۸/۵	۱۹/۳	۱۹/۹	۱۹/۲	۱۹/۶
	بارش (mm)	۲۲۵/۷	۲۲۰/۸	۲۲۳/۴	۲۱۸/۰	۲۱۳/۶	۲۱۷/۱	۲۱۱/۸

با توجه به جدول یک، ملاحظه می‌شود که روند تغییرات دما در حوزه‌های آبخیز استان قزوین طی دوره مورد بررسی صعودی می‌باشد، در حالی که میزان بارش سالانه با روندی نزولی همراه بوده است. بیشترین افزایش دما در سال ۱۳۹۰ رخ داده که میزان بارش را نیز به صورت چشم‌گیری کاهش داده است. به طور کلی، داده‌های جدول یک افزایش دما و کاهش بارش را برای سال‌های ۹۲-۱۳۸۵ در حوزه‌های آبخیز استان قزوین نشان می‌دهند.

جدول دو، نتایج حاصل از مدل شبیه‌سازی RCM-PRECIS را نشان می‌دهد. درواقع، این جدول میزان تغییرات دما و بارش را تحت سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح هر یک از حوزه‌های آبخیز استان قزوین بازگو می‌کند. نتایج به دست آمده از مدل شبیه‌سازی RCM-PRECIS نشان می‌دهد که با انتشار گازهای گلخانه‌ای و افزایش غلظت مجموعه این گازها به میزان بیشتر از ۴۸۰ پی‌پی‌ام (تحت سناریوی A) در اتمسفر، متغیرهای دما و بارش بیش‌ترین تغییرات را در اقلیم حوزه‌های آبخیز استان قزوین تجربه می‌کنند. تحت این شرایط، حوزه آبخیز خررود بیش‌ترین افزایش دما (۱/۲۷ درجه سانتی‌گراد) و بیش‌ترین کاهش بارش (۱۴/۱- میلی‌متر) را به خود اختصاص داده است. در بین حوزه‌های آبخیز استان قزوین، با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای (تحت سناریوی A) کم‌ترین تغییرات دمایی و بارشی به ترتیب ۰/۹۲ درجه سانتی‌گراد و ۸/۲۷- میلی‌متر بوده که در حوزه آبخیز شاهرود رخ داده است. افزون بر نتایج فوق، با توجه به جدول ۲ ملاحظه می‌شود که با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در فضای ۵۰ کیلومتری اتمسفر حوزه‌های آبخیز استان قزوین میزان متغیر اقلیمی دما روندی نزولی داشته و از شدت افزایش آن کاسته شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-10-23]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.14.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.151]

متغیر اقلیمی بارش نیز روندی فزآینده داشته و با کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای میزان ریزش نزولات در حوزه‌های آبخیز این استان افزایش یافته است. ملاحظه می‌شود که در شرایط انتشار رو به پایین گازهای گلخانه‌ای و غلظت کمتر از ۳۵۰ پی‌پی‌ام (تحت سناریوی C) روند تغییرات دما در حوزه‌های آبخیز استان قزوین هم چنان مثبت، اما در مقایسه با سناریوهای A و B با کاهش همراه بوده است. به طور کلی، نتایج حاکی از آن است که با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای میزان متغیر اقلیمی دمای هوا در سطح حوزه‌های آبخیز استان قزوین کم‌تر از یک درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است (از ۰/۴۳ درجه سانتی‌گراد برای حوزه رودخانه خررود تا ۰/۵۸ درجه سانتی‌گراد برای حوزه رودخانه ابهررود متغیر بوده است). با کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای در سطحی کم‌تر از ۳۵۰ پی‌پی‌ام، میزان متغیر اقلیمی بارش برای حوزه‌های آبخیز ابهررود و خررود به ترتیب ۰/۸۵ و ۱/۱۶ میلی‌متر کاهش یافته، اما برای حوزه‌های آبخیز شاهرود و خررود این متغیر به ترتیب با ۱/۳۱ و ۱/۰۹ میلی‌متر افزایش همراه بوده است.

جدول ۲- تغییرات میانگین دما و بارش تحت سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای در حوزه‌های آبخیز استان قزوین

Table 2. Average changes of temperature and precipitation under different scenarios of greenhouse gas emissions in the watersheds of Qazvin

حوزه آبخیز	میزان تغییرات دما (°c)			میزان تغییرات بارش (mm)		
	سناریو A	سناریو B	سناریو C	سناریو A	سناریو B	سناریو C
شاهرود	۰/۹۲	۰/۶۴	۰/۵۲	-۸/۲۷	-۴/۴۳	۱/۳۱
ابهررود	۱/۱۳	۰/۷۱	۰/۵۸	-۱۰/۹	-۵/۱۶	-۰/۸۵
خررود	۱/۲۷	۰/۶۹	۰/۴۳	-۱۴/۱	-۷/۰۸	-۱/۱۶
حاجی‌عرب	۱/۱۹	۰/۶۶	۰/۵۴	-۱۱/۳	-۵/۷۱	۱/۰۹

جدول سه، نتایج حاصل از تحلیل رگرسیونی را برای اثرگذاری متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر عملکرد محصولات منتخب در حوزه‌های آبخیز استان قزوین نشان می‌دهد. جهت بررسی میزان تغییرات عملکرد محصولات منتخب در هر یک از حوزه‌های آبخیز، ابتدا توابع رگرسیونی عملکرد محصولات بر حسب متغیرهای اقلیمی دما و بارش با استفاده از داده‌های سری زمانی سال‌های ۹۲-۱۳۸۵ تخمین زده شد و سپس میزان تغییرات هر عامل اقلیمی (دما و بارش) مطابق با اثرگذاری انتشار گازهای گلخانه‌ای (جدول ۲) در توابع تخمین‌زده شده عملکرد محصولات گنجانده شد و از این طریق میزان تغییرات عملکرد برای هر محصول در هر یک از حوزه‌های آبخیز محاسبه شد.

جدول ۳- درصد تغییرات عملکرد محصولات منتخب تحت سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای

Table 3. Changes percentage in the selected products yields under different scenarios of greenhouse gas emissions

محصولات منتخب	سناریو اقلیمی	حوزه‌های آبخیز استان قزوین			
		شاهرود	ابهررود	خررود	حاجی‌عرب
گندم آبی	A	-۱/۸۴	-۲/۰۹	-۲/۰۰	-۲/۲۷
	B	-۱/۰۶	-۱/۴۳	-۱/۰۸	-۱/۵۵
	C	۰/۱۴	-۰/۴۷	-۰/۳۱	-۰/۶۹
جو آبی	A	-۱/۰۸	-۱/۲۷	-۱/۱۶	-۲/۰۹
	B	-۰/۶۳	-۰/۸۸	-۰/۷۹	-۱/۱۳
	C	۰/۳۰	۰/۱۶	-۰/۲۱	-۰/۴۵
ذرت دانه‌ای	A	-۲/۱۹	-۲/۵۵	-۳/۱۸	-۲/۹۰
	B	-۱/۴۷	-۱/۶۰	-۲/۲۴	-۱/۸۳
	C	-۰/۵۲	-۰/۷۱	-۱/۳۳	-۱/۰۵
گوجه‌فرنگی	A	-۴/۰۶	-۳/۲۸	-۳/۲۳	-۲/۹۱
	B	-۳/۱۱	-۲/۵۷	-۲/۴۱	-۱/۱۵
	C	-۱/۸۶	-۱/۰۹	-۰/۹۷	-۰/۳۴
یونجه	A	-۲/۰۲	-۱/۸۶	-۳/۱۱	-۲/۶۵
	B	-۰/۹۳	-۰/۷۰	-۰/۸۳	-۰/۷۷
	C	۰/۱۷	۰/۲۸	-۰/۳۳	-۰/۲۴

با توجه به نتایج مندرج در جدول سه، ملاحظه می‌شود که انتشار گازهای گلخانه‌ای با افزایش دمای هوا و کاهش بارش در حوزه‌های آبخیز استان قزوین منجر به کاهش عملکرد محصولات منتخب می‌شود. بیش‌ترین تأثیرات انتشار گازهای گلخانه‌ای بر روی عملکرد محصولات منتخب حوزه‌های آبخیز خررود و حاجی‌عرب و کمترین تأثیرات انتشار گازهای گلخانه‌ای بر روی عملکرد محصولات حوزه آبخیز شاهرود می‌باشد. علت این امر، غلظت بیش‌تر مجموعه گازهای گلخانه‌ای ناشی از شهرک‌های صنعتی شهرستان‌های الوند و بوئین‌زهرا در اتمسفر اطراف حوزه‌های آبخیز خررود و حاجی‌عرب باشد.

بیش‌ترین تغییرات به وجود آمده در عملکرد مربوط به محصول گوجه‌فرنگی و در حوزه آبخیز شاهرود می‌باشد. علت این امر بارش بیشتر باران و انتشار گاز گلخانه‌ای بخار آب در

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-10-23]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.14.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.151]

این حوزه است که عملکرد محصول گوجه‌فرنگی را به صورت چشم‌گیری کاهش داده است. افزون بر نتایج فوق، ملاحظه می‌شود که با کاهش گازهای گلخانه‌ای و غلظت کمتر از ۳۵۰ پی‌پی‌ام آن‌ها عملکرد محصولاتی مانند جوآبی و یونجه در حوزه‌های آبخیر شاهرود و ابهررود و عملکرد محصول گندم آبی در حوزه شاهرود در مقایسه با سال پایه افزایش یافته است. به طور کلی، با مقایسه عملکرد محصولات در سناریوهای حداکثر و حداقل A و C، ملاحظه می‌شود که با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای عملکرد کلیه محصولات منتخب در حوزه‌های آبخیز استان قزوین با روندی صعودی همراه است. به عنوان مثال، عملکرد محصول ذرت دانه‌ای در حوزه‌های آبخیز شاهرود، ابهررود، خررود و حاجی‌عرب تحت سناریوی حداکثر انتشار گازهای گلخانه‌ای (سناریوی A) به ترتیب ۲/۱۹، ۲/۵۵، ۳/۱۸ و ۲/۹ درصد در مقایسه با سال پایه کاهش یافته است، در حالی که میزان کاهش عملکرد این محصول در شرایط کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای به میزان کمتر از ۳۵۰ پی‌پی‌ام (سناریوی C) در حوزه‌های آبخیز فوق به ترتیب ۰/۵۲، ۰/۷۱، ۱/۳۳ و ۱/۰۵ درصد می‌باشد. تغییرات عملکرد جوآبی نیز در حوزه‌های آبخیز استان قزوین در مقایسه با سایر محصولات، حساسیت کم این محصول را نسبت به انتشار گازهای گلخانه‌ای نشان می‌دهد.

جدول ۴، میزان تغییرات سطح زیرکشت محصولات منتخب را در هر یک از حوزه‌های آبخیز استان قزوین تحت سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای نشان می‌دهد. با توجه به نتایج این جدول، ملاحظه می‌شود که با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای کشاورزان حوزه‌های آبخیز استان قزوین از سطح زیرکشت محصولاتی نظیر ذرت دانه‌ای، گوجه‌فرنگی و یونجه کاسته و به سمت کشت محصولاتی نظیر گندم و جو آبی متمایل می‌شوند. علت این امر آن است با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و به دنبال آن افزایش دما و کاهش بارش، زارعین استان قزوین در هر یک از حوزه‌های آبخیز از سطح زیرکشت محصولات پرآبی مانند ذرت دانه‌ای، گوجه‌فرنگی و یونجه می‌کاهند و میزان منابع آب دردسترس را به کشت محصولات با نیاز آبی کمتر (گندم و جو آبی) تخصیص می‌دهند.

جدول ۴- درصد تغییرات سطح زیرکشت محصولات منتخب تحت سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای

Table 4. Changes percentage in the selected products acrage under different scenarios of greenhouse gas emissions

محصولات منتخب	سناریو اقلیمی	حوزه‌های آبخیز استان قزوین			
		شاهرود	ابهررود	خررود	حاجی‌عرب
گندم آبی	A	۰/۴۷	۰/۳۶	۰/۸۹	۱/۰۲
	B	۱/۸۰	۱/۳۳	۲/۰۶	۲/۳۳
	C	۲/۱۳	۱/۸۹	۲/۴۷	۲/۱۴
جو آبی	A	۰/۸۸	۰/۶۵	۱/۱۶	۱/۲۹
	B	۲/۰۷	۱/۸۴	۲/۲۵	۲/۶۱
	C	۳/۳۵	۲/۷۷	۳/۶۰	۳/۲۰
ذرت دانه‌ای	A	-۳/۴۱	-۴/۰۰	-۴/۴۵	-۳/۹۴
	B	-۱/۹۴	-۲/۱۷	-۳/۱۰	-۲/۸۴
	C	-۰/۶۷	-۰/۸۵	-۱/۲۷	-۱/۰۵
گوجه‌فرنگی	A	-۴/۱۶	-۳/۲۸	-۴/۷۰	-۴/۱۳
	B	-۳/۰۸	-۲/۷۵	-۳/۶۵	-۳/۰۹
	C	-۱/۱۹	-۱/۲۱	-۱/۳۰	-۱/۱۱
یونجه	A	-۲/۴۰	-۲/۵۷	-۳/۴۱	-۳/۲۶
	B	-۱/۳۵	-۱/۱۸	-۲/۵۴	-۲/۱۷
	C	-۰/۴۵	-۰/۳۰	-۰/۶۳	-۰/۵۹
مجموع سطح زیرکشت	A	-۸/۶۲	-۸/۸۴	-۱۰/۵۱	-۹/۰۲
	B	-۲/۵۶	-۲/۹۳	-۴/۹۸	-۳/۱۶
	C	۳/۱۷	۲/۳۰	۲/۸۷	۲/۵۹

افزون بر یافته‌های فوق، نتایج مدل PMP نشان می‌دهد که تمایل کشاورزان جهت افزایش سطح زیرکشت محصولات گندم و جو آبی و کاهش سطح زیرکشت محصولات با نیاز آبی بالاتر در حوزه‌های آبخیز حاجی‌عرب و خررود بیشتر از سایر حوزه‌ها می‌باشد. محصولات گوجه‌فرنگی و ذرت دانه‌ای با توجه به اینکه نیاز آبی بالایی دارند، با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای بیشترین تغییرات سطح زیرکشت را به خود اختصاص می‌دهند. افزون بر این، با توجه به نتایج به دست آمده ملاحظه می‌شود که تحت سناریوی A، با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای مجموع سطح زیرکشت محصولات زراعی در حوزه‌های آبخیز شاهرود، ابهررود، خررود و حاجی‌عرب به ترتیب ۸/۶۲، ۸/۸۴، ۱۰/۵۱ و ۹/۰۲ درصد نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد، در حالی که تحت سناریوی C، با کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای به میزان کمتر از ۳۵۰ پی‌پی‌ام مجموع سطح زیرکشت محصولات زراعی در حوزه‌های نامبرده به ترتیب ۳/۱۷، ۲/۳۰، ۲/۸۷ و ۲/۵۹ درصد افزایش می‌یابد. این امر حاکی از آن است که کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تمایل زارعین را برای افزایش سطح زیرکشت محصولات زراعی در حوزه‌های آبخیز استان قزوین افزایش می‌دهد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-10-23]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.14.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.151]

جدول ۵، درصد تغییرات عرضه و تقاضای آب آبیاری را تحت سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای (سناریوهای A، B و C) در هر یک از حوزه‌های آبخیز استان قزوین نشان می‌دهد. مقادیر مثبت و منفی در این جدول حاکی از میزان افزایش و کاهش عرضه و تقاضای آب آبیاری طی دوره ۹۲-۱۳۸۵ در هر یک از حوزه‌های آبخیز می‌باشد.

با توجه به نتایج جدول ۵، ملاحظه می‌شود که با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای تحت سناریوهای مختلف، میزان تقاضای آب آبیاری طی دوره ۹۲-۱۳۸۵ افزایش یافته است. این امر مربوط به تغییرات سطح زیرکشت پس از اعمال سناریوهای A، B و C در هر یک از حوزه‌های آبخیز استان قزوین می‌باشد. با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و بیشتر شدن غلظت آن‌ها از ۴۸۰ پی‌پی‌ام (تحت سناریوی A) میزان تقاضای آب آبیاری توسط کشاورزان در حوزه آبخیز شاهرود بیش از سایر حوزه‌ها (۵/۸۹ درصد) و در حوزه آبخیز خررود کمتر از سایر حوزه‌ها (۳/۷۴ درصد) افزایش می‌یابد. علاوه بر این، نتایج حاکی از آن است که با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطحی کمتر از ۳۵۰ پی‌پی‌ام (تحت سناریوی C) میزان تقاضای آب کشاورزی از ۳/۹ درصد برای حوزه آبخیز ابهررود تا ۷/۳۵ درصد برای حوزه آبخیز شاهرود متغیر می‌باشد. میزان عرضه آب آبیاری نیز با توجه به روند تغییرات انتشار گازهای گلخانه‌ای و به دنبال آن تغییرات دما و بارش از ۲/۱۸- تا ۸/۲۷- درصد در حوزه‌های آبخیز استان قزوین متغیر می‌باشد. به طور کلی، نتایج جدول ۵ حاکی از آن است که انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر به افزایش تقاضا و کاهش عرضه آب آبیاری در حوزه‌های آبخیز استان قزوین شده است. با مقایسه درصد تغییرات عرضه آب آبیاری در حالت حداکثر و حداقل انتشار گازهای گلخانه‌ای (سناریوهای A و C) ملاحظه می‌شود که کاهش عرضه آب آبیاری همسو و هم‌جهت با کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای قرار دارد و تنها در یک مورد کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر اطراف حوزه رودخانه شاهرود به میزان کمتر از ۳۵۰ پی‌پی‌ام سبب افزایش عرضه آب آبیاری شده است. علت این امر، افزایش بارش و رگبارهای پراکنده در مناطق کوهستانی و ارتفاعات اطراف این حوزه آبخیز می‌باشد.

جدول ۵- درصد تغییرات عرضه و تقاضای آب تحت سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای

Table 5. Changes percentage of water demand and supply in under different scenarios of greenhouse gas emissions

حوزه آبخیز	عرضه آب آبیاری			تقاضای آب آبیاری		
	سناریو A	سناریو B	سناریو C	سناریو A	سناریو B	سناریو C
شاهرود	-۵/۸۷	-۳/۳۹	۱/۶۴	۵/۸۹	۳/۱۴	۷/۳۵
ابهررود	-۷/۵۲	-۴/۹۰	-۲/۹۱	۵/۲۳	۲/۸۸	۳/۹۰
خررود	-۱۰/۴	-۶/۸۳	-۳/۰۵	۳/۷۴	۱/۶۰	۵/۶۸
حاجی‌عرب	-۸/۲۷	-۵/۷۰	-۲/۱۸	۴/۲۰	۲/۳۵	۴/۲۱

جدول ۶، درصد تغییرات ایجاد شده بین شکاف عرضه و تقاضای آب آبیاری (عرضه آب منهای تقاضای آب) را تحت سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای (A، B و C) در هر یک از حوزه‌های آبخیز استان قزوین (شاهرود، ابهررود، خررود و حاجی‌عرب) نشان می‌دهد.

جدول ۶- درصد تغییرات شکاف بین عرضه و تقاضای آب آبیاری تحت سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای

Table 6. Changes percentage of the gap between supply and demand of water in under different scenarios of greenhouse gas emissions

حوزه آبخیز	سال پایه (۱۳۸۵)	سال مرجع (۱۳۹۲)	شکاف بین عرضه و تقاضا در سال مرجع		
			سناریو A	سناریو B	سناریو C
شاهرود	-۱/۸۲	-۶/۴۹	-۱۱/۷۶	-۶/۵۳	-۵/۷۱
ابهررود	-۳/۰۷	-۸/۷۳	-۱۲/۷۵	-۷/۷۸	-۶/۸۱
خررود	-۴/۱۱	-۹/۲۰	-۱۴/۱۴	-۸/۴۳	-۸/۷۳
حاجی‌عرب	-۲/۹۵	-۸/۲۶	-۱۲/۴۷	-۸/۰۵	-۶/۳۹

کاهش شکاف بین عرضه و تقاضای آب آبیاری به منزله کاهش عرضه و افزایش تقاضای آب آبیاری می‌باشد. با توجه به جدول ۶، ملاحظه می‌شود که شکاف بین عرضه و تقاضای آب آبیاری در سال مرجع (۱۳۹۲) به میزان بیشتری نسبت به سال پایه (۱۳۸۵) کاهش یافته است. این امر نشان می‌دهد که طی در سال مرجع میزان عرضه آب تحت تأثیر افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و به دنبال آن افزایش دما و کاهش بارش بیشتر از عرضه آب در سال پایه می‌باشد. هم‌چنین، میزان تقاضای آب توسط زارعین در سال مرجع به علت مسئله افزایش دما و کاهش بارش بیشتر از حجم آب تقاضا شده در سال پایه است. بیشترین کاهش به وجود آمده در شکاف بین عرضه و تقاضای آب آبیاری در سال مرجع در حوزه آبخیز خررود و کمترین کاهش آن در حوزه آبخیز شاهرود رخ داده است. افزون بر این، نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای تحت سناریوی A، شکاف بین عرضه و تقاضای آب آبیاری به میزان بیشتری نسبت به سال مرجع کاهش می‌یابد، اما با کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای به میزان ۴۸۰-۳۵۰ پی‌پی‌ام (سناریوی B) و کمتر از ۳۵۰ پی‌پی‌ام (سناریوی C) شکاف عرضه و تقاضای آب آبیاری در سطحی پایین‌تر از سال مرجع کاهش می‌یابد. کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای می‌تواند از یک طرف با افزایش عرضه آب آبیاری و از طرف دیگر با کاهش تقاضای

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-10-23]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.14.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.151]

آب به پایداری و تعادل منابع آب دردسترس زارعین در حوزه‌های آبخیز استان قزوین کمک نماید.

طی سال‌های اخیر، اگرچه که مطالعات بسیاری در زمینه تغییر اقلیم ناشی از افزایش دما و کاهش بارش صورت گرفته، اما اثرات تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر تولیدات بخش کشاورزی و عرضه و تقاضای آب آبیاری تحلیل و بررسی نشده است. اغلب مطالعات صورت گرفته در این زمینه نیز، اثرات انتشار گازهای گلخانه‌ای را بر فعالیت‌های اقتصادی ارزیابی نموده‌اند.

نتایج تحقیق حاضر که با استفاده از یک سیستم مدل‌سازی جامع و کاربردی مشتمل بر مدل گردش عمومی RCM-PRECIS، روش اقتصادسنجی حداقل مربعات معمولی (OLS) و مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) صورت گرفت، نشان داد که انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌تواند تأثیرات شدیدی را بر متغیرهای اقلیمی دما و بارش و در نتیجه بر عملکرد محصولات کشاورزی و میزان عرضه و تقاضای آب آبیاری داشته باشد. همان طوری که در این تحقیق مشاهده شد، انتشار گازهای گلخانه‌ای تحت سناریوهای A، B و C متغیرهای اقلیمی دما و بارش را طی دوره ۹۲-۱۳۸۵ به میزان ۰/۴۳ تا ۱/۲۷ درجه سانتی‌گراد و ۱۴/۱- تا ۱/۳۱ میلی‌متر متأثر می‌سازد. تغییرات به وجود آمده در متغیرهای اقلیمی دما و بارش نیز عملکرد محصولات منتخب را در سطح هر یک از حوزه‌های آبخیز استان قزوین تغییر داده و در نهایت بر سطح زیرکشت محصولات زراعی و میزان عرضه و تقاضای آب آبیاری اثر می‌گذارد. این نکته یکی از مهم‌ترین یافته‌های تحقیق حاضر می‌باشد. بدین معنی که با انتشار گازهای گلخانه‌ای تحت سناریوهای اقلیمی A، B و C مجموع سطح زیرکشت محصولات منتخب طی دوره ۹۲-۱۳۸۵ در حوزه‌های آبخیز استان قزوین از ۱۰/۵۱- تا ۳/۱۷ درصد تغییر می‌کند. با تغییرات به وجود آمده در الگوهای کشت، میزان عرضه آب آبیاری از ۱۰/۴- تا ۱/۶۴ درصد و میزان تقاضای آب آبیاری از ۱/۶۰ تا ۷/۳۵ درصد تغییر می‌کند که این موضوع یکی دیگر از یافته‌های تحقیق حاضر است. با تغییر میزان عرضه و تقاضای آب آبیاری، عدم تعادل در انتقال آب بین حوزه‌های آبخیز به وجود می‌آید که در این حالت می‌توان با برآورد شکاف بین عرضه و تقاضای آب آبیاری تصمیمات درخور و مناسبی را جهت پایداری منابع آب اتخاذ نمود. مطالعه حاضر به بررسی اثرات انتشار گازهای گلخانه‌ای بر عرضه و تقاضای منابع آب و میزان تولیدات کشاورزی طی دوره جاری یا سال‌های اخیر می‌پردازد، اما می‌توان از روش مورد استفاده در این مطالعه جهت بررسی تغییرات مولفه‌های مورد بررسی در دوره‌های آتی نیز استفاده کرد. به طور کلی، تحقیق حاضر می‌تواند سطح آگاهی مسئولین و مدیران را به ویژه در بخش‌های کشاورزی و مدیریت منابع آب نسبت به اثرات انتشار گازهای گلخانه‌ای و سایر عوامل اقلیمی بیش از پیش افزایش دهد تا بتوانند علاوه بر تعیین الگوهای بهینه کشت و افزایش بازده تولیدات بخش کشاورزی، جهت مدیریت و پایداری منابع آب در حوزه‌های آبخیز از یک سو و مقابله با اثرات تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای از سوی دیگر برنامه‌ریزی مناسبی را داشته باشند.

منابع

1. Ababayi, B., T. Sohrabi, F. Mirzayi, V. Rezaverdi and B. Karimi. 2011. Effects of Climate Change on Wheat Yield and the Risk Analysis of it (Case Study: Region of Esfahan Roddasht). Journal of Water and Soil Science, 1: 136-150 (In Persion).
2. Abrishami, H. 2003. Principles of Econometrics, Third Edition, Published by Tehran University, pp: 11-43 (In Persion).
3. Alizade, A. and Q. Kamali. 2005. Assessment Effect of Climate Change on Increasing Water Use in Mashhad Plain. Journal of Geographical Research, 17: 189-201 (In Persion).
4. Angel, J. 2008. Potential Impacts of Climate Change on Water Availability. Illinois State Water Survey, Institute of Natural Resource Sustainability, 12: 397-409.
5. Cacho, O., R. Hean, K. Ginoga and R. Wise. 2008. Economic Potential of Land-Use Change and Forestry for Carbon Sequestration and Poverty Reduction. Part 1 Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, pp: 33-67.
6. Connor, J., M. Kirby, K. Schwabe, A. Liukasiewics and D. Kaczan. 2008. Impacts of Reduced Water Availability on Lower Murray Irrigation, Australia. Socio-Economics and the Environment in Discussion, CSIRO Working Paper Series, pp: 7-11.
7. Department of Energy. 2011. Greenhouse Gas Emissions and These Effects on Air and Climate System in Country, Environmental Protection organization, No: 37 (In Persion).
8. Falsafizade, N. and M. Sabouhi. 2011. Assessment Effect of Climate Change on Products of Agriculture Sector. Journal of Agricultural Economics and Development, 26: 272-286 (In Persion).
9. Georgi, F. and B. Hewitson. 2001. Regional Climate Information Evaluation and Projections, in Climate Change, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 121: 1413-1449.
10. He, L., T.M. Horbulyk, M.K. Ali, D.G.L. Roy and K.K. Klein. 2012. Proportional Water Sharing vs.Seniority-Based Allocation in the Bow River Basin of Southern Alberta. Agricultural Water Management, 104: 21-31.
11. Howitt, R.E., J. Medellin-Azuara, D. MacEwan and R. Lund. 2012. Calibrating Disaggregate Economic Models of Agricultural Production and Water Management. Science of the Environmental Modeling and Software, 38: 244-258.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-10-23]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.14.6]

[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.151]

12. Islam, S., N. Rehman and M.M. Sheikh. 2009. Future Change in the Frequency of Warm and Cold Spells over Pakistan by the Precis Regional Climate Model. Climate Change, 94: 35-45.
13. Jones, R.G., M. Noguer, D.C. Hassell, D. Hudson, S.S. Wilson, G.J. Jenkins and J.F.B. Mitchell. 2004. Generating High Resolution Climate Change Scenarios Using Precis; Met Office Hadley Centre: Exeter, pp: 64-79.
14. Jung, II.W. and H. Chang. 2010. Assessment of future Runoff Trends under Multiple Climate Change Scenarios in the Willamette River Basin, Oregon, USA. Journal of Hydrology, 16: 63-87.
15. Marco, A. and L. Tanssen. 2004. Optimization of a Nonlinear Dynamical System for Global Climate Change, European Journal of Operational Research, 2: 322-335.
16. Medellan-Azuara, J., J.J. Harou and R.E. Howitt. 2011. Predicting Farmer Responses to Water Pricing, Rationing and Subsidies Assuming Profit Maximizing Investment in Irrigation Technology. Science of the Agricultural Water Management, 108: 73-82.
17. Mohammadi Ghaleni, M., K. Ebrahimi and Sh. Araghinejad. 2013. Evaluation Impact of Drought, Extraction and Construction of Dam on the Groundwater Drop-Case Study Saveh Aquifer, Journal of Water and Soil Conservation, 19: 189- 203 (In Persion).
18. Noferesti, M. 2008. Unit Root and Co-Integration in Econometrics, First Printing and Resa publishing, pp: 85-113 (In Persion).
19. Parhizkari, A. 2012. Determination Economic Value of Irrigation Water and Farmers' Response to Price and Non-Price Policies in Qazvin Province, the Thesis Submitted for the Degree of M.Sc in the Field of Agricultural Economics, University of Zabol, Iran, 130 pp (In Persion).
20. Parhizkari, A. and M. Sabuhi. 2012. Simulation Farmers' Response to Reducing Available Water Policy, Journal of Water and Irrigation Management, 3: 59-74 (In Persion).
21. Parhizkari, A., M. Sabuhi and S. Ziaee. 2012. Simulation Water Market and Analysis of the Effects Irrigation Water Sharing Policy on Cropping Patterns under Conditions of Water Shortage, Journal of Agricultural Economics and Development, 27: 242-252 (In Persion).
22. Parhizkari, A., M.M. Mozaffari, M. Hoseini Khodadadi and R. Parhizkari. 2015. Study of Effective Factors on Farmers' Participation of Shahroud River Basin (Qazvin Province) in Use of Soil and Water Conservation Practices Using of Multinomial Logit Model. Journal of Watershed Management Research, 7: 241-253 (In Persion).
23. Pirnia, A., M. Habibnejad Roshan and K. Solaimani. 2012. Investigation of Precipitation and Temperature Changes in Caspian Sea Southern Coasts and Its Comparison with Changes in Northern Hemisphere and Global Scales. Journal of Watershed Management Research, 6: 90-100 (In Persion).
24. Poormohammadi, S. and H. Malekinezhad. 2013. Classification of Homogeneous Climatic Regions under the Impact of Climate Change and Greenhouse Gas Emissions Scenarios Using L-Moments Technique in Iran, Journal of Watershed Management Research, 4: 58-76 (In Persion).
25. Sabouhi, M. and A. Parhizkari. 2012. Analysis of the Economic and Welfare Impacts of Establishment Irrigation Water Market in Qazvin Province, Journal of Agricultural Economics and Development, 27: 338-350 (In Persion).
26. Sanikhani, H., Y. Dinpajoh, S. Pouryusef, S.Z. Ghavidel and B. Solati. 2013. The impacts of Climate Change on Runoff in Watersheds (Case Study: Ajichay Watershed in East Azerbaijan Province, Iran), Journal of Water and Soil, 27: 1225-1234 (In Persion).
27. Sanikhani, H., M.R. Gohardoust and M. Sadeghi. 2016. The Impacts of Climate Change on Runoff of Ghareh-Chay Basin in Markazi Province, Iran. Journal of Watershed Management Research, 7: 12-22 (In Persion).
28. Sanchis, F.M. and M.L. Feijoo-Bello. 2009. Climate Change and Its Marginalizing Effect on Agriculture, Ecological Economics, 68: 896-904.
29. Shakiba, A., B. Bahak and Z. Monorian. 2009. The Effects of Precipitation Changes on Surface Water Flows and Permanent in Tehran Province, Case Study: Jajroud River, Journal of Geographical Perspective, 3: 111-134 (In Persion).
30. Srikanthan, R. and T.A. McMahon. 2001. Stochastic Generation of Annual, Monthly and Daily Climate Data. A Review Hydrology and Earth Systems Sciences, 5: 653-670.
31. Vaseghi, A. and A. Esmaili. 2008. Effect of Climate Change on Agriculture Sector in Iran: Ricardian Method (Case Study: Wheat), Technology of Agriculture and Natural Resources Science, 45: 685-696 (In Persion).
32. Żmudzka, E. 2004. The Climatic Background of Agricultural Production in Poland 1951-2000, Miscellanea Geographic, 11: 127-137.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-10-23]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.14.6]

[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.151]

Assessment the Effects of Greenhouse Gases Emission and Climate Change on Supply and Demand of Irrigation Water and Agricultural Products in Watersheds of Qazvin Province

Abozar Parhizkari[1] and Mohammad Mahdi Mozafari[2]

1- P.hD Student, Payame Noor University of Tehran Shargh
(Corresponding author: abozar.Parhizkari@yahoo.com)
2- Associate Professor, Imam Khomeini International University Qazvin
Received: June 3, 2014 Accepted: June 13, 2015

Abstract

According to the importance of this issue in present study first using of time series data of years 2006-2012 and RCM-PRECIS simulation model the impacts of greenhouse gases emission on climatic variables temperature and precipitation under different scenarios in watersheds of Qazvin province was investigated. Then, in order to assess the impacts of climatic variables temperature and precipitation on selected products yield from ordinary least squares (OLS) method and regression analysis was used. In followed, by consider the result of regression analysis in positive mathematical programing (PMP) model the amount of the created variation in supply and demand of irrigation water and agricultural output in watersheds of Qazvin province was investigated. The results showed that emission of greenhouse gases under scenarios A, B and C affects the climatic variables temperature and precipitation about 0/43 to 1/27 °C and -14/1 to 1/31 mm. This case changes selected products yield in the surface of each river basin of Qazvin province. Change in yield affects acreage of agricultural crops about -10/51 to 3/17 percent, the amount of irrigation water supply about -10/4 to 1/64 percent and the amount of irrigation water demand about 1/60 to 7/35 percent. Also, the results showed that maximum and minimum decrease in the gap between supply and demand of irrigation water happens in Kharroud and Shahroud watersheds and about 9/20 and 1/82 percent.

Keywords: Agricultural products, General circulation model, Greenhouse gases emission, Positive mathematical programing, Supply and demand of irrigation water, Watersheds of Qazvin

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-10-23]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.14.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.151]