ارزیابی اثرات نابهنگامی تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی و وضعیت درآمدی کشاورزان اراضی پایین‌دست سد طالقان

ابوذر پرهیزکاری*

تاریخ دریافت: ۹۵/۵/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۶/۵/۱۶

چکیده

تغییر اقلیم پدیده‌ای است که از راه اثرات مستقیم تغییر دما و بارش بر بخش کشاورزی تأثیرگذار است. به همین منظور، در این پژوهش اثرات نابهنگامی تغییر اقلیم بر تولیدات بخش کشاورزی و وضعیت درآمدی کشاورزان در سطح منطقه‌ای و در محدوده مطالعاتی اراضی پایین‌دست سد طالقان ارزیابی شد. ابتدا الگوی رفتاری متغیرهای اقلیمی دما و بارش طی دوره ۱۳۹۵-۱۳۷۰ بررسی شد و سپس با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی اثر متغیرهای بالا بر عملکرد محصولات منتخب اراضی پایین‌دست سد طالقان بررسی شد. در ادامه، با لحاظ کردن نتایج تحلیل‌های رگرسیونی در مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی چند دوره‌ای (MP-PMP) با رهیافت تابع هزینه ترانسندنتال، اثر سناریوی تلفیقی دو درجه افزایش دما و پانزده میلی‌متر کاهش بارش بر تولیدات کشاورزی و وضعیت درآمدی کشاورزان اراضی پایین‌دست سد طالقان تحلیل شد. نتایج نشان دادند که با اعمال سناریوی تلفیقی بالا، عملکرد جو آبی، ذرت دانه‌ای، چغندر قند و یونجه به ترتیب ۱۴/۹، ۱۹/۱، ۱۷/۴ و ۱۳/۰ درصد افزایش و عملکرد گندم آبی، گوجه فرنگی و کلزا به ترتیب ۲۱/۴، ۱۶/۵ و ۲۶/۲ درصد کاهش می‌یابد. مجموع بازده ناخالص کشاورزان نیز نسبت به سال پایه ۵/۱۶ درصد کاهش می‌یابد و از ۹۲۰۸ به ۸۷۳۳ میلیون ریال می‌رسد. در پایان، با توجه به نابهنگامی تغییرات اقلیمی در برنامه‌ریزی منطقه‌ای، برای افزایش مقدار تولید محصولات کشاورزی در اراضی پایین‌دست سد طالقان پیشنهاد می‌شود که ابتدا به عامل بهبود عملکرد در واحد سطح (با توجه به اثرات مثبت تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات منتخب) پرداخته شود و توسعه سطح زیرکشت محصولاتی چون ذرت، چغندر و یونجه در اولویت بعدی قرارگیرد.

طبقه‌بندی JEL: C61، Q14، Q54، R11، R58

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، برنامه‌ریزی منطقه‌ای، وضعیت درآمد کشاورزان، مدل MP-PMP، سد طالقان.

۱- دانشجوی دکترای اقتصاد کشاورزی دانشگاه پیام نور تهران.

*- نویسنده مسئول: Abozar.parhizkari@yahoo.com

پیشگفتار

تغییر اقلیم و افزایش گرمای جهانی از مهم‌ترین مسایل روز دنیا بشمار می‌روند. با پیشرفت بخش صنعت و مکانیزه شدن امور در قرن نوزدهم و رشد روز افزون فعالیت‌های بشری، تغییرات گوناگونی در زندگی انسان‌ها به وقوع پیوسته است. استفاده بیش از حد از منابع ذخیره‌ای و سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ، نفت و گاز سبب شکل‌گیری و تشدید گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر زمین شده است (باتیس[1] و همکاران، ۲۰۰۸). در این راستا، رشد مداوم جمعیت بر روی کره زمین افزون بر ایجاد تغییرات گسترده در سطح اراضی، جنگل‌ها و منابع ذخیره‌ای، منجر به افزایش فعالیت‌های کشاورزی و دامداری شده و اثرات مخرب و منفی دیگری را هم به همراه داشته است. پدیده تغییر اقلیم یکی از این اثرات است که نقشی مهم و به‌سزا را در بخش کشاورزی داشته است (انگل[2] ۲۰۰۸؛ محمودی و پرهیزکاری، ۱۳۹۴). این پدیده همان گونه که تحت تأثیر فعالیت‌های بشر قرار دارد، می‌تواند اثراتی گوناگون را بر فعالیت‌های انسانی بر جای گذارد. یکی از پیامدهای مهم ناشی از تغییر اقلیم طی دوره‌های اخیر در کره زمین، افزایش فشار فعالیت‌های بی‌حد و حصر بشر بر محیط‌زیست است (نجف پور، ۱۳۸۵).

با نگاهی به نقشه جهانی بارش دیده می‌شود که بارش‌های انجام‌گرفته در سطح کره زمین تغییرات زیادی را به همراه داشته‌اند. با توجه به آخرین پژوهش‌های انجام شده و در دسترس، میانگین بارش سالانه در سطح کره زمین ۷۰۰ الی ۹۰۰ میلی‌متر گزارش شده است. مناطقی مانند کوههای وایالیال در منطقه هاوایی سالانه در حدود ۱۲ هزار میلی‌متر و یا منطقه چراپونچی در خلیج بنگال سالانه حدود ۱۱ هزار میلی‌متر بارش دریافت می‌کنند؛ در حالی که در برخی از بیابان‌ها سال‌های زیادی است که هیچ گونه بارشی اتفاق نیفتاده است (رامشت، ۱۳۷۵).

تغییرپذیری اقلیم موضوعی است که امروزه مورد توجه تمامی اقلیم‌شناسان قرار گرفته است. تغییرات اقلیم در تمام پدیده‌های زیست‌محیطی موثر است. بررسی و شناخت این تغییرپذیری در برنامه‌ریزی ناحیه‌ای و منطقه‌ای اهمیت بسیاری دارد. تغییرپذیری اقلیم از الگوهای خاصی پیروی می‌کند که این الگوها متناسب با موضوعات و مسایل منطقه‌ای مصداق معینی را به خود می‌گیرند (محمدی و جاوری، ۱۳۸۵). در کشور ما (ایران) با توجه به ناپایداری شرایط اقلیمی، عدم توزیع یکنواخت زمانی- مکانی بارش و تغییرات نابسامان دمای هوا توجه به پایداری منابع آب، چگونگی تولید محصولات کشاورزی، تغییرات کاربری اراضی و شیوه‌های مقابله با خشکی و خشکسالی ضروری است (غیور و مسعودیان، ۱۳۷۶).

---

[1]- Bates
[2]- Angel

اراضی پایین‌دست سد طالقان با میانگین بارش سالانه ۲۳۴/۱ میلی‌متر (در حدود هشت درصد کم‌تر از میانگین بارندگی در سطح کشور است) در بخش میانی استان قزوین واقع شده‌اند (سازمان هواشناسی استان قزوین، ۱۳۹۴). در دهه‌های اخیر، کاهش بارش و افزایش دمای هوا در این محدوده مشکلات زیادی را در زیربخش کشاورزی و بویژه در زمینه تولید محصولات زراعی به بوجود آورده است. آب‌های سطحی در این منطقه از راه بارندگی، جریان‌های ذخیره‌ای پشت سد و تشکیل رودخانه‌های فصلی حاصل می‌شوند. در فصول گرم سال کاهش بارندگی و نبود این منابع موقت (رودخانه‌های فصلی) سبب شده تا کشاورزان آب آبیاری موردنیاز خود را با برداشت از ذخایر آب‌های زیرزمینی تأمین نمایند که این امر با گذشت زمان سبب افت سطح سفره‌های آب زیرزمینی و منفی شدن بیلان آبدهی چاه‌ها شده است (صبوحی و پرهیزکاری، ۱۳۹۲). افزایش دمای هوا نیز سبب شده تا فعالیت‌های زراعی در اراضی مستعد پایین‌دست سد طالقان تحت تاثیر قرار بگیرد. زراعت محصولات با کشت بهاره به دلیل تغییر اقلیم بوجود آمده با بیش از یک بار کشت در هر سال زراعی صورت می‌گیرد. این مسئله در نگاه اول امری مقرون به صرفه و پرفایده به نظر می‌رسد، اما می‌تواند عوامل خسارت‌زایی مانند تشدید فرسایش خاک، کمبود شدید منابع آب سطحی و زیرزمینی، کاهش تولید محصولات زراعی و هم‌چنین، زیان‌های اقتصادی ناشی از تهدید بخش کشاورزی را در آینده‌ای نه چندان دور به دنبال داشته باشد. لذا، با توجه به قابلیت‌ها و محدودیت‌های ذکر شده برای محدوده مطالعاتی اراضی پایین‌دست سد طالقان، انجام پژوهش‌هایی در زمینه اثرات تغییرات اقلیم و اتخاذ سیاست‌های مدیریتی مناسب در جهت سازگاری بیش‌تر بخش کشاورزی در دشت مستعد کشت واقع در این محدوده (دشت قزوین) با شرایط جدید اقلیمی ضروری به نظر می‌رسد. در زمینه ارزیابی آثار بالقوه تغییرات آب و هوایی نیز لازم است که پیش از اتخاذ برنامه‌های سیاستی مناسب در زیربخش کشاورزی اراضی پایین‌دست سد طالقان، اثرات احتمالی این پدیده بر عملکرد محصولات، تولیدات زراعی و عایدی کشاورزان پیش‌بینی شود تا برنامه‌ریزان بخش را در اتخاذ سیاست‌های راهبردی یاری رساند.

با توجه به اهمیت موضوع مورد بحث مطالعات و پژوهش‌های متعددی طی سال‌های اخیر در اقصی نقاط دنیا صورت گرفته است. سانچیس و فیجوبلو[1](۲۰۰۹) در پژوهشی تغییر اقلیم و اثرات نهایی آن را بر بخش کشاورزی اروپا، با استفاده از الگوی تصمیم‌گیری چند معیاره مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دادند که اثرات تغییر اقلیم نه تنها از نظر اقتصادی و محیطی سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی را کاهش داده، بلکه به لحاظ اجتماعی نیز سبب ایجاد بیکاری در بخش

[1]- Sanchis & Feijoo-Bello

کشاورزی شده است. اکسیائو[1] و همکاران (۲۰۱۰) با انجام پژوهشی در مناطق نیمه‌خشک شمال غربی چین به بررسی اثرات تغییر اقلیم و افزایش دمای هوا بر روی عملکرد گندم زمستانه و مقدار آب مصرفی به وسیله آن پرداختند. نتایج نشان دادند که تغییر اقلیم ناشی از افزایش دما سبب ایجاد تغییراتی معنی‌دار در مراحل رشد و مصرف آب گندم زمستانه در مناطق یاد شده می‌شود و عملکرد این محصول را تا حد زیادی دستخوش تغییر قرار می‌دهد. تراویس[2] و همکاران (۲۰۱۲) با انجام پژوهشی در زمینه تغییرات اقلیم و اثرات آن در بخش کشاورزی عنوان کردند که تغییرات آب و هوا اثرات مستقیم و بارزی بر روی عملکرد محصولات کشاورزی دارد. در این راستا، توسعه و بکارگیری شیوه‌های جدید کشاورزی و فناوری تا حد زیادی مشکل چگونگی سازگاری کشاورزان را با تغییرات اقلیم کاهش می‌دهد. کاکزادیلا[3] و همکاران (۲۰۱۴) با انجام پژوهشی در منطقه‌ای از آفریقا نشان دادند که تغییرات اقلیمی بدون در نظر گرفتن اثر مثبت غلظت دی اکسید کربن، تا سال ۲۰۵۰ منجر به کاهش ۱/۶ درصدی تولید غذا و محصولات کشاورزی و نیز کاهش ۰/۲ درصدی تولید ناخالص داخلی در منطقه مورد نظر می‌شود. هم‌چنین، نتایج نشان دادند که افزایش سه درصدی در بهره‌وری تولید محصولات دیم و آبی در منطقه مورد مطالعه تا حد زیادی می‌تواند اثرات زیان‌بار تغییرات اقلیم را جبران کند.

در ایران نیز واثقی و اسماعیلی (۱۳۸۷) در پژوهشی با استفاده از روش ریکاردین به اندازه‌گیری اثرات اقتصادی تغییر اقلیم بر تولید محصول گندم و درآمد خالص گندم‌کاران کشور پرداختند. نتایج نشان دادند که متغیرهای اقلیمی اثراتی معنی‌دار بر درآمد خالص به ازای هر هکتار کشت گندم دارند. هم‌چنین، افزایش دما و کاهش بارندگی تا ۱۰۰ سال آینده (به علت افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای) سبب کاهش ۴۱ درصدی بازده کشت گندم (۷۷۷ هزار ریال در هر هکتار) در کشور می‌شود. عزیزی و روشنی (۱۳۸۸) با انجام پژوهشی به بررسی و تحلیل اثرات تغییر اقلیم بر دما و تقویم زراعی محصول برنج در گیلان پرداختند. نتایج نشان دادند که دمای کمینه مطلق در این استان برای دوره زمانی ۲۰۰۳-۱۹۸۰ روند افزایشی داشته و در فصول چهارگانه سال افزایش یافته است، به گونه‌ای که آثار آن بر محیط‌زیست منطقه کاملاً مشهود بوده و نوعی جابه‌جایی فصلی در حال ظهور و تقویم زراعی متغیر را برای کشت محصول برنج در پی دارد. پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای با استفاده از روش‌های اقتصاد سنجی و داده‌های تابلویی به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد پنبه آبی در استان‌های منتخب کشور پرداختند. نتایج نشان دادند که افزایش دما در طول فصل رشد بر عملکرد پنبه آبی در اثر منفی می‌گذارد، به گونه‌ای که مقدار

[1]- Xiao
[2]- Travis
[3]- Calzadilla

عملکرد در هکتار به ازای افزایش یک درجه دما، به مقدار ۰/۳۸ درصد کاهش می‌یابد. خالقی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی با استفاده از رویکرد ماتریس حسابداری اجتماعی و روش‌های اقتصادسنجی به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تولید بخش کشاورزی و اقتصاد ایران پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که در اثر تغییر اقلیم پیش‌بینی شده برای ایران در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵، تولید بخش کشاورزی ۵/۳۷ درصد کاهش می‌یابد که متناظر با آن تولید ملی به مقدار ۹/۵ درصد کاهش پیدا می‌کند. پیش بهار و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی با استفاده از رهیافت اقتصادسنجی فضایی و داده‌های پانلی به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد ذرت دانه‌ای در ایران پرداختند. نتایج نشان دادند که گرمای بیش از حد در فصل کشت (ماه خرداد) و نبود گرمای کافی در فصل رشد (ماه مهر) و هم‌چنین، کمبود بارش در فصل رشد (ماه مهر) از عامل‌های مهم کاهش عملکرد ذرت دانه‌ای در ایران بشمار می‌روند.

مطالعات بالا حاکی از آن هستند که تغییرات اقلیم ناشی از کاهش بارندگی و افزایش دمای هوا می‌تواند تولیدات کشاورزی و بازده درآمدی کشاورزان را تحت تأثیر خود قرار دهد. به همین منظور، این پژوهش در پی آن است که پس از تحلیل روند تغییرات دمای هوا و بارندگی طی دوره ۱۳۷۰-۱۳۹۵ در اراضی پایین‌دست سد طالقان، با بهره‌گیری از توابع تولید تخمینی به کمک روش‌های اقتصادسنجی و لحاظ نمودن نتایج بدست آمده در سیستم مدل‌سازی جامع مشتمل بر مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی چند دوره‌ای اثرات نابهنگامی تغییر اقلیم بر تولیدات زراعی و عایدی کشاورزان را ارزیابی نماید. نوآوری این پژوهش در بکارگیری هم‌زمان مجموعه روش‌های اقتصادسنجی (تخمین‌های رگرسیونی) و برنامه‌ریزی ریاضی (برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی چند دوره‌ای با رهیافت تابع تولید کشش‌های ثابت و تابع هزینه نمایی، ترانسندنتال یا متعالی) برای تحلیل اثرات تغییر اقلیم در سطح محلی یا منطقه‌ای است که تاکنون در پژوهش‌های پیشین کاربرد عینی نداشته و با توجه به شرایط مختلف منطقه‌ای و عوامل متعدد موثر در شکل‌گیری پدیده تغییر اقلیم (افزایش دما، کاهش بارش، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، افزایش تبخیر و تعرق، رخداد خشکسالی‌های دوره‌ای و غیره) برای انجام پژوهش‌های گسترده در دوره‌های آتی توصیه می‌شود.

روش پژوهش

اراضی پایین‌دست سد طالقان در بخش میانی استان قزوین قرار گرفته‌اند. این محدوده در مختصات جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی واقع شده است (سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین، ۱۳۹۴). اراضی پایین‌دست سد طالقان (دشت قزوین) به علت موقعیت مناسب جغرافیایی،

یکی از مناطق مستعد کشور برای تولید محصولات زراعی و باغی بشمار می‌روند (ناصری و همکاران، ۱۳۸۸). این اراضی مستعد کشت بخش‌هایی از زمین‌های زراعی شهرستان‌های قزوین، آبیک، تاکستان، البرز و بوئین‌زهرا را شامل می‌شود که سهم استفاده فعالیت‌های کشاورزی از مخازن آب زیرزمینی آن حدود ۱۳۶۰ میلیون مترمکعب است که از این مقدار، در کل حدود ۸۶۰ میلیون مترمکعب جهت تولید محصولاتی مانند گندم، جو، ذرت، کلزا، گوجه فرنگی، چغندر قند و یونجه در سطح اراضی قابل کشت تخصیص داده می‌شود (شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین، ۱۳۹۴؛ پرهیزکاری و صبوحی، ۱۳۹۱). شکل ۱، موقعیت قرارگیری سد طالقان و اراضی پایین‌دست آن را نشان می‌دهد.

پس از معرفی منطقه مورد مطالعه، به منظور ارزیابی اثرات دما و بارش (به عنوان عوامل تغییر اقلیم) بر عملکرد محصولات منتخب اراضی پایین‌دست سد طالقان در دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۷۰ از روش اقتصادسنجی کم‌ترین مربعات معمولی[1](OLS) استفاده شد. در ادامه بمنظور بررسی اثرات سناریوی دو درجه افزایش دما و پانزده میلی‌متر کاهش بارندگی بر عملکرد محصولات منتخب، تولیدات کشاورزی و عایدی کشاورزان اراضی پایین‌دست سد طالقان از مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی چند دوره‌ای[2](MP-PMP)، استفاده شد. با بکارگیری روش کم‌ترین مربعات معمولی روند تغییر و معنی‌داری هر یک از متغیرهای دما و بارش سالانه و تأثیرات آن‌ها بر میانگین عملکرد محصولات منتخب زراعی ($Yield_i$) در اراضی پایین‌دست سد طالقان، طی دوره ۲۵ ساله (۱۳۹۵-۱۳۷۰) با استفاده از بسته نرم‌افزاری Eviews بررسی شد، تا روند تأثیرات دو متغیر اقلیمی فوق بر میانگین عملکرد محصولات محاسبه شود. بر این اساس، تابع عملکرد محصولات به صورت رابطه (۱) تعریف شد (هکلی[3] ۲۰۰۲؛ لیاکزهی و همکاران[4] ۲۰۰۹؛ ابریشمی، ۱۳۸۳؛ خانلری، ۱۳۹۱؛ پرهیزکاری و صبوحی، ۱۳۹۲؛ زرعکانی و همکاران، ۱۳۹۳):

$$Yield_i = y\left(\text{Temperature}_i, \text{Precipitation}_i\right) \qquad \forall i = 1,2,...,7 \qquad (۱)$$

در معادله رگرسیونی رابطه (۱)، $Yield_i$ بردار میانگین عملکرد محصول i (گندم آبی، جو آبی، ذرت دانه‌ای، گوجه فرنگی، چغندرقند، یونجه و کلزا)، Temperature_i بردار میانگین دما و Precipitation_i بردار میانگین بارش سالانه است. با توجه به داده‌های موجود، بهترین برازش با استفاده از یک مدل اقتصادسنجی صورت می‌گیرد و بدین ترتیب رابطه‌ای معنی‌دار بین پارامترهای تغییر اقلیم و مقدار عملکرد در واحد سطح محصولات بدست می‌آید. این رابطه را می‌توان به صورت

[1]- Ordinary Least Squares
[2]- Multi Period- Positive Mathematical Programming
[3]- Heckelei
[4]- Liakgzhi

رابطه (۲) نشان داد (هکلی، ۲۰۰۲؛ ابریشمی، ۱۳۸۳؛ خانلری، ۱۳۹۱؛ پرهیزکاری و صبوحی، ۱۳۹۲؛ زرعکانی و همکاران، ۱۳۹۳):

$$Yield_i = Q(1) + Q(2) * \text{Precipitation}_i + Q(3) * \text{Temperature}_i + [R(1) = Q(4)] \qquad (۲)$$

رابطه رگرسیونی (۲)، بهترین برازش ممکن را بین متغیرهای توضیحی دما و بارش و متغیر وابسته عملکرد محصول نشان می‌دهد. $Q(1)$، $Q(2)$، $Q(3)$ و $Q(4)$ ضرائب تابع خودرگرسیونی رابطه (۲) هستند (هکلی، ۲۰۰۲؛ ابریشمی، ۱۳۸۳؛ خانلری، ۱۳۹۱؛ پرهیزکاری و صبوحی، ۱۳۹۲). برای رفع خودهمبستگی تابع ارائه شده فوق از فرآیند خودرگرسیون مرتبه نخست $R(1)$ استفاده شد. فرآیند خودرگرسیونی بیانگر این است که پیش‌بینی متغیر وابسته در زمان t، نسبتی از مقدار آن در زمان $t-1$)، به‌علاوه یک شوک تصادفی یا جمله اخلال در زمان t است (نوفرستی، ۱۳۸۷؛ محمودی و پرهیزکاری، ۱۳۹۴).

برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی چند دوره‌ای (MP-PMP) جهت واسنجی مدل‌های اقتصادی و بیوفیزیکی با مجموعه‌ای از داده‌های مربوط به میزان تولید، هزینه، سود و قیمت محصولات زراعی و هم‌چنین، مقدار مقادیر آب مصرفی، مقادیر آب تخصیص داده شده و مقدار مصارف دیگر نهاده‌ها (به جز آب) در سطح اراضی به کار گرفته می‌شود. این سیستم مدل‌سازی، رهیافتی نوین برای حل مسایل پیچیده با ویژگی‌های خاص (با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی خطی کمکی و یک تابع هدف غیرخطی) در بخش کشاورزی است که پس از واسنجی به‌خودی‌خود یک توازن یا تعادل در بیشینه سازی سود ناخالص کشاورزان را بر اساس دوره مرجع یا پایه نتیجه می‌دهد (قارشی و همکاران، ۲۰۱۴؛ گراولین، ۲۰۱۶؛ پرهیزکاری، ۱۳۹۶). برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی چند دوره‌ای (MP-PMP) رویکردی است که به لحاظ روش کار منطبق بر مراحل سه‌گانه بکار گرفته شده در مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) ارایه‌شده به وسیله هوویت[1](۱۹۹۵) می‌باشد (پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۳)، با این تفاوت که در این روش داده‌های بازسازی‌شده به وسیله مدل واسنجی نهایی به جای سال پایه، مربوط به چند دوره (یا دوره‌ای از چندین سال متوالی و پیاپی) است (قارشی و همکاران، ۲۰۱۴؛ پرهیزکاری، ۱۳۹۶). ایده کلی در مدل‌های یاد شده استفاده از داده‌های موجود در مقادیر دوگان محدودیت‌های واسنجی است که جواب مسئله برنامه‌ریزی خطی را به سطح فعالیت‌های موجود در دوره یا سال پایه محدود می‌کند. در واقع، مقادیر دوگان برای تصریح تابع هدف غیرخطی‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند که سطح فعالیت‌های مشاهده شده را دوباره از راه جواب بهینه مسئله برنامه‌ریزی نوینی که فاقد محدودیت واسنجی است، بازسازی می‌کند (می‌یر

[1]- Howitt

و همکاران[1] ۱۹۹۳؛ پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۲؛ محمودی و پرهیزکاری، ۱۳۹۴). واسنجی مدل MP-PMP مورد استفاده در این مطالعه با استفاده از تست CONOPT01 در بسته نرم‌افزاری GAMS24.7 صورت گرفت. در این فرآیند واسنجی فرض می‌شود که رفتار بیشینه‌سازی بازده ناخالص درآمدی کشاورزان و شرایط ایده‌آل کوتاه‌مدت منجر به تخصیص منابع مطابق آنچه که در دوره مبنا یا پایه مشاهده شده، می‌شود. روی هم رفته، مراحل سه‌گانه حل مدل MP-PMP ارایه شده به شرح زیر است:

مرحله نخست، شامل حل یک مدل برنامه‌ریزی خطی، برای بیشینه‌نمودن بازده درآمدی کشاورزان با توجه به مجموعه محدودیت‌های منابع و واسنجی است. هم‌چنین، در این مرحله پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی مقادیر قیمت‌های سایه‌ای برای محدودیت‌های منابع و واسنجی به دست می‌آید (هی[2] و همکاران، ۲۰۰۶؛ هوویت و همکاران، ۲۰۱۲؛ محمودی و پرهیزکاری، ۱۳۹۴؛ پرهیزکاری، ۱۳۹۶). شکل ریاضی این مرحله از واسنجی مدل MP-PMP را می‌توان به صورت روابط (۳) تا (۶) نشان داد:

$$Max\ \Pi = \sum_{t=1}^{5}\sum_{i=1}^{7}\left(price_{it} * Yield_{it} - \sum_{j=1}^{4} a_{jit} c_{jit} \right) x_{it} \qquad (۳)$$

Subject to:

$$\sum_{t=1}^{5}\sum_{i=1}^{7} a_{ijt} x_{i} \le b_{jt} \qquad \forall j = 1,...,4 \qquad [\lambda_{it}^{j}] \qquad (۴)$$

$$x_{it} \le \tilde{x}_{it} + \varepsilon \quad \forall i = 1, ...,7 \quad \forall t = 1, ...,5 \qquad [\lambda_{it}^{c}] \qquad (۵)$$

$$x_{it} \ge 0 \qquad \forall i = 1,2,...,7 \qquad \forall t = 1,2,...,5 \qquad (۶)$$

رابطه (۳) تابع هدف مدل برنامه‌ریزی خطی است که شامل بیشینه کردن مجموع سود ناخالص کشاورزان می‌باشد و در آن، Π سود ناخالص کشاورزان، i محصولات (گندم آبی، جو آبی، ذرت دانه‌ای، گوجه فرنگی، چغندر قند، یونجه و کلزا) و j نهاده‌ها یا عوامل تولید (آب، زمین، سرمایه و نیروی‌کار) و t دوره‌های مطالعاتی (در این مطالعه میانگین مقادیر متغیرها در پنج دوره پنج ساله یا ۲۵ سال که متغیرهای اقلیمی دما و بارش در این دوره بررسی شدند، لحاظ شد). p_i قیمت بازاری محصول، $Yield_{it}$ عملکرد محصول i در دوره t، c_{jit} هزینه نهاده j برای تولید محصول i در در دوره t و x_{it} سطح زیرکشت محصول i در دوره t است. a_{jit} بیانگر ضریب لئونتیف است که نسبت استفاده هر عامل تولید به زمین را نشان می‌دهد و از رابطه $a_{ij} = \tilde{x}_{ij} / \tilde{x}_{i,land}$ بدست می‌آید

[1]- Meyer
[2]- He

(مدلین- آزورا[1] و همکاران، ۲۰۱۰؛ هوویت و همکاران، ۲۰۱۲؛ پرهیزکاری، ۱۳۹۶). رابطه (۴) محدودیت منابع را نشان می‌دهد. b_{jt} در این رابطه کل منابع دردسترس (آب، زمین، نیروی‌کار و سرمایه) برای تولید محصولات طی دوره t است که از راه داده‌های آماری گردآوری شده از ادارات ذیربط در استان قزوین (شرکت آب منطقه‌ای و سازمان جهاد کشاورزی) و حاصل‌جمع مقادیر مصرفی نهاده‌ها در سطح کلیه اراضی زیرکشت محصولات منتخب بدست آمد. رابطه (۵) محدودیت واسنجی مدل است که در آن $\tilde{x}_{it}$ مقدار مشاهده شده فعالیت i در سال پایه و ε مقدار مثبت کوچکی را نشان می‌دهد (مدلین- آزورا و همکاران، ۲۰۱۰؛ پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۲). اضافه کردن محدودیت واسنجی به مدل باعث می‌شود که جواب بهینه برنامه‌ریزی خطی دقیقاً سطح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه را دست دهد (هکلی، ۲۰۰۲). پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی قیمت سایه‌ای محدودیت‌های مدل یا مقادیر دوگان تعریف می‌شوند. λ_{it}^{j} در رابطه (۴) قیمت سایه‌ای محدودیت سیستمی و λ_{it}^{c} در رابطه (۵) قیمت سایه‌ای محدودیت واسنجی است. رابطه (۶) نیز بیانگر محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها است (هوویت و همکاران، ۲۰۱۲؛ پرهیزکاری، ۱۳۹۶).

در مرحله دوم، پارامترهای بازده ثابت نسبت به مقیاس تابع تولید CES برای هر محصول به کمک روش توسعه یافته هوویت برآورد می‌شوند. تابع تولید CES این امکان را ایجاد می‌کند که یک نرخ جانشینی ثابت بین نهاده‌های تولید و ضرایب لئونتیف (با نسبتی ثابت) و ضرایب تابع کاب داگلاس (با جایگزینی واحد) بوجود آید (مدلین- آزورا و همکاران، ۲۰۱۰؛ هوویت و همکاران، ۲۰۱۲؛ پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۲؛ محمودی و پرهیزکاری، ۱۳۹۴؛ پرهیزکاری، ۱۳۹۶). فرم کلی تابع تولید CES را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$Yield_{it} = \tau_{it}\left[\sum_{t}\sum_{j}\beta_{ijt}h_{ijt}^{\rho_i}\right]^{\upsilon/\rho_{it}} \qquad \forall i = 1,2,...,7 \qquad (۷)$$

در این رابطه (۷)، $Yield_{it}$ مقدار تولید محصول i طی دوره t، h_{ijt} عامل تولید i برای محصول i و τ_{it} پارامتر مقیاس است که به کمک رابطه (۱۲) محاسبه می‌شود. β_{ij} پارامتر تولید است که سهم نهاده j برای تولید محصول i را نشان می‌دهد. υ ضریب بازده ثابت نسبت به مقیاس می‌باشد و تابع تولید CES مستلزم آن است که این ضریب برابر با یک شود. ρ_i متغیری است که بر حسب کشش عرضه محصولات (σ) تعریف می‌گردد و از رابطه $\rho_i = (\sigma - 1)/\sigma$ بدست می‌آید (مدلین- آزورا و همکاران، ۲۰۱۰؛ هوویت و همکاران، ۲۰۱۲؛ پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۲؛

[1]- Medellan-Azuara

پرهیزکاری، ۱۳۹۶). تابع تولید مورد نظر در این مطالعه مطابق با چهار نهاده زمین، آب، نیروی‌کار و سرمایه به صورت رابطه (۸) تعریف می‌شود:

$$Yield_{it} = \tau_{it}\left[\beta_{ti1}x_{ti1}^{\rho_i} + \beta_{ti2}x_{ti2}^{\rho_i} + \ldots + \beta_{ti4}x_{ti4}^{\rho_{it}}\right]^{\upsilon/\rho_{it}} \quad (۸)$$

محدودیت اعمال‌شده به وسیله کشش جانشینی ثابت ایجاب می‌کند که ضریب بازده نسبت به مقیاس برابر با یک باشد ($\upsilon = 1$). در نتیجه برای پارامترهای تابع تولید می‌توان رابطه (۹) را نوشت:

$$\sum_{t=1}^{5}\sum_{j=1}^{4}\beta_{ijt} = 1 \quad \forall i = 1,2,\ldots,7 \quad (۹)$$

با استفاده از محدودیت تعریف شده در رابطه (۹) می‌توان نخستین پارامتر تابع تولید را به صورت رابطه (۱۰) برآورد کرد:

$$\beta_{ijt} = \frac{1}{1+\left(\left(\tilde{x}_{ijt}^{-1/\sigma_i}/CS_{ijt}\right)\sum_{j=land}\left(\tilde{x}_{ijt}^{1/\sigma_i}/CS_{ijt}\right)\right)} \quad (۱۰)$$

در رابطه (۱۰)، CS_{ijt} هزینه فرصت نهاده j برای تولید محصول i طی دوره t است که با استفاده از مقادیر دوگان محدودیت‌های سیستمی و واسنجی به صورت رابطه (۱۱) محاسبه می‌شود:

$$CS_{ijt} = c_{ijt} + \lambda_1 + \lambda_2 \quad \forall t, i, j \quad (۱۱)$$

رابطه (۱۱) برای تخمین β_{ijt} مربوط به نهاده زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای تخمین β_{ijt} مربوط به سایر نهاده‌ها (آب آبیاری، نیروی کار و سرمایه) از رابطه (۱۲) استفاده می‌شود:

$$\beta_{\substack{ijt \\ j\neq land}} = CS_{ijt}\left(\frac{\beta_{ijt}}{CS_{ijt}}\right) * \left(\frac{\tilde{X}_{ijt}}{\tilde{X}_{ijt}}\right)^{-1/\sigma_{it}} \quad (۱۲)$$

حال با استفاده از تعریف تابع تولید CES، می‌توان پارامتر مقیاس را برای هر محصول محاسبه و هر یک را در سطح پایه ارزیابی نمود (مدلین- آزورا و همکاران، ۲۰۱۰؛ هوویت و همکاران، ۲۰۱۲؛ پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۲؛ پرهیزکاری، ۱۳۹۶). بدین منظور از رابطه (۱۳) استفاده می‌شود:

$$\tau_{it} = \frac{\left(Yield_{it}/\tilde{x}_{it}\right)x_{it}}{\left[\sum_{j=1}^{4}\beta_j x_j^{\rho}\right]^{\frac{\upsilon}{\rho}}} \quad \forall t, j \quad (۱۳)$$

مرحله دوم واسنجی مدل PMP افزون بر تخمین تابع تولید محصولات کشاورزی، شامل تخمین تابع هزینه نمایی و محاسبه پارامترهای آن نیز است. تابع هزینه نمایی برای ایجاد تناسب بین کشش‌های جانشینی از قابلیت بیش‌تری برخوردار بوده و بدون این که هزینه نهایی تولید هر واحد از محصول افزایش یابد، این کار را انجام می‌دهد (مدلین- آزورا و همکاران، ۲۰۱۰؛ هوویت و همکاران، ۲۰۱۲؛ پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۲؛ پرهیزکاری، ۱۳۹۶). شکل کلی تابع هزینه نمایی یا ترانسندنتال که برای نهاده زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد، به صورت رابطه (۱۴) است:

$$TC_i(x_i)=\delta_i e^{\gamma_i x_i} \qquad \forall i=1,2,...,7 \tag{۱۴}$$

در رابطه (۱۴)، TC_i هزینه کل زمین برای تولید محصول i، δ_i پارامتر رهگیری و γ_i پارامتر گاما است که تابعی از کشش عرضه محصول i است (η_i). این پارامترها با رگرس کردن (بازگشت دادن) قیمت‌های سایه‌ای واسنجی شده بر مقادیر مشاهده شده به دست می‌آیند (مدلین- آزورا و همکاران، ۲۰۱۰؛ پرهیزکاری، ۱۳۹۲؛ پرهیزکاری و صبوحی، ۱۳۹۲؛ پرهیزکاری، ۱۳۹۶). تابع هزینه نهایی زمین با مشتق‌گیری از تابع هزینه کل زمین نسبت به عامل سطح زیرکشت (x_i) حاصل می‌شود که شکل کلی آن به صورت رابطه (۱۵) قابل ارایه است:

$$MC_i=\frac{\partial TC_i}{\partial x_i}=\delta_i\gamma_i e^{\gamma_i x_i} \qquad \forall i=1,2,...,7 \tag{۱۵}$$

برای تخمین پارامتر گاما (γ_i) در تابع هزینه ترانسندنتال از رابطه (۱۶) استفاده می‌شود:

$$\gamma_i=\frac{p_i}{\eta_i x_i} \qquad \forall i=1,2,...,7 \tag{۱۶}$$

با در اختیار داشتن پارامتر گاما (γ_i) و شرط برابری هزینه نهایی با مجموع هزینه‌های متوسط و مقادیر ارزش دوگان محدودیت زمین (یعنی رابطه ۱۷)، می‌توان پارامتر δ_i (دلتا) را به صورت رابطه (۱۸) تعریف کرد (مدلین- آزورا و همکاران، ۲۰۱۰؛ پرهیزکاری و صبوحی، ۱۳۹۲):

$$MC_i=AC_{ij}+\lambda_i^{land} \qquad \forall i=1,2,...,7 \tag{۱۷}$$

$$\delta_i=\frac{AC_{ij}+\lambda_i^{land}}{\gamma_i e^{\gamma_i x_i}} \qquad \forall i=1,2,...,7 \tag{۱۸}$$

در مرحله سوم، تابع هدف با لحاظ نمودن تابع تولید غیرخطی و تابع هزینه نمایی یا ترانسندنتال مقادیر بدست آمده در سال پایه را بازنمایی یا بازسازی می‌کند. برای این مرحله یک مدل برنامه‌ریزی تجربی به صورت روابط (۱۹) تا (۲۴) ساخته شد:

$$Max\ \prod = \sum_{t=1}^{5}\sum_{i=1}^{7} p_{it}\varphi_{it}(\tau_{it}[\beta_{ti1}x_{ti1}^{\rho_i} + \beta_{ti2}x_{ti2}^{\rho_i} + \ldots + \beta_{ti4}x_{ti4}^{\rho_{it}}]^{\upsilon/\rho_{it}})x_{it} - \sum_{t=1}^{5}\sum_{i=1}^{7}(\delta_{it}e^{\gamma_{it}x_{it}}) - \sum_{t=1}^{5}\sum_{i=1}^{7}\sum_{j\neq Land}^{4}(\omega_{ijt}x_{ijt}) \quad (۱۹)$$

Subject to:

$$\sum_{t=1}^{5}\sum_{i=1}^{7} x_{it} \le A \quad (۲۰)$$

$$\sum_{t=1}^{5}\sum_{i=1}^{7} w_{it}x_{it} \le W \quad (۲۱)$$

$$\sum_{t=1}^{5}\sum_{i=1}^{7} k_{it}.x_{it} \le TK \quad (۲۲)$$

$$\sum_{t=1}^{5}\sum_{i=1}^{7} La_{it}.x_{it} \le TLa \quad (۲۳)$$

$$x_{it} \ge 0 \quad \forall i = 1,2,\ldots,7 \quad \forall t = 1,2,\ldots,5 \quad (۲۴)$$

رابطه (۱۹) بیانگر تابع هدف غیرخطی مدل است. این رابطه شامل تابع تولید منطقه‌ای، تابع هزینه ترانسندنتال برای نهاده زمین و تابع هزینه خطی برای نهاده‌های دیگر (آب، نیروی‌کار و سرمایه) است. φ_{it} مقدار تغییرات عملکرد است که در اثر تغییر در متغیرهای اقلیمی دمای هوا و بارندگی حاصل می‌شود. رابطه (۲۰) بیانگر محدودیت سطح زیرکشت محصولات زراعی می‌باشد که در آن A کل سطح زیرکشت دردسترس است. رابطه (۲۱) محدودیت مربوط به نهاده آب می‌باشد که در آن w_{it} نیاز آبی محصول i طی دوره زمانی t و W کل آب دردسترس در منطقه مورد مطالعه است. رابطه (۲۲) بیانگر محدودیت سرمایه می‌باشد که در آن k_{it} ضریب فنی هزینه در واحد سطح محصول i طی دوره زمانی t و TK کل سرمایه دردسترس است. درواقع، سمت چپ این محدودیت نیاز فعالیت‌های تولیدی به سرمایه است که معادل هزینه‌های متغیر برای تولید محصول در هر هکتار می‌باشد. سمت راست این محدودیت نیز مجموع مقدار کل سرمایه قابل تخصیص به فعالیت‌های زراعی در مناطق مورد مطالعه است. رابطه (۲۳) محدودیت نیروی‌کار را نشان می‌دهد. در این رابطه La_{it} نیروی‌کار موردنیاز در تولید محصول i (بر حسب نفر روز در هکتار) طی دوره زمانی t و TLa کل نیروی‌کار دردسترس در منطقه مورد مطالعه است. رابطه (۲۴) نیز بیانگر غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌های زراعی است و تضمین می‌کند که اجرای روش ارایه شده فوق در منطقه مورد مطالعه به لحاظ فیزیکی امکان‌پذیر می‌باشد.

جامعه آماری مطالعه حاضر شامل کلیه کشاورزان در اراضی پایین‌دست سد طالقان است. بخشی از داده‌های مورد نیاز در این پژوهش که به صورت سری زمانی و مربوط به داده‌های ۲۵ ساله آب و

هوا (متوسط سالانه برای متغیرهای بارش و دما) و عملکرد محصولات منتخب زراعی می‌باشد، از راه مراجعه به سازمان هواشناسی و جهاد کشاورزی استان قزوین گردآوری شدند. بخش دیگری از داده‌های موردنیاز در زیر بخش کشاورزی و منابع آب که مربوط به سال پایه ۱۳۹۵-۱۳۹۴ هستند به صورت کتابخانه‌ای و با مراجعه مستقیم پژوهشگر به ادارات ذیربط در استان قزوین (جهاد کشاورزی و شرکت سهامی آب منطقه‌ای) گردآوری شدند.

نتایج و بحث

جدول ۱، داده‌های مربوط به محصولات منتخب زراعی اراضی پایین‌دست سد طالقان (دشت قزوین) را طی سال پایه ۱۳۹۵-۱۳۹۴ نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این جدول ملاحظه می‌شود، محصول گندم با ۴۶۹۲ هکتار بیش‌ترین و محصول ذرت با ۱۰۶۵ هکتار کم‌ترین سهم را در الگوی کشت منطقه دارا می‌باشند.

جدول ۲، میانگین دما، بارش و تبخیر صورت گرفته طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۷۰ را در محدوده مطالعاتی اراضی پایین‌دست سد طالقان و در مقایسه با میانگین دما و بارش سطح کشور نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های مندرج در این جدول، ملاحظه می‌شود که میانگین مقدار متغیر اقلیمی دما با گذر زمان از سال ۷۱-۱۳۷۰ به ۹۵-۱۳۹۴ با افزایش و میانگین متغیر اقلیمی بارش طی دوره مورد بررسی بالا با کاهش چشم‌گیری همراه بوده است.

جدول ۳، منابع آبی گوناگون (شامل چاههای عمیق و نیمه عمیق، کانال‌ها و سدها، رودخانه‌ها، آب‌های تجمع‌یافته، قنات‌ها و چشمه‌ها)، حجم آب‌های سطحی و زیرزمینی، مقدار کل آب قابل دسترس حاصل از منابع آبی گوناگون و سهم هر یک از منابع تأمین آب را در سال پایه ۹۵-۱۳۹۴ در شرایط متفاوت آب و هوایی در سطح اراضی پایین‌دست سد طالقان نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، ملاحظه می‌شود که کل منابع آب دردسترس در اراضی پایین‌دست سد طالقان طی سال پایه ۹۵-۱۳۹۴ در حدود ۱۸۶/۷۹ میلیون مترمکعب می‌باشد که ۱۰۱/۷۵ میلیون مترمکعب آن مربوط به حجم آب‌های سطحی و مابقی (۸۵/۰۴ میلیون مترمکعب) مربوط به حجم آب‌های زیرزمینی است. افزون بر این، در بین منابع مختلف تأمین آب اراضی پایین‌دست سد طالقان، بیشترین سهم تأمین آب ۳۳/۵ درصد است که مربوط به منابع آب تجمع یافته در سطح این منطقه و جریانات رودخانه‌های فصلی می‌باشد.

شکل ۲، روند تغییرات متوسط دما و بارش سالانه را طی دوره مورد بررسی در اراضی پایین‌دست سد طالقان نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل ملاحظه می‌شود، متوسط دمای سالانه در اراضی پایین‌دست سد طالقان با توجه به خط برازش رسم شده، در حال افزایش است.

این برازش یک روند صعودی را نشان می‌دهد که حاکی از گرم شدن دمای هوا در دوره زمانی ۱۳۷۰-۱۳۹۵ در اراضی پایین‌دست سد طالقان است. این امر یکی از پارامترهای اصلی تغییر اقلیم در منطقه مورد نظر بشمار می‌رود. افزون بر آن، مقدار R^2 تابع رگرسیونی مربوط به دما ۰/۷۹ (مطابق با شکل ۲) می‌باشد که نشان‌دهنده خوبی برازش است. نزدیک بودن این مقدار به یک، بیانگر آن است که متغیر توضیحی (زمان) به خوبی متغیر وابسته (دما) را توضیح داده است.

شکل ۳، تغییرات کم متغیر بارش سالانه را طی دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۷۰ در اراضی پایین‌دست سد طالقان نشان می‌دهد. با توجه به برازش صورت گرفته، کاهش محسوس مقدار بارش در این محدوده، طی دوره زمانی مورد نظر مشاهده می‌شود. مقدار R^2 تابع تخمین زده شده بارش (مطابق با شکل ۳) نیز براساس دوره زمانی (t)، ۰/۸۲ می‌باشد که توضیح بهتر متغیر وابسته (بارش) را به وسیله متغیر توضیحی (زمان) نشان می‌دهد. روی هم رفته، با مقایسه خط برازش دو نمودار دما و بارش مشاهده می‌شود که طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۷۰، دما در حال افزایش و بارش در حال کاهش می‌باشد. تفاوت روند دما و بارش در اراضی پایین‌دست سد طالقان بیانگر آن است که تغییر اقلیم تقریباً محسوسی در این منطقه مشاهده می‌شود. افزون بر آن، تحلیل رگرسیونی برای دو متغیر اقلیمی دما و بارش نشان می‌دهد که در برخی از سال‌ها با افزایش دما، بارش در همان سال کاهش محسوسی داشته است. برای مثال، در سال ۱۳۷۸ و ۱۳۸۴ متوسط دمای سالانه افزایش یافته، درحالی که با توجه به شکل ۳ مقدار بارش در این دو سال با کاهش محسوسی همراه بوده است.

اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات منتخب (معنی‌دار بودن یا عدم معنی‌داری اثر دما و بارش بر مقدار عملکرد محصولات) در اراضی پایین‌دست سد طالقان پس از تخمین توابع رگرسیونی مورد نظر و انجام آزمون‌های $\bar{R}^2$ (ضریب تعیین تعدیل شده)، D.W (دوربین واتسون)، F (آزمون والد) و AR(۱) (آزمون خودرگرسیون مرتبه نخست)، در جدول ۴ نشان داده شده است.

با توجه به نتایج جدول ۴، ملاحظه می‌شود که متغیرهای بارش و دمای سالانه دارای اثر منفی بر عملکرد محصولات گندم و کلزا می‌باشند. براساس نتایج بدست آمده، با افزایش یک واحد دما و یک واحد بارش سالانه، مقدار عملکرد محصول گندم به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۰۹ واحد و مقدار عملکرد محصول کلزا به ترتیب ۰/۲۷ و ۰/۱۲ واحد کاهش می‌یابد. برای محصول گوجه فرنگی افزایش یک واحد بارش سالانه سبب کاهش عملکرد آن به مقدار ۰/۳۶ واحد و افزایش یک واحد دمای سالانه سبب افزایش عملکرد آن به مقدار ۰/۲۹ واحد می‌شود. برای سایر محصولات منتخب (جو آبی، ذرت، چغندر و یونجه) افزایش دما و بارش سالانه به مقدار یک واحد، سبب افزایش عملکرد می‌شود. افزون بر آن، نتایج بدست آمده از تحلیل رگرسیونی نشان می‌دهند که متغیرهای اقلیمی دما و متوسط بارش سالانه از لحاظ آماری، برای محصولات گندم، چغندر و کلزا به ترتیب در سطح

یک و پنج درصد، برای محصولات گوجه‌فرنگی و یونجه در سطح پنج و ده درصد و برای محصول جو در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار شدند. قدرت توضیح‌دهندگی مدل برآورد شده نیز، تقریباً بالا بوده و $\overline{R^2}$ توابع عملکرد برآورد شده بر حسب دو متغیر توضیحی دما و بارش سالانه از ۰/۶۸ برای محصول گوجه‌فرنگی تا ۰/۸۵ برای محصول جو آبی تغییر می‌کند. بالا بودن مقدار ضریب تعیین تعدیل شده پس از تخمین توابع، نشان می‌دهد که متغیرهای بارش و دمای سالانه توانسته‌اند درصد بالایی (۶۸ تا ۸۵ درصد) از تغییرات متغیر وابسته (عملکرد محصولات) را توضیح دهند.

در مرحله تحلیل رگرسیونی برای رفع خودهمبستگی از فرآیند خودرگرسیون مرتبه نخست (۱) AR استفاده شد. این فرآیند نشان داد که پیش‌بینی متغیر وابسته در زمان t، نسبتی از مقدار آن در زمان (t-1) افزون بر این، یک شوک تصادفی یا جمله اخلال در زمان t می‌باشد. مقدار آماره آزمون خود رگرسیون مرتبه نخست با توجه به نتایج جدول ۴ برای توابع عملکرد محصولات گندم، جو، چغندر و یونجه در سطح یک درصد و برای توابع عملکرد محصولات ذرت، کلزا و گوجه فرنگی در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. با توجه به جدول ۴، آماره آزمون دوربین واتسون برای توابع تخمین زده شده گندم و یونجه به ترتیب ۱/۹۳ و ۲/۰ بدست آمد که حاکی از عدم وجود خودهمبستگی بین اجزای اخلال توابع این دو محصول می‌باشد. آزمون F، معیار اندازه‌گیری معنی‌دار بودن کلی رگرسیون می‌باشد. با توجه به نتایج جدول ۴ برای کلیه محصولات، آماره آزمون F محاسباتی بزرگتر از F جدول است که نشان می‌دهد کل توابع رگرسیونی انجام‌شده معنی‌دار می‌باشند.

تحلیل توابع رگرسیونی نشان داد که با یک واحد افزایش و یا کاهش در متغیرهای اقلیمی، عملکرد محصولات منتخب در اراضی پایین‌دست سد طالقان به طور معناداری تغییر می‌کند. به همین منظور، در مطالعه حاضر بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد، سطح زیرکشت محصولات و سود ناخالص کشاورزان سناریوی افزایش دو واحد دما و کاهش پانزده واحد بارش سالانه در نظر گرفته شد. ابتدا اثرات متغیرهای اقلیمی دما و بارش براساس مقادیر سناریوی تلفیقی بر مقدار عملکرد محصولات منتخب (در توابع عملکرد تخمین زده شده براساس رابطه ۱) سنجیده شد و سپس مقدار تغییرات عملکرد هر یک از محصولات منتخب زراعی قبل از اجرای مرحله سوم در مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی چند دوره‌ای لحاظ شد و مرحله سوم (نهایی) مدل برنامه‌ریزی با شرط لحاظ کردن تغییرات بوجود آمده در عملکرد محصولات منتخب (که ناشی از اثرات تغییر دما و بارش به مقدار مشخص شده در سناریوی تلفیقی است) حل شد. با حل مدل برنامه‌ریزی ریاضی ارایه شده، به علت تغییرات ایجاد شده در عملکرد محصولات (که یک متغیر مستقیم اثرگذار در

تابع هدف مدل برنامه‌ریزی است) تولیدات زراعی در الگوی کشت و درآمد کشاورزان تحت تأثیر قرار گرفت که در نهایت، مقادیر تغییرات این متغیرها نسبت به شرایط سال پایه (یعنی پیش از اعمال سناریوی تلفیقی) سنجیده شد. نتایج حاصل از اعمال سناریوی تلفیقی بالا در جدول ۵ آورده شده است. با توجه به نتایج این جدول ۵، ملاحظه می‌شود که با اعمال سناریوهای اقلیمی دو درجه افزایش دما و پانزده میلی‌متر کاهش بارش به صورت تلفیقی اراضی پایین‌دست سد طالقان، عملکرد جو، ذرت، چغندر و یونجه به ترتیب ۱۴/۹، ۱۹/۱، ۱۷/۴ و ۱۳/۰ درصد افزایش و عملکرد گندم، گوجه فرنگی و کلزا به ترتیب ۲۱/۴، ۱۶/۵ و ۲۶/۲ درصد کاهش می‌یابد. علت این امر آن است که بیش‌تر بارش‌های موثر برای محصولات یاد شده در منطقه مورد مطالعه، طی دوره رشد یا فصل پنجه‌زنی این محصولات (بیشتر در فروردین و اردیبهشت ماه هر سال) رخ می‌دهد که در این زمان افزایش مقدار بارش به بیش از مقدار متوسط سالانه برای محصول گندم منجر به ورس و شکستگی ساقه‌ها، برای محصول کلزا منجر به ریزش گل‌ها و عدم انجام گرده‌افشانی و برای محصول گوجه‌فرنگی منجر به ایجاد اختلال در گرده‌افشانی و پوسیدگی ساقه‌های قرار گرفته روی زمین است. این عوامل اثرات منفی بارش‌های بهاره بر مقدار عملکرد محصولات گندم، کلزا و گوجه‌فرنگی را به خوبی بازگو می‌کنند. با توجه به تغییرات به وجود آمده در مقدار عملکرد محصولات منتخب در اثر دو درجه افزایش دما و پانزده میلی‌متر کاهش بارش و با استفاده از مدل MP-PMP ارایه شده می‌توان مقدار تغییرات سطح زیرکشت محصولات و سود ناخالص کشاورزان اراضی پایین‌دست سد طالقان را براساس سناریوی اعمال شده شبیه‌سازی کرد. همان‌گونه که در جدول ۵ ملاحظه می‌شود، پس از اعمال سناریوی اقلیمی فوق عملکرد محصولات گندم، گوجه‌فرنگی و کلزا به مقدار ۲۱/۴، ۱۶/۵ و ۲۶/۲ درصد نسبت به شرایط سال پایه کاهش می‌یابد. با کاهش عملکرد این محصولات، سطح زیرکشت آن‌ها به مقدار ۲۷/۴، ۷/۱۹ و ۱۲/۵ درصد کاهش یافته و از ۴۶۹۲، ۲۰۱۹ و ۴۳۴۰ هکتار در سال پایه به ۳۴۰۵، ۱۸۷۴ و ۳۸۴۰ هکتار می‌رسد. افزون بر این، نتایج جدول ۵ حاکی از آن است که اعمال سناریوی دو درجه افزایش دما و پانزده میلی‌متر کاهش بارش برای سایر محصولات الگو (جو آبی، ذرت، چغندر و یونجه)، افزایش عملکرد و در نتیجه افزایش سطح زیرکشت را نسبت به سال پایه به همراه دارد، به گونه‌ای که سطح زیرکشت جو آبی از ۳۴۸۰ به ۴۰۰۶ هکتار، ذرت از ۱۰۶۵ به ۱۱۶۵ هکتار، چغندر از ۱۴۲۰ به ۱۶۲۸ هکتار و یونجه از ۴۷۸۶ به ۵۳۲۷ هکتار می‌رسد و افزایش سطح زیرکشتی به مقدار ۱/ ۱۵ درصد را برای جو، ۱۲/۰ درصد را برای ذرت، ۱۴/۶ درصد را برای چغندر و ۱۱/۳ درصد را برای یونجه نسبت به سال پایه به همراه دارد. دلیل ایجاد تغییرات بالا برای سطح زیرکشت محصولات

منتخب اراضی پایین‌دست سد طالقان در شرایط اقلیمی دو درجه افزایش دمای هوا و پانزده میلی‌متر کاهش بارش، تغییرات به وجود آمده در عملکرد آن‌ها مطابق با نتایج جدول ۴ است.

جدول ۶ مقدار تغییرات سود ناخالص کشاورزان را در هر هکتار از محصولات منتخب طی سال پایه و پس از اعمال سناریوی تلفیقی دو درجه افزایش دما و پانزده میلی‌متر کاهش بارش در اراضی پایین‌دست سد طالقان نشان می‌دهد. با توجه به نتایج جدول ۶، ملاحظه می‌شود که پس از اعمال سناریوی تلفیقی دو درجه افزایش دما و پانزده میلی‌متر کاهش بارش، سود ناخالص حاصل از هر هکتار جو، ذرت و چغندر برای کشاورزان اراضی پایین‌دست سد طالقان نسبت به سال پایه (۱۳۹۴-۹۵) به ترتیب ۱۵/۲، ۳۱/۹ و ۸/۳۷ درصد کاهش می‌یابد، درحالی‌که با اعمال سناریوی تلفیقی بالا سود ناخالص حاصل از هر هکتار گندم، گوجه فرنگی، یونجه و کلزا به ترتیب ۹/۱۷، ۶/۸۰، ۴/۲۹ و ۷/۰۳ درصد نسبت به سال پایه افزایش می‌یابد. علت کاهش سود ناخالص حاصل از هر هکتار جو، ذرت و چغندر قند می‌تواند افزایش سطح زیرکشت آن‌ها به مقدار بیش از سطح سال پایه پس از اعمال سناریوی تلفیقی اقلیمی باشد که تا حد زیادی ناشی از افزایش مصرف نهاده‌هایی چون کود، سم، نیرویی کار و آب در اراضی مازاد یا اضافه شده پس از افزایش سطح زیرکشت نسبت به سال پایه می‌باشد. افزایش مقدار سود ناخالص حاصل از هر هکتار گندم، گوجه‌فرنگی، یونجه و کلزا برای کشاورزان اراضی پایین‌دست سد طالقان پس از اعمال شرایط اقلیمی لحاظ شده در سناریوی تلفیقی نیز می‌تواند ناشی از کاهش سطح زیرکشت این محصولات پس از اعمال سناریو نسبت به شرایط سال پایه باشد که این امر کاهش نهاده‌های مصرفی در سطح اراضی را در پی دارد و در نهایت، منجر به کاهش هزینه تولید محصولات بالا و افزایش سود ناخالص حاصل از هر هکتار از این محصولات می‌شود. افزون بر این، با توجه به نتایج بدست آمده ۶ ملاحظه می‌شود که بیش‌ترین مقدار تغییرات سود ناخالص کشاورزان در واحد سطح مربوط به محصول ذرت (کاهش سود ناخالص به مقدار ۳۱/۹ درصد نسبت به شرایط سال پایه در هر هکتار) و کمترین مقدار تغییرات سود ناخالص مربوط به محصول یونجه (افزایش سود ناخالص به مقدار ۴/۲۹ درصد نسبت به شرایط سال پایه در هر هکتار) است. هم‌چنین، نتایج نشان می‌دهد که با اعمال سناریوی تلفیقی دو درجه افزایش دما و پانزده میلی‌متر کاهش بارش، مجموع سود ناخالص حاصل از الگوی کشت در اراضی پایین‌دست سد طالقان نسبت به سال پایه ۵/۱۶ درصد کاهش می‌یابد و از ۹۲۰۸ به ۸۷۳۳ میلیون ریال می‌رسد. این امر حاکی از آن است که رخداد تغییر اقلیم (که طی سال‌های اخیر در اقصی نقاط کشور با افزایش دمای هوا و کاهش بارش همراه بوده است) بر وضعیت درآمدی کشاورزان اراضی پایین‌دست سد طالقان اثرگذار می‌باشد و این اثرات مطابق با نتایج بدست آمده در این پژوهش در جهت منفی نمایان شده‌اند.

نتیجه گیری و پیشنهادها

تغییر اقلیم پدیده‌ای است که از طریق اثرات مستقیم تغییر دما و بارش بر روی بخش کشاورزی تأثیرگذار است. بدین منظور، در این پژوهش اثرات نابهنگامی تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی و وضعیت درآمدی کشاورزان در محدوده مطالعاتی اراضی پایین‌دست سد طالقان ارزیابی شد. برای تحقق هدف بالا، ابتدا از یک روش اقتصادسنجی مبتنی بر تحلیل رگرسیون برای بررسی اثرات تغییر اقلیم ناشی از کاهش بارش و افزایش دما بر عملکرد محصولات منتخب زراعی اراضی پایین‌دست سد طالقان استفاده شد. در ادامه از یک سیستم مدل‌سازی اقتصادی مشتمل بر مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی چند دوره‌ای (MP-PMP) با رهیافت تابع تولید CES و تابع هزینه نمایی یا ترانسندنتال برای بررسی اثرات تغییر عملکرد محصولات منتخب زراعی بر تولیدات کشاورزی و وضعیت درآمدی کشاورزان دشت قزوین استفاده شد. روش اقتصادسنجی در نرم‌افزار Eviews نسخه ۱۹ و مدل اقتصادی در نرم‌افزار کاربردی GAMS24.7 حل شدند.

نتایج بخش نخست این پژوهش که بدست آمده حل روش اقتصادسنجی است، نشان دادند که تغییر اقلیم به گونه محسوس بر عملکرد محصولات منتخب اراضی پایین‌دست سد طالقان اثرگذار است. در واقع، این تغییرات موثر به نحوی می‌باشند که متغیرهای بارش و دما اثر منفی بر عملکرد گندم و کلزا و اثر مثبت بر عملکرد جو، ذرت، چغندر و یونجه دارند. عملکرد گوجه‌فرنگی نیز تحت تأثیر تغییرات مثبت دما و تغییرات منفی بارش قرار دارد. نتایج این بخش از مطالعه در راستای نتایج پژوهش نورووود[1](۲۰۰۲) است. وی تأثیر پارامترهای اقلیمی را در مناطق کشت گندم دیم در دشت‌های بزرگ ایالت کانزاس آمریکا بررسی کرد و به این نتیجه رسید که تبخیر و بارندگی نسبت به سایر عوامل اقلیمی، بیش‌ترین تأثیر را در طول مراحل رشد این محصول دارند، اما افزایش دما نیز در این زمینه بی‌تأثیر بر عملکرد گندم دیم نمی‌باشد. هم‌چنین، نتایج بدست آمده در این پژوهش هم‌سو با یافته‌های پژوهش وستکات و همکاران (۲۰۰۵) می‌باشد. آن‌ها در مطالعه خود واکنش عملکرد محصول ذرت دانه‌ای را نسبت به بارندگی‌های تخمین زده شده به وسیله سرویس آب و هوایی ملی در نه ایالت از ایالت‌های مرکزی آمریکا مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تغییرات عملکرد ذرت دانه‌ای در اراضی تحت کشت اغلب ایالت‌های مورد بررسی تا حد زیادی متأثر از مقدار بارش‌های سالانه است. افزون بر این، نتایج بدست آمده از تحلیل‌های رگرسیونی در این مطالعه در راستای نتایج بدست آمده از پژوهش‌های واثقی و اسماعیلی (۱۳۸۷) و پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۲)، مومنی و زیبایی (۱۳۹۲)، زرعکانی و همکاران (۱۳۹۳) و محمودی و پرهیزکاری (۱۳۹۴) در کشور می‌باشد. نتایج بدست آمده از حل مدل اقتصادی

1. Norwood

برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی چند دوره‌ای نیز در این پژوهش نشان دادند که پس از اعمال سناریوی اقلیمی دو درجه افزایش دما و پانزده میلی‌متر کاهش بارش، کشاورزان اراضی پایین‌دست سد طالقان سطح زیرکشت محصولات گندم آبی، گوجه‌فرنگی و کلزا را کاهش می‌دهند و به توسعه سطح زیرکشت جو آبی، ذرت، چغندر و یونجه متمایل می‌شوند. افزون بر یافته‌های بالا، نتایج این پژوهش نشان دادند که با اعمال سناریوی اقلیمی فوق مجموع سود ناخالص کشاورزان اراضی پایین‌دست سد طالقان نسبت به سال پایه (۱۳۹۴-۹۵) به مقدار ۲/۹ درصد کاهش می‌یابد که این امر پیامدهای منفی رخداد پدیده تغییر اقلیم را در محدوده مطالعاتی اراضی پایین‌دست سد طالقان و برای کشاورزان این منطقه بازگو می‌کند. این بخش از نتایج پژوهش با نتایج پژوهش سانچیس و فیجوبلو (۲۰۰۹) در خارج از کشور نزدیکی دارد. آن‌ها در پژوهش خود به این نتیجه دست یافتند که پدیده تغییر اقلیم ناشی از افزایش دما و کاهش بارش افزون بر ویژگی‌های اجتماعی کشاورزان مناطق اروپایی، شرایط اقتصادی آن‌ها را نیز تحت تأثیر قرار داده و منجر به کاهش سود اقتصادی کشاورزان در سطح مزارع شده است. هم‌چنین، یافته‌های این پژوهش هم‌سو با نتایج پژوهش مومنی و زیبایی (۱۳۹۲) در زمینه اثرات تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی استان فارس است. آن‌ها در پژوهش خود با اعمال سناریوهای مختف دمایی و بارشی به این نتیجه رسیدند که در صورت کاهش بارش و عدم تغییر دمای هوا در منطقه مورد بررسی مقدار رفاه اجتماعی کشاورزان منطقه تا ۱/۵ درصد نسبت به دوره مبنا کاهش می‌یابد. خالقی و همکاران (۱۳۹۳) نیز در پژوهش خود با بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تولید بخش کشاورزی و اقتصاد ایران به نتایج مشابه و همسو با یافته‌های این پژوهش دست یافتند. آن‌ها بیان داشتند که در اثر تغییر اقلیم پیش‌بینی شده برای ایران در دوره زمانی ۲۰۲۵-۲۰۰۰، تولیدات بخش کشاورزی ۵/۳۷ درصد کاهش می‌یابد که به تناسب آن تولید ملی کشور ۹/۵ درصد کاهش پیدا می‌کند و درآمد خانوارهای روستایی و کشاورز واقع در دهک‌های پایین در اغلب نقاط کشور کاهش پیدا می‌کند.

روی هم رفته، با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش و نابهنگامی تغییرات اقلیمی در برنامه‌ریزی برای افزایش مقدار تولید محصولات کشاورزی در اراضی پایین‌دست سد طالقان، پیشنهاد می‌شود که ابتدا به عامل بهبود عملکرد در واحد سطح پرداخته شود و توسعه سطح زیرکشت محصولاتی چون ذرت، چغندر و جو در اولویت بعدی قرار گیرد چرا که توسعه سطح زیرکشت این محصولات به واسطه حمایت‌های دولت اگر چه می‌تواند انگیزه‌های کشاورزان را برای بهبود عملکرد افزایش دهد، اما منجر به کاهش سطح زیرکشت محصولات رقیبی چون گندم و کلزا خواهد شد که این امر بازار مصرف استان قزوین و استان‌های هم‌جوار آن (به خصوص تهران و البرز) را در بلندمدت با مشکلات عدیده مواجه خواهد کرد. افزون بر این، بخشی از یافته‌های این

مطالعه نشان داد که اثر تغییر اقلیم بر عملکرد کلیه محصولات منتخب اراضی پایین‌دست سد طالقان الزاماً منفی نیست، لذا می‌توان به جنبه‌های مثبت تغییر اقلیم نیز توجه داشت و از آن در راستای افزایش عملکرد در واحد سطح محصولات منتخبی چون کلزا و یونجه و هم‌چنین، بهره‌برداری بهینه از منابع و امکانات منطقه در جهت جبران سود ناخالص کاهش یافته کشاورزان در سطح اراضی محصولاتی چون جو، ذرت و چغندر قند بهره گرفت و از این راه به بهبود وضعیت درآمدی کشاورزان اراضی پایین‌دست سد طالقان کمک کرد.

منابع

- ابریشمی، ح. (۱۳۸۳). مبانی اقتصاد سنجی، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۸۴۷ صفحه.

- پرهیزکاری، ا. (۱۳۹۲). تعیین ارزش اقتصادی آب آبیاری و پاسخ کشاورزان به سیاست‌های قیمتی و غیرقیمتی در استان قزوین. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل.

- پرهیزکاری، ا. و صبوحی، م. (۱۳۹۱). مدیریت بهره‌برداری و تخصیص بهینه منابع آب جهت تعیین الگوی مناسب کشت. سومین کنفرانس مدیریت جامع منابع آب، دانشگاه ساری دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۹ و ۲۰ مرداد ماه.

- پرهیزکاری، ا. و صبوحی، م. (۱۳۹۲). شبیه‌سازی پاسخ کشاورزان به سیاست کاهش آب آبیاری دردسترس. مجله آب و آبیاری، ۳(۲): ۴۲-۵۳.

- پرهیزکاری، ا. و صبوحی، م. (۱۳۹۲). تحلیل اقتصادی اثرات توسعه تکنولوژی و مکانیزاسیون بر تولید بخش کشاورزی استان قزوین. مجله پژوهشات اقتصاد کشاورزی، ۵(۴): ۱-۲۳.

- پرهیزکاری، ا. صبوحی، م. و ضیائی، س. (۱۳۹۲). شبیه‌سازی بازار آب و تحلیل اثرات سیاست اشتراک‌گذاری آب آبیاری بر الگوی کشت تحت شرایط کم‌آبی. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۷(۳): ۲۵۲-۲۴۲.

- پرهیزکاری، ا. نوروزیان، م. و صبوحی، م. (۱۳۹۲). تحلیل اقتصادی اثرات تغییرات اقلیم بر عملکرد پنبه آبی در استان‌های منتخب. مجله هواشناسی کشاورزی، ۲(۱): ۷۳-۷۹.

- پرهیزکاری، ا. صبوحی، م. احمدپور، م. و بدیع برزین، ح. (۱۳۹۳). شبیه‌سازی واکنش کشاورزان به سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری (مطالعه موردی: شهرستان زابل). نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۸(۲): ۱۷۶- ۱۶۷.

- پرهیزکاری، ا. (۱۳۹۶). مدلسازی اقتصادی- هیدرولوژیکی جامع کشاورزی و منابع آب استان تهران جهت ارزیابی آثار بالقوه خشکسالی، گرمایش جهانی و استقرار بازارهای آب محلی. پایان‌نامه دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه پیام نور تهران.
- پیش‌بهار، ا. دارپرنیان، س. و قهرمان‌زاده، م. (۱۳۹۴). بررسی آثار تغییرات اقلیمی بر عملکرد ذرت دانه‌ای در ایران: کاربرد رهیافت اقتصادسنجی فضایی با داده‌های پانلی. مجله پژوهشات اقتصاد کشاورزی، ۷(۲): ۸۳-۱۰۶.
- خالقی، س. بزازان، ف. و مدنی، ش. (۱۳۹۳). اثر تغییر اقلیم بر تولید بخش کشاورزی و بر اقتصاد ایران (رویکرد ماتریس حسابداری اجتماعی). مجله پژوهشات اقتصاد کشاورزی، ۷(۱): ۱۳۶-۱۱۳.
- خانلری، ا. (۱۳۹۱). اثر تغییر اقلیم بر کاربری اراضی و عملکرد بخش کشاورزی استان مازندران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل.
- رامشت، م.ح. (۱۳۷۵). تحلیلی بر احتمال بارش ۳۰۰ میلی‌متر در مناطق جغرافیایی ایران. مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه اصفهان، ۸: ۴۹-۳۳.
- زرعکانی، ف. کمالی، غ. و چیذری، ا.ح. (۱۳۹۳). اثر تغییر اقلیم بر اقتصاد گندم دیم (مطالعه موردی: خراسان شمالی). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۶(۲): ۳۱۰-۳۰۱.
- سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین. (۱۳۹۴). بخش تولید و بهبودات گیاهی.
- شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین. (۱۳۹۴). بخش مطالعات پایه منابع آب.
- صبوحی، م. پرهیزکاری، ا. (۱۳۹۲). تحلیل اثرات اقتصادی و رفاهی تشکیل بازار آب آبیاری در استان قزوین. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۷(۴): ۳۳۸-۳۵۰.
- عزیزی، ق. و روشنی، م. (۱۳۸۸). تحلیلی بر مفاهیم و اثرات تغییر اقلیم بر روی دما و تقویم زراعی محصول برنج در گیلان، فصلنامه چشم انداز جغرافیایی، ۴(۸): ۱۴۳-۱۵۵.
- غیور، ح. و مسعودیان، س. (۱۳۷۶). اثرات گرمترشدن زمین بر چرخه‌ی آب در طبیعت. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۴۶: ۶۹-۵۳.
- محمدی، ح. و جاوری، م. (۱۳۸۵). تغییرات زمانی بارش ایران. مجله محیط شناسی، ۳۲(۴۰): ۸۷-۱۰۰.
- محمودی، ا. و پرهیزکاری، ا. (۱۳۹۴). تحلیل اقتصادی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات، الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان (مطالعه موردی: دشت قزوین). مجله رشد و توسعه اقتصاد روستایی و کشاورزی، ۱(۲): ۲۵-۴۰.
- مومنی، س. و زیبایی، م. (۱۳۹۲). اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی استان فارس. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۷(۳): ۱۶۹-۱۷۹.

- ناصری، م. تقوی، ف. و زهرایی، ب. (۱۳۸۸). رفتارشناسی مکانی- زمانی بارش در محدوده استان قزوین با استفاده از روش توابع متعامد معمولی و فازی. مجله فیزیک زمین و فضا، ۳۷(۳): ۲۰۳- ۱۹۱.

- نجف‌پور، ب. (۱۳۸۵). نقش اقلیم در برنامه‌ریزی و مدیریت محیط در ایران. مجله پیک‌نور، ۲: ۱۲۶- ۱۱۶.

- نوفرستی، م. (۱۳۷۸). ریشه واحد و همجمعی در اقتصادسنجی، چاپ اول، انتشارات رسا.

- وب سایت سازمان هواشناسی استان قزوین. (۱۳۹۴). (www.qazvinmet.ir).

- واثقی، ا. و اسماعیلی، ع. (۱۳۸۷). اثرات تغییرات اقلیم بر رانت زمین کشاورزی: مطالعه موردی ذرت. مجله اقتصاد و کشاورزی، ۲(۳): ۲۶-۴۷.

Refrences

- Angel, J. (2008). Potential impacts of climate change on water availability. Illinois State Water Survey, Institute of Natural Resource Sustainability, 12(1): 397-409.

- Bates, B. Kundzewicz, Z.W. & Palutikof, J. (2008). Climate change and water, Intergovernmental Panel on Climate Change, 88:197-206.

- Calzadilla, A. Zhu, T. Rehdanz, K. Tol, R.S.J. & Ringler, C. (2014). Economywide impacts of climate change on agriculture in Sub-Saharan Africa. Ecological Economics, 93(2): 150-165.

- Graveline, N. (2016). Economic calibrated models for water allocation in agricultural production: A review. Environmental Modelling and Software, 81: 12-25.

- He, L. Tyner, W.E. Doukkali, R. & Siam, G. (2006). Policy options to improve water allocation efficiency: analysis on Egypt and Morocco. Water International, 31: 320–337.

- Heckelei, T. (2002). Calibration and Estimation of Programming Models for Agricultural Supply Analysis, University of Bonn, No: 159.

- Howitt, R.E. (1995). Positive mathematical programming .American Journal of Agricultural Economics, 77(2):329-342.

- Howitt, R.E. Medellin-Azuara, J. MacEwan, D. & Lund, R. (2012). Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. Science of the Environmental Modeling and Software, 38: 244-258.

- Liakgzhi, Y. Mark, W.R. Stanley, W. & Dongsheng, S. (2009). Impact of growing season temperature on wheat productivity in China. Agricultural and Forest Meteorology, 149(6): 1009-1014.

- Medellan-Azuara, J. Harou, J. & Howitt, R. (2010). Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation, Science of the Total Environment, 408: 5639–5648.

- Meyer, A. Tsui, A.S. & Hinings, C.R. (1993). Configurationally approaches to organizational analysis. Academy of Management Journal, 36: 1175–1195.

- Norwood, Ch. (2000). A dry land winter wheat as affected by previous crops, Agronomy Journal, 12 (3): 147-159.

- Qureshi, M.E., Mobin-ud-Din, A., Stuart, M.W. & Mac, K. (2014). a multi-period positive mathematical programming approach for assessing economic impact of drought in the Murray-Darling Basin, Australia. Economic Modelling, 39(1): 293-304.

- Sanchis, F.M. & Feijoo-Bello, M.L. (2009). Climate change and its marginalizing effect on agriculture, Ecological Economics, 68(3):896-904.

- Travis, J. Lybbert, J. & Daniel, A. (2012). Sumner, Agricultural technologies for climate change in developing countries: Policy options for innovation and technology diffusion. Food Policy, 37(1):114-123.

- Xiao, G. Zhang, Q. Li, Y. Wang, R. Yao, Y. Zhao, H. & Bai, H. (2010). Impact of temperature increase on the yield of winter wheat low and high altitudes in semiarid northwestern china. Agricultural Water Management, 97(1): 1360-1364.

پیوست‌ها

جدول ۱- داده‌های مربوط به محصولات زراعی اراضی پایاب سد طالقان در سال ۹۵-۱۳۹۴.

محصول زراعی	الگوی سال پایه (ha)	عملکرد (kg/ha)	نیازآبی (m^3/ha)	قیمت (ریال/kg)	سرمایه* (kg/ha)	نیروی‌کار (نفر-روز)	کشش عرضه
گندم	۴۶۹۲	۴۳۸۰	۴۱۸۶	۹۳۷۰	۲۱۴۶	۲۲	۰/۳۹
جو	۳۴۸۰	۴۶۲۰	۴۰۵۲	۸۷۵۰	۱۲۶۴	۲۱	۰/۳۶
ذرت	۱۰۶۵	۱۰۶۱۴	۴۶۳۵	۸۹۲۵	۲۳۷۰	۲۷	۰/۴۳
گوجه‌فرنگی	۲۰۱۹	۱۸۱۵۳	۷۴۹۸	۸۵۷۰	۱۹۴۶	۴۸	۰/۵۶
چغندر	۱۴۲۰	۲۶۷۱۹	۶۰۹۷	۶۱۰۰	۲۱۷۲	۳۱	۰/۵۸
یونجه	۴۷۸۶	۱۱۵۳۰	۸۲۵۵	۵۳۷۰	۱۸۳۰	۱۹	۰/۴۰
کلزا	۴۳۴۰	۳۰۷۹	۵۸۱۰	۳۱۴۵۰	۱۱۹۵	۲۵	۰/۷۱

*: منظور از سرمایه مجموع نهاده‌های کود شیمیایی، سم و بذر است.

مأخذ: سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین، ۹۵-۱۳۹۴

جدول ۲- میانگین مقادیر متغیرهای اقلیمی برای اراضی پایین‌دست سد طالقان در مقایسه با سطح کشور.

متغیر اقلیمی	سطح بررسی	سال‌های مورد بررسی			
		۷۷-۱۳۷۰	۸۳-۱۳۷۸	۸۸-۱۳۸۴	۹۵-۱۳۸۹
بارش (mm)	قزوین	۲۳۸/۵	۲۰۱/۹	۲۳۳/۴	۲۳۰/۸
	ایران	۲۵۶/۲	۲۵۷/۱	۲۵۳/۰	۲۵۲/۴
دما (°C)	قزوین	۱۸/۱	۱۶/۰	۱۹/۸	۲۰/۹
	ایران	۲۱/۶	۲۳/۱	۲۲/۷	۲۳/۷
تبخیر (mm)	قزوین	۹۷۲	۹۸۴	۹۹۱	۱۰۳۲
	ایران	۱۹۶۶	۱۹۸۲	۱۹۷۸	۲۰۴۹

مأخذ: گزارش‌های سازمان هواشناسی استان قزوین، ۹۵-۱۳۹۴

جدول ۳- منابع آب قابل دسترس در اراضی پایین‌دست سد طالقان طی سال پایه (برحسب میلیون مترمکعب).

نوع منبع آب	حجم آب سطحی	حجم آب زیرزمینی	حجم کل آب دردسترس	سهم منبع آب (درصد)
چاههای عمیق شخصی	۰	۲۸/۳۳	۲۸/۳۳	۱۵/۱۷
چاههای نیمه‌عمیق شخصی	۰	۱۵/۷۲	۱۵/۷۲	۸/۴۱
چاههای عمیق دولتی	۰	۱۶/۴۹	۱۶/۴۹	۸/۸۲
کانال‌ها و سدهای انحرافی	۳۹/۰۸	۰	۳۹/۰۸	۲۱/۳
رودخانه و آب تجمع یافته	۶۲/۶۷	۰	۶۲/۶۷	۳۳/۵
قنات و چشمه	۰	۲۴/۵۰	۲۴/۵۰	۱۳/۱
مجموع	۱۰۱/۷۵	۸۵/۰۴	۱۸۶/۷۹	۱۰۰

مأخذ: شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان قزوین، ۹۵-۱۳۹۴

جدول ۴- اثر متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر عملکرد محصولات منتخب در اراضی پایین‌دست سد طالقان.

متغیر	گندم	جو	ذرت	چغندر	کلزا	گوجه‌فرنگی	یونجه
عرض از مبدا	۰/۴۶	۱/۱۷*	۱/۴۴	۱/۰۹	۱/۴۷	۰/۶۲*	۴/۱**
بارش	-۰/۱۱**	۰/۶۵**	۰/۳۲***	۰/۳۸**	-۰/۲۷**	-۰/۳۶**	۰/۵۸**
دما	-۰/۰۹***	۰/۱۳**	۰/۲۸**	۰/۱۵***	-۰/۱۲***	۰/۲۹*	۰/۲۲*
$\bar{R}^2$	۰/۷۶	۰/۸۲	۰/۷۹	۰/۹۱	۰/۸۵	۰/۶۸	۰/۷۶
D.W	۱/۹۳	۱/۸۷	۲/۰۱	۱/۸۹	۱/۹۰	۱/۴۲	۲/۰
F	۴۱	۱۰۳	۶۹	۷۴	۴۳	۱۱۳	۳۶
AR(۱)	۰/۶۷***	۰/۵۱***	۰/۷۸**	۰/۷۰***	۰/۶۴**	۰/۵۹**	۰/۵۱***

*: معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد **: معنی‌دار در سطح ۵ درصد ***: معنی‌دار در سطح ۱ درصد

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۵- نتایج بدست آمده از اعمال سناریوی اقلیمی تلفیقی بر مقدار عملکرد و الگوی کشت محصولات منتخب در اراضی پایین‌دست سد طالقان.

محصولات منتخب زراعی	مقادیر سال پایه (هکتار)	سناریوی تغییر اقلیم اعمال شده		تغییرات عملکرد (درصد)	تغییرات سطح زیرکشت (هکتار)	تغییرات سطح زیرکشت (درصد)
		دما	بارش			
گندم	۴۶۹۲	+۲ °C	-۱۵ mm	-۲۱/۴	۳۴۰۵	-۲۷/۴
جو	۳۴۸۰	+۲ °C	-۱۵ mm	۱۴/۹	۴۰۰۶	۱۵/۱
ذرت	۱۰۶۵	+۲ °C	-۱۵ mm	۱۹/۱	۱۱۶۵	۱۲/۰
گوجه‌فرنگی	۲۰۱۹	+۲ °C	-۱۵ mm	-۱۶/۵	۱۸۷۴	-۷/۱۹
چغندر	۱۴۲۰	+۲ °C	-۱۵ mm	۱۷/۴	۱۶۲۸	۱۴/۶
یونجه	۴۷۸۶	+۲ °C	-۱۵ mm	۱۳/۰	۵۳۲۷	۱۱/۳
کلزا	۴۳۴۰	+۲ °C	-۱۵ mm	-۲۶/۲	۳۸۴۰	-۱۲/۵

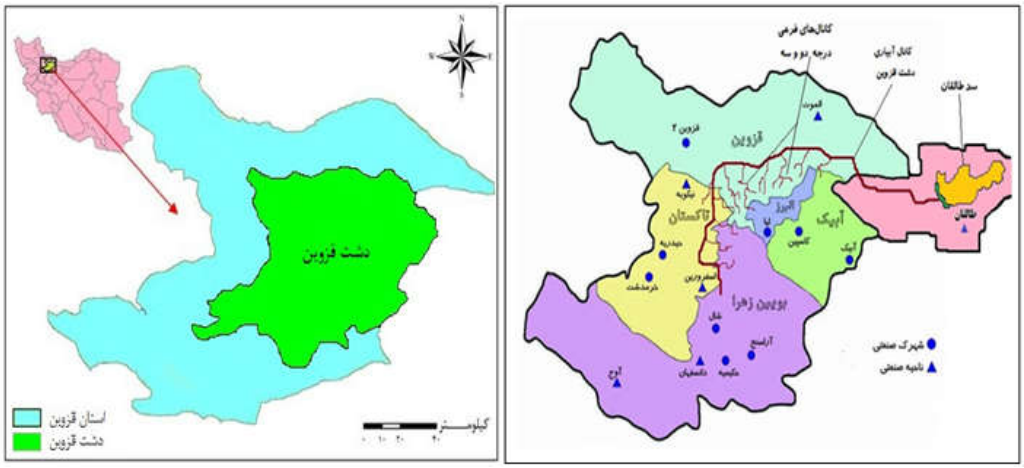
مأخذ: یافته‌های پژوهش

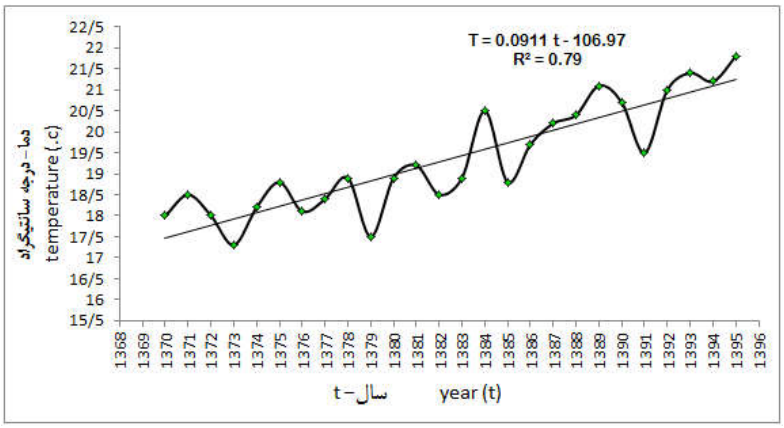
جدول ۶- تغییرات سود ناخالص کشاورزان در هر هکتار از اراضی محصولات منتخب پایین‌دست سد طالقان پس از اعمال سناریوی اقلیمی.

محصولات منتخب	سود ناخالص سال پایه (۱۰۰ ریال)	سود ناخالص پس از اعمال سناریو (۱۰۰ ریال)	درصد تغییرات سود ناخالص کشاورزان
گندم	۱۶۳۴۸۱	۱۷۸۴۷۳	۹/۱۷
جو	۱۴۸۵۳۷	۱۲۵۹۲۰	-۱۵/۲
ذرت	۵۱۲۸۹۲	۳۹۹۰۷۲	-۳۱/۹
گوجه‌فرنگی	۸۹۵۴۷۰	۹۵۶۴۵۰	۶/۸۰
چغندر	۸۶۲۵۱۹	۷۹۰۳۲۴	-۸/۳۷
یونجه	۳۷۱۲۰۸	۳۸۷۱۵۰	۴/۲۹
کلزا	۶۱۴۵۸۲	۶۵۹۴۶۰	۷/۰۳
سود ناخالص الگو	۹۲۰۸۴۳۷	۸۷۳۳۲۴۲	-۵/۱۶

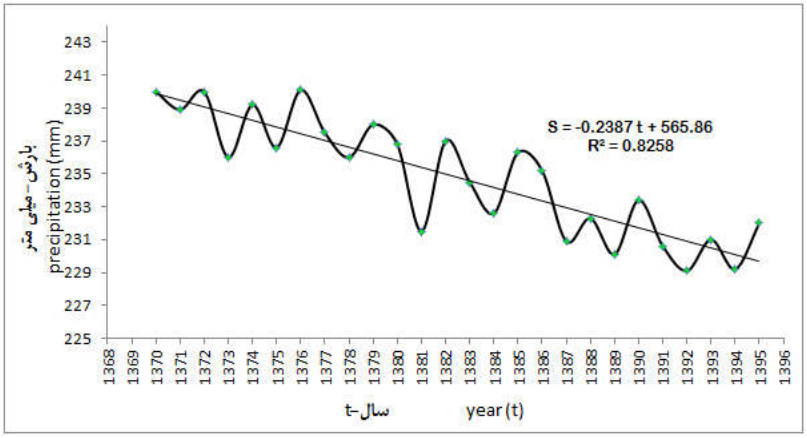
مأخذ: یافته‌های پژوهش

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی اراضی پایین‌دست سد طالقان.





شکل ۲- روند تغییرات دمای هوا در اراضی پایین‌دست سد طالقان در دوره ۱۳۹۵-۱۳۷۰.



شکل ۳- روند تغییرات بارش در اراضی پایین‌دست سد طالقان طی دوره ۱۳۹۵-۱۳۷۰.