

اثرات تغییر اقلیم و خشکسالی روی ریسک درآمدی و الگوی کشت زراعی در شبکه آبیاری دشت قزوین

مهدی اکبری، حامد نجفی علمدارلو^{۱*} و سید حبیب‌الله موسوی

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

mahdiakbari@modares.ac.ir

استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

hamed_najafi@modares.ac.ir

استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

Shamosavi@modares.ac.ir

چکیده

تغییر اقلیم یکی از خدادهای طبیعی در حال وقوع است که موجب افزایش دما، کاهش بارندگی‌ها، تغییرات بیلان آبی، کاهش سطح تولید و وقوع خشکسالی‌های پی‌درپی می‌شود. لذا پیش‌بینی و بررسی اثرات تغییر اقلیم و خشکسالی به‌منظور تصمیم‌گیری مدیران و برنامه‌ریزی آینده بسیار ضروری است. با توجه به این رویکرد، در مطالعه حاضر به بررسی اثرات تغییر اقلیم و خشکسالی بر الگوی کشت و اثرات ریسک درآمدی آن در دشت قزوین پرداخته شد. در این تحقیق، برای شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی دما و بارش در آینده و میزان تغییرات آن‌ها در ادوار آبی در غالب سناریوهای اقلیمی A1B، A2 و B1 از مدل LARS-WG استفاده شده است. همچنین از شاخص SPI به‌منظور تعیین دوره‌های خشکسالی و تغییر حجم آب استفاده گردید. در ادامه، با به‌کارگیری رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی و تدوین مدل تلفیقی موتاد-هدف با رهیافت برنامه‌ریزی اثباتی، الگوی کشت منطقه در سناریوهای اقلیمی و دوره‌های خشکسالی شبیه‌سازی و اثرات ریسکی این سناریوها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که در هر سه سناریوی اقلیمی در طی سال‌های آینده، دما افزایش و بارش کاهش می‌یابد و الگوی کشت به سمت محصولات باثبات درآمدی بالاتر سوق پیدا می‌کند و تنها سطح زیر کشت گندم کاهش می‌یابد و سطح زیر کشت دیگر محصولات افزایش می‌یابد. در سناریوی خشکسالی نیز به دلیل کاهش حجم آب، الگوی کشت به سمت محصول با آب‌بری کمتر می‌رود و محصولات باثبات درآمدی بالاتر تغییرات کمتری دارند. ریسک درآمدی با تغییر اقلیم و خشکسالی کاهش می‌یابد و در بدترین سناریوی خشکسالی (خشکسالی خیلی شدید) و تغییر اقلیم (سناریو A2 در دوره ۲۰۴۹-۲۰۴۰) به ترتیب به میزان ۶۸٫۱٪ و ۶۳٫۷۷٪ کاهش یافته است. بازده برنامه‌ای نیز همزمان با کاهش ریسک درآمدی به‌صورت غیرخطی کاهش خواهد یافت. با توجه به اثرات اقتصادی تغییر اقلیم و خشکسالی در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت، به‌منظور افزایش تولیدات کشاورزی منطقه، استفاده از واریته‌های جدید محصولات کشاورزی به‌منظور بهبود عملکرد، توسعه سطح زیر کشت محصولات با نیاز آبی کمتر نظیر جو آبی در زمان خشکسالی، و محصولات باثبات درآمدی بالاتر مانند جو آبی، ذرت دانه‌ای، چغندر و گوجه در طی سال‌های آینده پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: سناریوهای اقلیمی، شاخص استاندارد بارندگی، مدل تلفیقی موتاد-هدف

^۱- آدرس نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، گروه اقتصاد کشاورزی.

*- دریافت: آبان ۱۳۹۷ و پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۸

مقدمه

تغییر اقلیم یکی از رخدادهای طبیعی در حال وقوع است که سبب افزایش دما، کاهش بارندگی‌ها، تغییرات بیابان آبی و کاهش سطح تولید شده است (پرتوی، ۱۳۹۲). به‌طور کلی تغییرات آب و هوایی در تمام مناطق جهان تأثیر می‌گذارد که موجب بروز اختلالات قابل توجهی می‌شود که تأثیرات اجتناب‌ناپذیری بر سیاست‌های اقتصادی دارند (کولر و ماسلی، ۲۰۱۲). تغییر اقلیم به تغییرپذیری‌های بلندمدت در الگوی رفتاری میانگین فراسنجه‌های آب و هوایی یک منطقه، در شرایط نبود تغییر در وضعیت عمومی اقلیم منطقه، اطلاق می‌شود (استرن، ۲۰۰۶؛ سیواکومار و همکاران، ۲۰۰۵). این تغییرات عمدتاً به دلیل گسترش فعالیت‌های صنعتی بشر در دهه‌های اخیر و افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو زمین رخ داده است (سلیمان و همکاران، ۲۰۰۷). در نتیجه این تغییرات، پارامترهای هواشناسی نیز دچار دگرگونی شده‌اند و پدیده‌های حدی مانند سیل و خشک‌سالی بیش از سایر پدیده‌ها تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار می‌گیرند (کواویلر، ۲۰۱۱) و این تغییر باعث غیریکنواختی توزیع بارش می‌شود و بر منابع آب نیز تأثیر می‌گذارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که این پدیده می‌تواند بر سیستم‌های مختلف شامل منابع آب، کشاورزی، محیط زیست، بهداشت، صنعت و اقتصاد اثرات منفی داشته باشد (کولر و ماسلی، ۲۰۱۲).

علاوه بر کاهش بارش و افزایش دما، یکی دیگر از اثرات تغییر اقلیم، تغییر در نیاز آبی محصولات کشاورزی است (کوپر و پیلکی، ۲۰۰۴). در دو دهه گذشته و به‌خصوص در سال‌های پایانی قرن بیستم، آب و مدیریت آن به یک دغدغه‌ی بزرگ بین‌المللی تبدیل شده است. آب به عنوان یک کالای ضروری در دهه‌های اخیر به دلایل گوناگون از جمله تغییرات اقلیمی به شدت کمیاب شده و به دلیل غیرقابل جانشین بودن، مشکل کمیابی آن هر روز ملموس‌تر می‌شود (فلاحی و همکاران، ۱۳۸۷). تغییرات قابل ملاحظه شرایط اقلیمی و عدم ثبات آن، شناخت شرایط پیش رو برای برنامه‌ریزی کلان یا منطقه‌ای به خصوص

برای کشاورزان را غیر قابل اغماض نموده است. بخش کشاورزی هم از نظر اقتصادی و هم از نظر فیزیکی از تغییر عامل‌های آب و هوایی همچون دمای محیط و بارش آسیب‌پذیر است (بنین، ۲۰۰۸) و تغییر در الگوی این دو متغیر می‌تواند عملکرد محصول را در طول زمان برداشت کاهش دهد (زاید، ۲۰۰۳). بررسی‌ها حکایت از آن دارد که کمترین تغییر در میزان بارش و درجه حرارت می‌تواند آسیب‌های ناگواری به بخش‌های گوناگون کشاورزی و اقتصاد وارد نماید (عباسی و همکاران، ۱۳۸۹) و طبق یافته‌های هیئت بین‌الدولی تغییر اقلیم (IPCC)، تأثیر تغییر اقلیم در همه نقاط به یک اندازه نیست و آثار آن بر کشاورزی در عرض‌های جغرافیایی پایین و کشورهای کم درآمد بیشتر است (IPCC, 1996). یکی از مهم‌ترین آثار تغییر اقلیم و خشک‌سالی بر بخش کشاورزی، کاهش عملکرد محصولات کشاورزی و به تبع آن کاهش تولید می‌باشد. همین امر ریسک تولید را افزایش داده و آثار آن باید در تصمیمات مربوط به مدیریت تولید محصولات کشاورزی در نظر گرفته شود (دیلون و اندرسون، ۱۹۷۱؛ ساسمال، ۱۹۹۳؛ گاج و رگو، ۱۹۹۶) و الگوی کشت محصولات کشاورزی بر مبنای آن صورت پذیرد. طراحی و اجرای الگوی بهینه کشت، سال‌هاست که در بسیاری از کشورهای جهان به کار گرفته شده و به کمک آن بسیاری از مشکلات تولید محصولات زارعی، باغی و مرتعی نیز مرتفع شده است (سانی و همکاران، ۱۹۹۵).

در زمینه مطالعه آثار اقتصادی خشک‌سالی و تغییر اقلیم معمولاً از رهیافت‌های متفاوتی استفاده می‌شود. در رهیافت اول آثار اقتصادی با استفاده از برآوردهای رگرسیونی و یا برنامه‌ریزی ریاضی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. برای نمونه، واتقی و اسماعیلی (۱۳۸۷) نشان دادند که متغیرهای اقلیمی آثار معنی‌دار و غیرخطی بر درآمد خالص به ازای هر هکتار کشت گندم دارند و افزایش دما و کاهش بارندگی تا ۱۰۰ سال آینده باعث ۴۱ درصد کاهش در بازده کشت گندم در کشور می‌گردد. خالقی و همکاران (۱۳۹۳) به این نتیجه رسیدند که در اثر تغییر اقلیم پیش‌بینی

شده برای ایران در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵، تولید بخش کشاورزی ۳۷/۵ درصد کاهش می‌یابد که متناظر با آن تولید ملی به مقدار ۹/۵ درصد کاهش پیدا می‌کند. همچنین کاستلو و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از مدل داده‌های ترکیبی با اثرات ثابت، چگونگی تأثیرگذاری پارامترهای دما و بارش بر تولید محصولات کشاورزی مناطق مختلف کالیفرنیا را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که تغییرات اقلیم دارای آثار مثبت بر بخش کشاورزی کالیفرنیا است و تحت سناریوی A2، سود در بخش کشاورزی به ترتیب به میزان ۸/۶، ۲۷/۵ و ۴۱ درصد افزایش خواهد یافت. پرهیزکاری (۱۳۹۶) با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) به ارزیابی اثرات نابهنگامی تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی و وضعیت درآمدی کشاورزان اراضی پایین‌دست سد طالقان پرداخته است. وی 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 را تحلیل کرد. نتایج نشان داد که با اعمال سناریوی تلفیقی، عملکرد جو آبی، ذرت دانه‌ای، چغندر قند و یونجه، افزایش و عملکرد گندم آبی، گوجه‌فرنگی و کلزا کاهش می‌یابد. کالزادیل و همکاران (۲۰۱۳) راه کارهای تطبیق با تغییرات اقلیم در بخش کشاورزی را با استفاده از یک مدل تعادل عمومی در صحرای ساهاران افریقا را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که تغییرات اقلیم بدون در نظر گرفتن اثر مثبت غلظت کربن دی‌اکسید تا سال ۲۰۵۰ منجر به کاهش ۱/۶ درصدی تولید غذا و نیز کاهش ۰/۲ درصدی GDP در منطقه می‌گردد که افزایش سه درصدی بهره‌وری تولید محصولات آبی و دیم می‌تواند زیان فوق را جبران نماید.

گروه دیگری از مطالعات نیز از رهیافت‌های شبیه‌سازی برای بررسی آثار تغییر اقلیم و خشکسالی استفاده کرده‌اند. برای مثال کانگ و همکاران (۲۰۱۵) نتیجه گرفتند که تغییرات اقلیم موجب افزایش مقدار تبخیر-تعرق و در

پی آن افزایش عملکرد گیاه ذرت در جنوب شرق استرالیا می‌شود.

دسته دیگری از مطالعات، از رهیافت‌های ترکیبی مانند بیو-اقتصادی یا هیدرو-اقتصادی استفاده کرده‌اند. برای نمونه، مدلین-آزوارا و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی اثرات اقتصادی تغییر اقلیم بر کشاورزی کالیفرنیا با استفاده از مدل SWAT که با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی اثباتی کالیبره شده پرداختند. همچنین ماننا و همکاران (۲۰۰۹) ارزیابی آثار اقتصادی تغییر اقلیم در برزیل با استفاد از تلفیق مدل‌های هیدرولوژی و اقتصادی پرداختند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که تأثیرگذاری تغییر اقلیم بر کشاورزان متفاوت است و به عواملی همچون میزان دسترسی به منابع آب زیرزمینی و موقعیت قرار گرفتن مزرعه در حوزه‌ی آبریز بستگی دارد. همچنین سلطانی و موسوی (۱۳۹۵) با ارزیابی آثار بالقوه‌ی تغییرات اقلیم بر منابع آب زیرزمینی دشت همدان (بهار) با استفاده از مدل داده‌های ترکیبی، مدل LARS-WG و برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهند که منابع آب زیرزمینی دشت دارای تأثیرپذیری منفی نسبت به کاهش بارندگی و افزایش درجه حرارت هستند و تغییرات اقلیم از طریق کاهش بیابان آب‌های زیرزمینی، دارای آثار منفی بر الگوی کشت منطقه است.

همچنین تاکنون مطالعات متنوعی در زمینه‌های اقتصادی و الگوی کشت در دشت قزوین صورت پذیرفته است (پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۴؛ منتظر و لطفی، ۱۳۸۷؛ باریکانی و همکاران، ۱۳۹۱؛ پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۶؛ محمودی و همکاران، ۱۳۹۴؛ یوسف دوست و همکاران، ۱۳۹۵؛ مظفری، ۱۳۹۴) که عمده کارهای اقتصادی در زمینه الگوی کشت منطقه می‌باشد و بیانگر اهمیت این منطقه در کشاورزی استان قزوین و ایران می‌باشد.

کشاورزی نقش مهمی در اقتصاد استان قزوین ایفا می‌کند. دشت قزوین با ۴۴۳ هزار هکتار وسعت از نظر پیشینه تاریخی، محصولات کشاورزی، اهمیت اقتصادی و تاریخی بسیار مهمی در میان دشت‌های ایران دارد. این

روش تحقیق

در مطالعه حاضر، ابتدا به منظور بررسی اثر خشکسالی بر حجم آب موجود در منطقه مورد مطالعه، از شاخص SPI برای تعیین طبقات خشکسالی مورد استفاده قرار گرفت. برای مدل سازی شرایط تغییر اقلیم در منطقه از خروجی های مدل گردش عمومی HadCM3 (-LARS WG 5.5) تحت سه سناریو A1B، A2 و B1 استفاده گردید. پس از آن، با استفاده از مدل لگاریتمی تابع تولید، تأثیر متغیرهای اقلیمی بر عملکرد محصولات زراعی (گندم آبی، جو آبی، ذرت دانه‌ای، چغندر و گوجه‌فرنگی) تخمین زده شد. در آخر، الگوی کشت منطقه در شرایط خشکسالی (کاهش آب) و تغییر اقلیم در آینده با استفاده از مدل کالیبره موتاد هدف با رهیافت برنامه‌ریزی مثبت تعیین گردید.

شاخص بارندگی SPI: نمایه بارش استاندارد شده (Standardized Precipitation Index) توسط مک‌کی و همکاران (۱۹۹۳) جهت تعیین دوره‌های خشکسالی و ارزیابی شدت آن تدوین شد. این شاخص برای هر منطقه بر اساس ثبت بارندگی‌های طولانی‌مدت آن محاسبه می‌شود. در ابتدا توزیع آماری مناسب بر آمار بلند مدت بارندگی برازش داده می‌شود، معمولاً برای این کار توزیع گاما در نظر گرفته می‌شود، سپس تابع توزیع تجمعی با استفاده از احتمالات مساوی به توزیع نرمال تبدیل می‌گردد (مک‌کی و همکاران، ۱۹۹۳؛ ادوارد، ۱۹۹۷). در واقع SPI عبارت است از متغیری از تابع توزیع نرمال استاندارد شده که مقدار احتمال تجمعی آن با مقدار احتمال تجمعی متغیر مورد نظر از توزیع گامای به‌دست‌آمده، مساوی باشد (مساعدی و قبائی، ۲۰۱۱). شدت و تداوم خشکسالی‌های هواشناسی در مقیاس‌های کوتاه‌مدت و خشکسالی‌های هیدرولوژیک در مقیاس‌های بلندمدت توسط این شاخص برآورد می‌شود. طبقات مختلف بر اساس نتایج (مک‌کی و همکاران، ۱۹۹۳) در جدول ۱ آورده شده است.

دشت در فلات مرکزی ایران قرار گرفته و دارای اقلیم نیمه-خشک، تابستان‌های گرم و زمستان‌های نسبتاً سرد است. دشت قزوین تحت پوشش شبکه مدرن آبیاری قرار گرفته است که از سد مخزنی طالقان تغذیه می‌شود (کاوایانی و همکاران، ۱۳۹۰). در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ بالغ بر ۲/۷۶ میلیون تن محصولات مختلف زراعی در استان قزوین برداشت شده است که ۹۵ درصد آن از مزارع آبی و پنج درصد بقیه از مزارع دیم حاصل شده است (بی‌نام، ۱۳۹۷). بر اساس اطلاعات سازمان هواشناسی قزوین طی دوره ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۴ دمای متوسط سالانه به میزان ۰٫۹ درجه سانتی‌گراد افزایش و بارش به میزان سه میلیمتر کاهش یافته است. آب‌های سطحی در این منطقه از راه بارندگی، جریان‌های ذخیره‌ای پشت سد و تشکیل رودخانه‌های فصلی حاصل می‌شوند. افزایش دمای هوا و کاهش بارندگی نیز سبب شده تا فعالیت‌های زراعی در اراضی مستعد پایین‌دست سد طالقان (دشت قزوین) تحت تأثیر قرار بگیرد. زراعت محصولات با کشت بهار به دلیل تغییر اقلیم به وجود آمده با بیش از یک بار کشت در هر سال زراعی صورت می‌گیرد. با توجه به آنچه بیان شد؛ تغییر اقلیم و خشکسالی در چند دهه اخیر تأثیرات چشمگیری بر میزان موجودیت منابع آب در این دشت داشته است، از این رو بررسی این پدیده‌ها برای مقابله، برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب در دوره‌های آتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و اتخاذ تصمیمات منطقی در رابطه با تعیین الگوی کشت بسیار ارزشمند است. با توجه به اینکه تابحال در منطقه مورد مطالعه، اثرات تغییر اقلیم در طی سال‌های آتی و خشکسالی و با استفاده از مدل‌های ریسکی صورت پذیرفته است، جنبه نوآوری پژوهش حاضر این موضوع می‌باشد. در نتیجه، پیش‌بینی وضعیت اقلیمی و خشکسالی از ملزومات برنامه‌ریزی جهت توسعه اقتصادی و اجتماعی هر منطقه‌ای محسوب می‌شود.

جدول ۱- ضرایب شاخص خشک‌سالی SPI

طبقه خشک‌سالی	مقادیر SPI
ترسالی خیلی شدید	بالتر از ۲
ترسالی شدید	۱/۵ تا ۱/۹۹
ترسالی ملایم	۱ تا ۱/۴۹
نرمال	۰ تا ۰/۹۹
خشک‌سالی ملایم	۰ تا ۰/۹۹-
خشک‌سالی متوسط	۱- تا ۱/۴۹-
خشک‌سالی شدید	۱/۵- تا ۱/۹۹-
خشک‌سالی بسیار شدید	۲- و بالاتر

مستقل از هم عمل می‌نمایند، جمعیت دنیا به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد و توسعه اقتصادی، منطقه محور است. در سناریو B1 کشورهای دنیا واگرا و دوست‌دار محیط زیست در نظر گرفته می‌شوند و جمعیت به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد اما سرعت رشد آن کمتر از سناریو A2 است. برای اجرای مدل LARS-WG علاوه بر سناریوی تدوین شده برای هر شبکه محاسباتی، نیاز به فایل مشخصه رفتار اقلیم گذشته ایستگاه‌های واقع در داخل آن شبکه نیز وجود دارد. مکانیسم عمل مدل به این صورت است که آن را در ابتدا با استفاده از سناریوی تولید داده ماهانه که در برگیرنده رفتار اقلیم پایه می‌باشد، داده‌های ماهانه را مطابق فرمول (۱) محاسبه می‌کند (خلیلی اقدام و همکاران، ۱۳۹۱).

$$F_{fut} = F_{obs} + (F_{GCM}^{fut} - F_{GCM}^{base}) \quad (1)$$

در این فرمول F_{obs} ، F_{GCM}^{base} و F_{GCM}^{fut} به ترتیب بیان‌گر متغیرهای پیش‌بینی شده، مشاهده شده، پیش‌بینی شده بر روی شبکه مدل در آینده و تولید شده بر روی شبکه مدل در دوره پایه است. سپس با حفظ میانگین، انحراف معیار آن‌ها را مطابق فرمول:

$$STD_{fut} = \frac{STD_{obs}}{STD_{base}^{GCM}} * STD_{fut}^{GCM} \quad (2)$$

تغییر می‌دهد. خروجی‌های این مدل شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تابش می‌باشد (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۵). تولید داده در مدل LARS-WG در سه مرحله صورت می‌گیرد: کالیبراسیون، ارزیابی و شبیه‌سازی. به

مدل LARS-WG: یکی از مشهورترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضع هوا LARS-WG^۲ است که برای تولید مقادیر بارش، تابش، درجه حرارت‌های بیشینه و کمینه روزانه در یک ایستگاه تحت شرایط اقلیم حال و آینده به کار می‌رود. مدل LARS-WG برای مدل‌سازی متغیر-های هواشناسی توزیع‌های آماری پیچیده‌ای را بکار می‌برد. مبنای این مدل برای مدل‌سازی طول دوره‌های خشک و تر، بارش روزانه و سری‌های تابش توزیع نیمه تجربی می‌باشد. خروجی‌های این مدل شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تابش می‌باشند (دانینگ و همکاران، ۲۰۰۰). بر این اساس، در این مطالعه با استفاده از مدل LARS-WG به پیش‌بینی مقادیر بارش در سطح ایستگاه سینوپتیک قزوین واقع در استان قزوین به‌منظور تعیین تغییرات متغیرهای آب و هوایی (دما و بارش) نسبت به سال ۲۰۱۵ با استفاده از داده‌های سناریوی A1B، A2 و B1 که در سومین گزارش رسمی IPCC^۳ در سال ۲۰۰۷ ارائه گردید، در مدل گردش عمومی HADCM3 پرداخته شد. در سناریوی A1B عملکرد کشورهای دنیا به‌صورت همگرا در نظر گرفته می‌شود و فرض بر این است که (۱) جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ روندی افزایشی داشته و به میزان نه میلیارد نفر خواهد رسید و پس از آن به تدریج کاهش خواهد یافت. (۲) رشد اقتصادی با نرخ فزاینده افزایش و فناوری‌های جدید در بین کشورهای دنیا به یک میزان گسترش خواهد یافت. در این سناریو بر استفاده متعادل از انواع انرژی تأکید شده است. در سناریو A2 کشورهای دنیا به‌صورت واگرا و

³ Intergovernmental Panel on Climate Change

² www.rothamsted.ac.uk

متغیرهای اقلیمی دما، بارش در طول فصل رشد محصولات کشاورزی، α_0, β_j, W_1 و W_2 نیز پارامترهای تخمینی مدل می‌باشد (یو و همکاران، ۲۰۰۹).

مدل کالیبره موتاد-هدف: استفاده از مدل‌های

برنامه‌ریزی ریسک در بسیاری از مطالعات مدیریت مزرعه وجود دارد (ملکا، ۱۹۹۳؛ اولارینده، ۲۰۰۸؛ یومو، ۲۰۰۸؛ سلاسی و همکاران، ۲۰۱۳)؛ اما به علت سختی کالیبره شدن این مدل‌ها (مینودین و همکاران، ۲۰۰۷)، رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) توسعه داده شده است. در این روش از داده‌های مشاهده شده، به‌عنوان جزئی از فرآیند کالیبراسیون استفاده می‌شود (کرشی و همکاران، ۲۰۱۳). این روش ابتدا توسط هویت (۱۹۹۵) پیشنهاد شد و در مطالعات زیادی به کار گرفته شد. از این رو در مطالعه حاضر، مدل کالیبره موتاد-هدف با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی مثبت بسط یافت و آثار ریسکی ناشی از خشک‌سالی و تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات کشاورزی در شرایط خشک‌سالی مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مدل $j=(1,2,3,\dots,n)$ و $t=(1,2,3,\dots,s)$ به ترتیب نشان‌دهنده محصولات و سال‌ها می‌باشند. مدل اولیه به صورت زیر می‌باشد:

$$\text{Max } Z = \frac{(1+r)^{-t}}{T} \sum_j^n \sum_t^T (P_{jt} Y_{jt} - C_{jt}) X_{jt} \quad (4)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_j \varphi_j X_j \leq TR \quad (5)$$

$$\sum_j g_{jt} X_j + \bar{Z}_t \geq T \quad (6)$$

$$\sum_j P_t \bar{Z}_t = \delta \quad (7)$$

$$\sum_j R_j X_j \leq 0 \quad (8)$$

$$\bar{Z}_t \geq 0 \quad (9)$$

$$X_j \leq X_j^* + \varepsilon \quad (10)$$

در اینجا j نشان‌دهنده نوع فعالیت زراعی شامل گندم، جو، ذرت، چغندر قند و گوجه فرنگی و t نشان‌دهنده زمان است. P_j قیمت محصول j ام، C_j هزینه حسابداری تولید هر هکتار از محصول j ام، X_j سطح زیر کشت محصول j ام

منظور کالیبراسیون و اطمینان از صحت مدل، ابتدا سناریوی حالت پایه برای دوره آزمون ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۸ تدوین و مدل برای این دوره اجرا گردید. سپس خروجی‌های مدل شامل بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه، تابش، مقادیر میانگین و انحراف معیار آن‌ها با داده‌های مشاهداتی مقایسه و با استفاده از آزمون‌های آماری و مقایسه نموداری، ارزیابی صورت پذیرفت. پس از اطمینان از صحت مدل در تولید داده‌های مشاهداتی، اقدام به شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی در دوره‌های مختلف گردید. در این مطالعه به منظور کالیبراسیون مدل، ابتدا یک سناریو حالت پایه برای دوره آزمون ۲۰۰۸-۱۹۷۹ (۱۳۸۶-۱۳۵۷) تدوین و مدل برای این دوره اجرا گردید و دوره آینده ۲۰۲۹-۲۰۲۰، ۲۰۳۹-۲۰۳۰ و ۲۰۴۹-۲۰۴۰ در نظر گرفته شده است. سپس خروجی‌های مدل که شامل دمای حداقل و حداکثر، بارش، تابش و مقادیر میانگین و انحراف معیار آن‌ها است با داده‌های مشاهداتی در دوره‌ی پایه مقایسه شد و ارزیابی مدل با بهره‌گیری از آزمون‌های آماری متعدد همچون آزمون t ، آزمون F و همچنین مقایسه نموداری، صورت پذیرفت.

تابع عملکرد بیوفیزیکی: در این مطالعه به منظور

پیوند مدل شبیه‌سازی آب و هوا در آینده با مدل اقتصادی موتاد هدف از یک مدل بیوفیزیکی برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی عملکرد محصولات استفاده شده است. در مطالعه حاضر، رابطه بین تابع تولید و تغییر اقلیم بر اساس مطالعات (استبان و آلیاک، ۲۰۱۶؛ چانگ، ۲۰۰۲؛ سلطانی و موسوی، ۱۳۹۴) پرداخته می‌شود. فرم کلی تابع تولید مورد استفاده در این پژوهش به صورت زیر است:

$$\ln \text{Yield}_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^3 \beta_j \ln X_{jt} + W_1 \ln T_t + W_2 \ln R_t + U_t \quad (3)$$

در مدل فوق $t=1,2,\dots,16$ که مشاهدات مربوط به سال‌های ۹۴-۱۳۷۹، $\ln \text{Yield}_t$ عملکرد محصول (شامل: گندم، آبی، جو آبی، ذرت دانه‌ای، چغندر و گوجه) در زمان t ، $j=1,2,3$ زنباده‌های مصرفی (بذر، کود و نیروی کار)، X_{jt} میزان مصرف زنباده j در زمان t ، T و R به ترتیب میانگین

کشت موجود محصول مورد نظر به صورت رابطه (۱۴) محاسبه نمود:

$$q_j = \frac{\rho_j}{X_j^*} \quad (14)$$

پاریس و هویت (۱۹۹۸) با مساوی صفر قرار دادن پارامترهای جزء خطی تابع هزینه ($d_j=0$)، پارامترهای جزء درجه دوم تابع هزینه هر محصول را از رابطه (۱۵) محاسبه نمود:

$$q_j = \frac{(C_j + \rho_j)}{X_j^*} \quad (15)$$

هکلی و بریتز (۲۰۰۰) فرض کردند که هزینه حسابداری هر محصول (C_j) با هزینه متوسط تابع هزینه متغیر درجه دوم آن محصول برابر است یعنی:

$$AVC(X_j) = d_j + 0.5q_j X_j = C_j \quad (16)$$

$$X_j \geq 0 \quad (17)$$

بنابراین با توجه به روش هویت، پارامترهای تابع هزینه از روابط زیر محاسبه گردیدند:

$$d_j + q_j X_j^* = C_j + \rho_j \rightarrow d_j + q_j X_j^* = d_j + \frac{1}{2}q_j X_j^* + \rho_j \rightarrow q_j = \frac{2\rho_j}{X_j^*} \quad (18)$$

$$d_j + q_j X_j^* = C_j + \rho_j \rightarrow d_j + \left(\frac{2\rho_j}{X_j^*}\right)X_j^* = C_j + \rho_j \rightarrow d_j = C_j - \rho_j \quad (19)$$

$$d_j + q_j X_j^* = C_j + \rho_j \rightarrow d_j + \left(\frac{2\rho_j}{X_j^*}\right)X_j^* = C_j + \rho_j \rightarrow d_j = C_j - \rho_j \quad (20)$$

$$d_j + q_j X_j^* = C_j + \rho_j \rightarrow d_j + \left(\frac{2\rho_j}{X_j^*}\right)X_j^* = C_j + \rho_j \rightarrow d_j = C_j - \rho_j \quad (21)$$

در نهایت یک مدل برنامه ریزی درجه دوم یا مدل غیرخطی از طریق قرار دادن ضرایب برآوردی تابع هزینه در تابع مدل LP بدون محدودیت‌های کالیبراسیون، تبیین گردید. مدل برنامه ریزی ریاضی ریسکی کالیبره شده مورد استفاده در این مطالعه به شرح زیر تصریح گردید:

ام کل کلوچودی در دسترس منابع شامل زمین، نیروی کار، مقدار آب، ماشین آلات، کودها و سموم شیمیایی می‌باشد. هم ضرایب فنی کاربرد نهاده‌ها در تولید محصولات است. g_{jt} سود ناخالص محصول، Z_t انحراف از میانگین، T درآمد مورد هدف که برابر با هزینه متغیر قرار داده شده است، P_t احتمال وقوع پیشامد، δ پارامتری است که با تغییر آن می‌توان الگوهای متفاوت کشت را تخمین زد (محمدی و ترکمانی، ۱۳۸۰) و R_j تناوب زراعی و X_j^* سطح زیرکشت موجود محصول Z ام است.

در مرحله بعد می‌بایست، ضرایب تابع هدف غیرخطی با استفاده از قیمت‌های سایه‌ای مدل LP و اطلاعات الگوی کشت موجود منطقه برآورد شوند. تابع هدف غیرخطی از طریق قرار دادن یک تابع عملکرد غیرخطی که ممکن است به صورت شکل تابعی لئونتیف تعمیم یافته، تابع تولید با کشش جانشینی ثابت و یا تابع تولید درجه دوم باشد. در مطالعه حاضر از یک تابع هزینه متغیر درجه دوم به صورت زیر استفاده شده است:

$$VC(X_j) = d_j X_j + 0.5q_j X_j^2 \quad (11)$$

که d_j پارامتر جزء خطی تابع درجه دوم برای محصول Z ام و q_j پارامتر جزء درجه دوم تابع هزینه درجه دوم محصول Z ام است. هزینه نهایی متغیر (MVC) مربوط به تابع هزینه فوق برای هر محصول به صورت رابطه (۱۲) است:

$$MVC(X_j) = \frac{dvc(X_j)}{dX_j} = d_j + q_j X_j \quad (12)$$

همانگونه که قبلاً نیز بیان گردید از برابری هزینه نهایی تقاضای ρ با اختلاف هزینه نهایی تابع هزینه فوق و هزینه حسابداری محصول تولیدی می‌توان نتیجه گرفت که:

$$MVC(X_j^*) = d_j + q_j X_j^* = C_j + \rho_j \quad (13)$$

با توجه به مشخص بودن C_j ، X_j^* و ρ_j برای هر یک از محصولات به برآورد ضرایب d و تابع هزینه هر محصول پرداخته می‌شود. ولی به علت کمتر از حد معین بودن این سیستم (تعداد متغیرها برابر با تعداد محصولات (j) است) در عمل از روش‌های مختلفی استفاده می‌کنند. هویت (۱۹۹۵) با قرار دادن $d_j=C_j$ ، برای هر محصول، پارامتر q_j هر محصول را نیز از تقسیم قیمت سایه‌ای به سطح زیر

شبکه آبیاری دشت قزوین برحسب کانال به نه ناحیه همگن تقسیم‌بندی شده که این نواحی به عنوان خوشه اصلی مطالعه در نظر گرفته شدند. در مرحله بعد به منظور انتخاب تعداد خوشه‌های مورد بررسی از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد و پنج خوشه انتخاب گردید. در مرحله بعدی با توجه به لیست روستاهای نواحی پنجگانه از هر خوشه، روستاهایی به عنوان روستای مورد بررسی تعیین و از روستاهای موجود در آن نواحی در مجموع ۲۸ روستا به طور تصادفی انتخاب گردید. در مرحله آخر نیز از تعداد روستاهای انتخاب شده به صورت نمونه‌گیری تصادفی تعدادی از بهره‌برداران را انتخاب و از طریق مصاحبه حضوری اطلاعات مورد نیاز از آن‌ها استخراج گردید. بر اساس موارد ذکر شده، از کل منطقه مورد مطالعه تعداد ۱۴۴ پرسشنامه از کشاورزان هدف جمع‌آوری و داده‌های آن استخراج گردید.

نتیجه‌گیری

شاخص SPI: در ابتدا به منظور تعیین طبقات خشک‌سالی و تأثیر آن بر میزان حجم آب سطحی در سال‌های گذشته با استفاده از شاخص SPI از داده‌های بارش ماهیانه ایستگاه هواشناسی قزوین در طی سال‌های ۹۴-۱۳۶۴ استفاده گردید و سال ۸۸-۸۷ با شاخص ۱/۲۵- به عنوان سال خشک‌سالی متوسط، سال ۷۸-۷۷ با شاخص ۱/۹۲- به عنوان سال خشک‌سالی شدید و سال ۸۷-۸۶ با شاخص ۲/۳۴- به عنوان سال خشک‌سالی بسیار شدید مشخص گردید. با توجه به این شاخص و تعیین سال‌های وقوع خشک‌سالی و همچنین بر اساس اطلاعات شرکت مدیریت منابع آب ایران درباره حجم آب سطحی، درصد تغییرات حجم آب سطحی در طی زمان‌های وقوع خشک‌سالی متوسط، خشک‌سالی شدید و خشک‌سالی خیلی شدید نسبت دوره نرمال (سال ۱۳۹۴) مطابق جدول (۲) محاسبه گردید.

$$\text{Max } Z = \frac{(1+r)^{-t}}{T} \sum_j^n \sum_t^T P_{jt} Y_{jt} - d_j X_j - \frac{1}{2} q_j X_j^2 \quad (22)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_j \varphi_j X_j \leq TR \quad (23)$$

$$\sum_j g_{jt} X_j + \bar{Z}_t \geq T \quad (24)$$

$$\sum_j P_t \bar{Z}_t = \delta \quad (25)$$

$$\sum_j R_j X_j \leq 0 \quad (26)$$

$$\bar{Z}_t \geq 0 \quad (27)$$

$$X_j \geq 0 \quad (28)$$

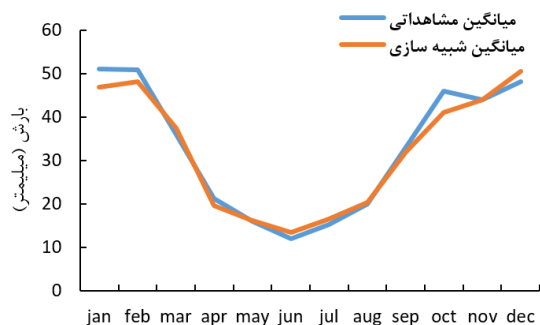
که d_j پارامتر جزء خطی تابع درجه دوم برای محصول j ام و q_j پارامتر جزء تابع هزینه درجه دوم محصول j ام است. تابع هدف در این مدل (رابطه ۲۲)، حداکثر کردن بازده مورد انتظار است. رابطه ۲۳، محدودیت منابع می‌باشد. رابطه ۲۴ درآمد را در حالت S اندازه‌گیری می‌کند. رابطه ۲۵ مجموع انحرافات منفی را پس از وزن دادن، بر اساس احتمال وقوع آن‌ها اندازه‌گیری می‌کند. رابطه ۲۶، نشان‌دهنده تناوب زراعی است. رابطه ۲۷، شرط غیرمنفی بودن انحراف از میانگین را تأمین می‌کند. الگوی برنامه‌ریزی ریاضی غیر خطی فوق به منظور تحلیل سیاست‌های مورد نظر، مورد استفاده قرار گرفت. در پایان مدل بسط یافته به وسیله نرم‌افزار GAMS کدنویسی شد و با استفاده از الگوریتم حل برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی CONOPT3 حل گردید (موسوی و بهمن پوری، ۱۳۹۴). از جنبه‌های جدید و نوآوری این مدل، لحاظ کردن ارزش زمانی پول است. بدین منظور، اطلاعات مربوط به درآمد و هزینه محصولات کشاورزی بهره‌برداران دشت قزوین از طریق سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین در طی شش سال (۹۴-۱۳۸۹) جمع‌آوری گردید و همچنین آمار و اطلاعات پرسشنامه‌ای مربوط به ضرایب فنی نهاده‌ها در سال ۹۵-۱۳۹۴ از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چند مرحله‌ای جمع‌آوری گردید. از آنجایی که اراضی دشت قزوین توسط ۱۲ کانال پوشش داده شده است، زمین‌های زراعی تحت پوشش

جدول ۲- درصد تغییرات حجم آب در طی دوره‌های مختلف خشکسالی

وضعیت	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی خیلی شدید
درصد تغییرات حجم آب	-۳۱/۵۸۱	-۴۴/۰۳۳	-۵۱/۳۳۱

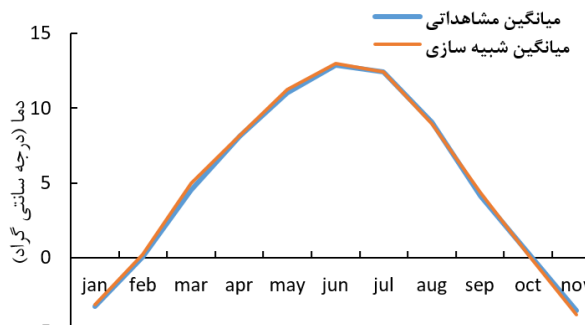
مأخذ: یافته‌های پژوهش

که اختلاف معنی‌داری بین مقادیر بازسازی‌شده و مقادیر واقعی در سطح خطای ۰/۰۵ وجود ندارد. مقادیر ضریب همبستگی پیرسون بین داده‌های بازسازی‌شده و واقعی در سطح معنی‌داری ۰/۰۱، نشان از اعتبار مدل دارد. در نمودارهای ۱، ۲ و ۳ مقادیر میانگین بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر بازسازی‌شده توسط مدل و مقادیر مشاهده شده در دوره دیده‌بانی در مقیاس ماهانه ارائه شده است.

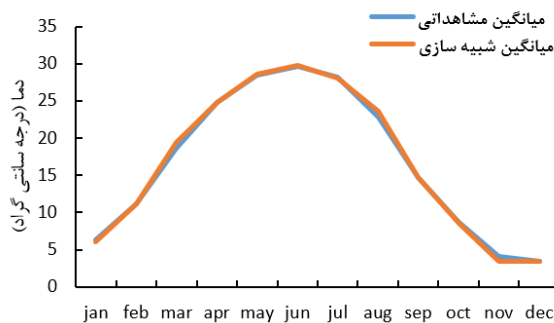


نمودار ۲- مقایسه بارش مشاهده شده و شبیه‌سازی شده توسط مدل LARS-WG دوره ۱۹۷۹-۲۰۰۸

مدل شبیه‌ساز داده‌های آب‌وهوا: با استفاده از خروجی‌های مدل و روش میانگین‌گیری در ایستگاه مورد مطالعه، مقدار میانگین ماهانه بارش، دما در طی دوره ۲۰۲۰ تا ۲۰۴۹، همچنین انحراف معیار آن محاسبه و با میانگین دوره آماری مقایسه شد. تحلیل نتایج حاصل از آزمون دو نمونه‌ای T زوجی (آماره t برای دمای حداکثر، حداقل و بارش به ترتیب برابر ۰/۲۱۱، ۱/۱۱۷- و ۰/۷۱۶) نشان داد



نمودار ۱- مقایسه دمای حداقل مشاهده شده و شبیه‌سازی شده توسط مدل LARS-WG دوره ۱۹۷۹-۲۰۰۸



نمودار ۳- مقایسه دمای حداکثر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده توسط مدل LARS-WG دوره ۱۹۷۹-۲۰۰۸

بارش در حال کاهش. کمترین کاهش بارش مربوط به سناریو B1 افق ۲۹-۲۰۲۰ می‌باشد و بیشترین کاهش مربوط به سناریو A2 افق ۴۹-۲۰۴۰ می‌باشد. کمترین افزایش دما مربوط به سناریو A1B افق ۲۹-۲۰۲۰ و بیشترین افزایش دما مربوط به سناریو A2 افق ۴۹-۲۰۴۰ می‌باشد.

در مرحله‌ی بعد با به‌کارگیری رابطه‌ی ۱، به پیش-بینی فراسنجه‌های اقلیمی ایستگاه مورد بررسی، در قالب سناریوهای A1B، A2 و B1 در سال‌های آتی پرداخته شد که نتایج به‌دست‌آمده از این سناریوها در طی دوره‌های مختلف نسبت به سال ۲۰۱۵ در جدول (۳) ارائه شده است. همان‌طور که از جدول ملاحظه می‌گردد، دما در طی زمان‌های آینده در تمام سناریوها در حال افزایش می‌باشد و

جدول ۳- پیش‌بینی درصد تغییر پذیری‌های بارش و دمای متوسط در دشت قزوین در سناریوهای اقلیمی (دما و بارش: درصد)

سناریو	افق ۲۰۲۰-۲۰۲۹		افق ۲۰۳۰-۲۰۳۹		افق ۲۰۴۰-۲۰۴۹	
	دما	بارش	دما	بارش	دما	بارش
A1B	۰/۸	-۴/۰	۲/۱	-۷/۲	۲/۴	-۹/۱
A2	۲/۳	-۶/۸	۲/۷	-۹/۵	۳/۹	-۱۱/۹
B1	۱/۴	-۲/۹	۲/۶	-۵/۷	۰/۳	-۸/۴

ماخذ: یافته‌های پژوهش

اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات کشاورزی

منتخب در شبکه آبیاری دشت قزوین: با توجه به نتایج نهایی حاصل از تخمین تابع با روش OLS، ملاحظه می‌شود که اکثر متغیرها در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار هستند. نتایج حاصل از برآورد این مدل در جدول (۴) ارائه گردیده است. متغیر دما در تمام محصولات به‌جز ذرت دانه‌ای دارای رابطه عکس با عملکرد می‌باشد که به‌موجب آن، افزایش دما باعث کاهش عملکرد در محصول می‌شود و متغیر بارش در محصولات گندم آبی و گوجه با عملکرد رابطه مستقیم داشته و افزایش بارش موجب افزایش محصول می‌شود و در محصولات جو آبی، ذرت دانه‌ای و چغندر با عملکرد رابطه عکس داشته است. نهاده نیروی کار در تخمین محصولات چغندر و گوجه مورد استفاده قرار گرفته که نتایج بیانگر عدم وجود رابطه معنی‌دار این نهاده در محصول گوجه و وجود رابطه مثبت این نهاده با عملکرد

محصول چغندر می‌باشد به‌گونه‌ای که با افزایش یک درصد نیروی کار در این محصول، عملکرد به میزان ۰/۴۶ درصد افزایش می‌یابد. کود فسفات در محصولات گندم آبی و جو آبی معنی‌دار نشده است و در محصولات ذرت دانه‌ای و چغندر با عملکرد رابطه عکس داشته به‌طوری‌که افزایش استفاده از این نهاده موجب کاهش عملکرد می‌گردد که بیانگر قرارگیری این نهاده در ناحیه سوم تولید است ولی با گوجه دارای رابطه مستقیم می‌باشد. کود نیترات نیز در محصولات گندم آبی معنی‌دار نشده ولی با عملکرد جو آبی رابطه مستقیم و ذرت دانه‌ای رابطه عکس دارد. ضریب تعیین تعدیل شده که بیانگر قدرت توضیح‌دهندگی مدل برآورد شده است، تقریباً بالا بوده و از ۰/۶۷ برای محصول جو آبی تا ۰/۸۹ برای محصول چغندر متغیر است که حاکی از آن است، متغیرهای رگرسیون توانسته‌اند درصد بالایی از تغییرات متغیر عملکرد را توضیح داده‌اند.

جدول ۴- نتایج حاصل از تخمین تابع عملکرد

محصول	جمله ثابت	دما	بارندگی	بذر	کود فسفات	کود نیترات	نیروی کار	\bar{R}_2	D.W
گندم آبی	ضرایب	۱۸/۱۵	-۳/۲۶	۰/۴۳	۰/۸۹	-۰/۰۳	-۰/۱۵	۰/۷۴	۱/۸۷
	آماره t	*۵/۷۴	**۳/۱۲	***۳/۳۸	***۱/۹۲	-۰/۲۵ ^{NS}	-۱/۳۶ ^{NS}		
جو آبی	ضرایب	۱۱/۸۲	-۱/۴۲	-۰/۱	-۰/۸۳	-۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۶۷	۱/۸۳
	آماره t	*۷/۲۴	***۲/۲	**۲/۴۲	-۱/۰۳ ^{NS}	-۰/۶۱ ^{NS}	***۱/۹		
ذرت دانه-ای	ضرایب	۱/۰۶	۲/۷۲	-۰/۱۱	۰/۳۶	-۰/۲۹	-۰/۲۶	۰/۷۱	۲/۱۵
	آماره t	۰/۳۱ ^{NS}	**۲/۵	**۲/۵۳	*۵/۴۶	*۴/۲۷	**۲/۹۹		
چغندر	ضرایب	۸/۵	-۱/۷۳	-۰/۲۳	-۰/۱۳	-۲/۰۱	۰/۴۶	۰/۸۹	۲/۰۱
	آماره t	*۳/۸۹	***۲/۱	**۳/۲۱	-۱/۴۷ ^{NS}	*۷/۸	*۵/۰۲		
گوجه	ضرایب	۹/۹۲	-۰/۳۳	۰/۱۹	۰/۳۵	۰/۱	۰/۱۹	۰/۸۳	۲/۱۳
	آماره t	**۲/۳۴	*۳/۲۴	*۳/۶۶	*۳/۲۷	۱/۱۳ ^{NS}	-۰/۵۴ ^{NS}		

ماخذ: یافته‌های تحقیق *، ** و *** به ترتیب معنی‌دار در سطح یک، پنج و ده درصد و NS بیانگر عدم معنی‌داری می‌باشد
خط تیره بیانگر عدم استفاده از این نهاده در تخمین تابع عملکرد می‌باشد

بررسی اثرات خشکسالی و تغییر اقلیم بر الگوی کشت دشت قزوین با استفاده از مدل کالیبره موتاد-هدف:

با توجه به محاسبه میزان حجم آب در زمان وقوع خشکسالی (جدول ۲)، درصد تغییرات دما و بارش در طی دوره‌های آینده و سناریوهای مختلف (جدول ۳) و محاسبه ضریب بارش و دما در تابع عملکرد (جدول ۴)، میزان عملکرد هر یک از محصولات در طی سناریوهای مختلف اقلیمی محاسبه گردید و با جایگذاری در مدل، اثرات اقتصادی تغییر اقلیم و کاهش حجم آب (خشکسالی) بر الگوی کشت، بازده برنامه‌ای و ریسک درآمدی در سناریوهای مختلف برآورد گردید. نتایج حاصل از برآورد مدل نشان داد که مدل بسط یافته از اعتبار مناسب جهت تحلیل سیاست‌های مختلف کشاورزی برخوردار است. در

این مدل هدف بیشینه کردن کل بازده انتظاری است. این بازده از میانگین‌گیری درآمد ناخالص محصولات زراعی در طی شش دوره (۱۳۹۴-۱۳۸۹) بدست آمده است.

جدول (۵) نتایج حاصل از سناریوی A1B در طی دوره‌های آینده نشان می‌دهد. همان‌طور که از جدول ملاحظه می‌گردد تنها سطح زیر کشت گندم آبی کاهش می‌یابد و در افق ۴۹-۲۰۴۰ به کمترین میزان خود می‌رسد و ۳/۱۵۳ درصد از سطح زیر کشت آن کاهش می‌یابد. سطح زیر کشت جو آبی، ذرت دانه‌ای، چغندر و گوجه در حال افزایش خواهد بود و بیشترین افزایش سطح زیر کشت مربوط به جو آبی است و دیگر محصولات دارای تغییرات اندکی می‌باشند. در این سناریو ریسک و بازده برنامه‌ای به‌طور همزمان در افق‌های آینده در حال کاهش می‌باشد.

جدول ۵- تغییرات و درصد تغییرات الگوی کشت در سناریو تغییر اقلیم A1B

سال پایه	افق ۲۹-۲۰۲۰	افق ۳۹-۲۰۳۰	افق ۴۹-۲۰۴۰
گندم آبی	۲۴۶۸۶	۲۴۳۵۱/۱	۲۴۲۱۴/۱
جو آبی	۱۱/۶۳۲	۲۴۷۳	۲۸/۸۷۱
ذرت دانه‌ای	۲/۴۰۹	۳۳۶۷	۶/۲۲۹
چغندر	۰/۵۶۸	۱۰۰۸	۱/۱۱۵
گوجه	۰/۰۵۱	۱۴۰۱/۲	۰/۰۹۷
ریسک درآمد	-۲/۰۵۴	-۳/۹۷۱	-۴/۷۵۰
بازده برنامه‌ای	-۰/۴۴۳	-۰/۸۸۶	-۱/۰۷۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول (۶) اثرات تغییر اقلیم بر الگوی کشت در سناریو A2 را نشان می‌دهد. با توجه به اطلاعات جدول، تنها سطح زیر کشت گندم آبی در حال کاهش می‌باشد و سطح زیر کشت جو آبی، ذرت دانه‌ای، چغندر و گوجه در حال افزایش می‌باشد و بیشترین افزایش سطح زیر کشت مربوط به جو آبی است که در افق ۴۹-۲۰۴۰ به میزان ۴۰/۹۱۴ درصد افزایش می‌یابد و کمترین افزایش مربوط به گوجه است که دلیل آن ثبات درآمدی این محصول است. در این سناریو، ریسک و بازده برنامه‌ای در حال کاهش می‌باشد که مقدار آن نسبت به سناریو A1B کمتر است.

جدول (۷) الگوی کشت در شرایط تغییر اقلیم بر اساس B1 را نشان می‌دهد. همانند سناریوهای A1B و A2، سطح زیر کشت گندم آبی کاهش و سطح زیر کشت جو آبی، ذرت دانه‌ای، چغندر و گوجه افزایش یافته است. در این سناریو سطح زیر کشت گندم آبی در افق ۴۹-۲۰۴۰ به میزان ۳/۳۱۱ درصد کاهش یافته است و در این افق سطح زیر کشت جو آبی به میزان ۳۰/۲۱۳ درصد افزایش یافته است که دلیل آن کم آب بر بودن این محصول است. چغندر و گوجه دارای کمترین تغییرات در سطح زیر کشت می‌باشند. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، ریسک و بازده

و پس از آن بیشترین کاهش در سطح زیر کشت مربوط گندم آبی بوده و کمترین کاهش در سطح زیر کشت مربوط به گوجه می باشد که دلیل آن ثبات درآمدی این محصول می باشد. در این سناریوها ریسک درآمدی و بازده برنامه‌ای در حال کاهش می باشد که در شرایط خشکسالی خیلی شدید به کمترین میزان خود می رسند.

برنامه‌ای همزمان با کاهش بارش و افزایش دما، به صورت خطی کاهش می یابند.

جدول (۸) تغییرات الگوی کشت را در سناریوهای کاهش آب در شرایط خشکسالی نشان می دهد. بر اساس جدول (۹)، در شرایط خشکسالی سطح زیر کشت کلیه محصولات به جز جو آبی کاهش می یابد. سطح زیرکشت جو آبی به دلیل کم آب بودن آن افزایش می یابد

جدول ۶- تغییرات و درصد تغییرات الگوی کشت در سناریو تغییر اقلیم A2

دوره ۲۰۴۰-۴۹		دوره ۲۰۳۰-۳۹		دوره ۲۰۲۰-۲۹		سال پایه	
درصد تغییرات	مقدار(هکتار)	درصد تغییرات	مقدار(هکتار)	درصد تغییرات	مقدار(هکتار)		
-۴/۴۸۳	۲۳۸۸۲	-۳/۳۸۷	۲۴۱۵۵	-۲/۶۲۴	۲۲۴۳۶	۲۵۰۰۲	گندم آبی
۴۰/۹۴۱	۲۸۱۴	۳۰/۹۹۰	۲۶۱۶	۲۳/۹۵۹	۲۴۷۵	۱۹۹۷	جو آبی
۹/۱۳۲	۳۴۹۳	۶/۷۶۰	۳۴۱۷	۵/۳۴۸	۳۳۷۱	۳۲۰۰	ذرت دانه‌ای
۰/۹۶۰	۱۰۱۰	۱/۰۴۳	۱۰۱۰	۰/۵۵۰	۱۰۰۶	۱۰۰۰	چغندر
۰/۱۰۱	۱۴۰۱/۶	۰/۰۹۵	۱۴۰۱/۵	۰/۰۶۲	۱۴۰۱	۱۴۰۰	گوجه
-۶/۳۷۷		-۵/۰۴۲		-۳/۹۶۱			ریسک درآمد
-۱/۴۸۸		-۱/۱۴۵		-۰/۸۸۶			بازده برنامه‌ای

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۷- تغییرات و درصد تغییرات الگوی کشت در سناریو تغییر اقلیم B1

دوره ۲۰۴۰-۴۹		دوره ۲۰۳۰-۳۹		دوره ۲۰۲۰-۲۹		سال پایه	
درصد تغییرات	مقدار(هکتار)	درصد تغییرات	مقدار(هکتار)	درصد تغییرات	مقدار(هکتار)		
-۳/۳۱۱	۲۴۱۷۵	-۲/۵۴۶	۲۴۳۶۶	-۱/۳۴۴	۲۴۶۶۶	۲۵۰۰۲	گندم آبی
۳۰/۲۱۳	۲۶۰۰	۲۳/۱۷۳	۲۴۶۰	۱۲/۲۲۷	۲۲۴۱	۱۹۹۷	جو آبی
۶/۸۰۵	۳۴۱۸	۵/۳۹۱	۳۳۷۳	۲/۸۵۹	۳۳۹۲	۳۲۰۰	ذرت دانه‌ای
۰/۵۶۷	۱۰۰۶	۰/۰۷۲	۱۰۰۱	۰/۰۰۷	۱۰۰۰/۲	۱۰۰۰	چغندر
۰/۰۷۰	۱۴۰۱	۰/۰۳۷	۱۴۰۰/۷	۰/۰۱۹	۱۴۰۰/۴	۱۴۰۰	گوجه
-۴/۸۷۰		-۳/۷۸۶		-۲/۰۷۵			ریسک درآمد
-۱/۱۰۸		-۰/۸۵۰		-۰/۴۵۳			بازده برنامه‌ای

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۸- تغییرات و درصد تغییرات الگوی کشت در سناریو کاهش آب در شرایط خشک‌سالی

خشک‌سالی خفیف شدید		خشک‌سالی متوسط		سال پایه	
درصد تغییرات	مقدار (هکتار)	درصد تغییرات	مقدار (هکتار)	درصد تغییرات	مقدار (هکتار)
-۷۴/۳۰۲	۶۴۲۵	-۶۴/۳۸۱	۸۹۰۶	-۴۷/۴۵۲	۱۳۱۳۸
۳۸/۱۰۷	۲۷۵۸	۴۵/۹۰۱	۲۹۱۴	۵۹/۲۰۰	۳۱۷۹
-۵/۶۵۹	۳۰۱۹	-۵/۴۲۱	۳۰۲۷	-۵/۰۲۰	۳۰۴۰
-۷/۸۱۵	۹۲۲	-۷/۵۳۴	۹۲۵	-۷/۰۵۴	۹۳۰
-۰/۹۰۴	۱۳۸۷	-۰/۸۷۰	۱۳۸۸	۰/۸۱۷	۱۳۸۹
-۶۸/۱۰۸		-۶۰/۹۲۴		-۴۶/۹۰۰	
-۳۹/۱۷۶		-۳۳/۵۶۰		-۲۴/۰۰۵	

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این بررسی به تحلیل اثر خشک‌سالی (کاهش حجم آب) و تغییرپذیری‌های اقلیم در آینده در دشت قزوین و بررسی چگونگی تغییر عملکرد گیاهان زراعی و الگوی کشت این دشت در رؤیایی با پدیده خشک‌سالی و تغییر اقلیم پرداخته شد. بدین منظور، در این تحقیق برای بررسی اثرات خشک‌سالی، ابتدا با استفاده از شاخص SPI، طبقات خشک‌سالی در سال‌های گذشته مشخص گردید و سپس میزان کاهش حجم آب سطحی در طی دوره‌های خشک‌سالی نسبت به سال نرمال (۱۳۹۴) محاسبه گردید. پس از آن، به منظور بررسی اثرات تغییر اقلیم در آینده از مدل LARS-WG استفاده گردید و در طی سناریوهای A1B، A2 و B1 در افق‌های ۲۹-۲۰۲۰، ۳۹-۲۰۳۰ و ۴۹-۲۰۴۰ به شبیه‌سازی متغیرهای آب و هوا شامل دما و بارش پرداخته شد. به منظور پیوند مدل تغییر اقلیم به مدل اقتصادی موتاد-هدف از تابع عملکرد استفاده گردید. سپس در قالب ۱۲ سناریو، اثرات تغییر اقلیم و خشک‌سالی (به صورت مجزا) بر الگوی کشت منطقه، ریسک درآمدی و بازده برنامه‌های بررسی گردید. نتایج نشان داد که وقوع خشک‌سالی موجب کاهش حجم آب و تغییر اقلیم در منطقه موجب افزایش دما و کاهش بارش می‌گردد. نتایج حاصل از مدل LARS-WG نشان داد که در طی افق‌های آینده در منطقه، دما، افزایش و بارش کاهش می‌یابد که این نتیجه با مطالعات سلطانی و موسوی (۱۳۹۵) و مساح بوانی و مرید (۱۳۸۴)

مطابقت دارد آن‌ها در مطالعات خود به صورت جداگانه به این نتیجه رسیدند که در طی سال‌های آتی، دما افزایش و بارندگی کاهش می‌یابد. نتایج تحلیل رگرسیونی نشان داد که دما و بارش تأثیر معنی‌داری بر عملکرد محصولات منتخب در منطقه دارند به طوری که متوسط دما و بارش با عملکرد محصولات جو آبی و چغندر رابطه عکس دارند. در محصولات گندم آبی و گوجه، متغیر دما رابطه منفی و بارش رابطه منفی با عملکرد دارد و عملکرد محصول ذرت دانه‌ای با متغیر دما رابطه مثبت و با متغیر بارش رابطه عکس دارد. این بخش از یافته‌های تحقیق با نتایج به دست آمده از مطالعه واتقی و اسماعیلی (۱۳۸۷) در زمینه تغییر اقلیم بر عملکرد محصول گندم مطابقت دارد. آن‌ها در تحقیق خود بیان داشتند که افزایش دما و کاهش بارش موجب کاهش عملکرد و بازده خالص درآمدی حاصل از محصول گندم می‌گردد. همچنین نتایج این بخش از مطالعه حاضر با تحقیق مؤمنی و زیبایی (۱۳۹۲) در رابطه با اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر کشاورزی استان فارس همسو می‌باشد و نشان دادند که تغییر اقلیم در اثری معنی‌دار و غیریکنواخت بر عملکرد محصولات دارند.

بر اساس نتایج حاصل از مدل تلفیقی موتاد-هدف با رهیافت برنامه‌ریزی مثبت، اعمال سناریوهای تغییر اقلیم موجب کاهش سطح زیر کشت گندم و افزایش سطح زیر کشت جو آبی، ذرت دانه‌ای، چغندر و گوجه می‌گردد و الگوی کشت به سمت محصولات اقتصادی‌تر و ثبات

نتایج این تحقیق نشان داد که اثر تغییر اقلیم بر عملکرد همه محصولات دارای تأثیر منفی ندارد (مانند ذرت دانه‌ای)، لذا تغییر اقلیم دارای جنبه‌های مثبت نیز می‌باشد و از آن می‌توان بر بهبود عملکرد محصولات و استفاده بهینه از امکانات منطقه بهره برد. در نتیجه، با توجه به اثرات تغییر اقلیم و خشکسالی در برنامه‌ریزی برای افزایش تولید محصولات کشاورزی در منطقه پیشنهاد می‌گردد، بهبود عملکرد محصولات کشاورزی در هر هکتار از طریق بهبود در تکنولوژی، توسعه واریته‌های جدید محصولات کشاورزی برای افزایش تحمل و تناسب گیاهان با درجه حرارت و کم آبی و بهبود مدیریت منابع آبی، در وهله اول و توسعه سطح زیر کشت محصولات اقتصادی همچون ذرت دانه‌ای، چغندر و گوجه در شرایط تغییر اقلیم و محصولات کم آب مانند جو آبی در شرایط تغییر خشکسالی در وهله دوم قرار گیرد.

درآمدی بالاتر سوق پیدا می‌کند. نتایج این بخش از تحقیق حاضر با مطالعه محمودی و پرهیزکاری (۱۳۹۴) در رابطه با اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات کشاورزی و الگوی کشت دشت قزوین مطابقت دارد. علاوه بر این، نتایج تحقیق نشان داد که ریسک درآمدی و بازده برنامه‌ای همزمان با افزایش دما و کاهش بارش به صورت غیرخطی کاهش می‌یابد و در بدینانه‌ترین سناریو (سناریو A2) به ترتیب ۶/۳۷۷ و ۱/۴۸۸ نسبت به سال پایه کاهش یافته است. همچنین نتایج حاصل از سناریو خشکسالی و کاهش حجم آب نشان داد که با وقوع خشکسالی الگوی کشت به سمت محصولات کم آب‌تر مانند جو آبی می‌رود و همچنین محصولات باثبات درآمدی بالاتر مانند گوجه کمترین تغییرات الگوی کشت را دارند. همچنین در این سناریو ریسک درآمدی و بازده برنامه‌ای دارای تغییرات بیشتری نسبت به تغییر اقلیم می‌باشد که بیانگر عدم ثبات درآمدی محصولات کشاورزی در طی دوره خشکسالی می‌باشد.

فهرست منابع

۱. بابائیان، ا. نجفی نیک، ز. (۱۳۸۵). معرفی و ارزیابی مدل LARS-WG برای مدل سازی پارامترهای هواشناسی استان خراسان، دوره آماری (۱۹۶۱-۲۰۰۳). مجله علمی-ترویجی سازمان هواشناسی کشور، ۳۱(۶۳): ۶۷-۵۰
۲. باریکانی، ا. احمدیان، م. خلیلیان، ص. (۱۳۹۱). استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب سطحی و زیرزمینی در تعیین الگوی بهینه کشت دشت قزوین. نشریه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۲۰(۷۷): ۲۹-۵۶
۳. بی‌نام. (۱۳۹۷). مرکز آمار و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی.
۴. بی‌نام. (۱۳۹۴). سازمان هواشناسی استان قزوین
۵. پرتوی، م. (۱۳۹۲). بررسی آثار تغییر اقلیم بر نیاز آبی و عملکرد گندم و راهکارهای سازگاری با آن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان.
۶. پرهیزکاری، ا. مظفری، م. شوکت فدایی، م. محمودی، ا. (۱۳۹۴). کم‌آبیری توأم با کاهش آب در دسترس راهکاری برای حفاظت منابع آب در دشت قزوین. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۵(۱): ۸۰-۶۷
۷. پرهیزکاری، ا. (۱۳۹۶). ارزیابی اثرات ناهنگامی تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی و وضعیت درآمدی کشاورزان اراضی پایین‌دست سد طالقان. مجله اقتصاد کشاورزی، ۹(۴): ۱۲۵-۱۵۲
۸. پرهیزکاری، ا. محمودی، ا. شوکت فدایی، م. (۱۳۹۶). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب در دسترس و تولیدات کشاورزی در حوضه آبخیز شاهرود. مجله علمی پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۹(۳۳): ۵۰-۲۳
۹. خالقی، س. بزازان، ف. مدنی، ش. (۱۳۹۳). اثر تغییر اقلیم بر تولید بخش کشاورزی و بر اقتصاد ایران (رویکرد ماتریس حسابداری اجتماعی). مجله پژوهشات اقتصاد کشاورزی، ۷(۱): ۱۱۳-۱۳۶

۱۰. خلیلی اقدم، ن. مساعدی، ا. سلطانی، ا. کامکار، ب. (۱۳۹۱). ارزیابی توانایی مدل LARS-WG در پیش بینی برخی از پارامترهای جوی سنندج. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۱۹(۴): ۸۵-۱۰۲
۱۱. سلطانی، ش. موسوی، س الف. (۱۳۹۴). ارزیابی آثار بالقوه تغییرات اقلیم بر عملکرد و ارزش افزوده بخش کشاورزی در دشت همدان-بهار. اقتصاد کشاورزی، ۹(۱): ۹۵-۱۱۵.
۱۲. عباسی، ف. ملبوسی، ش. بابائیان، الف. اثمري، م. برهانی، ر. (۱۳۸۹). پیش‌بینی تغییرات اقلیمی خراسان جنوبی در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی خروجی مدل ECHO-G. نشریه آب‌و خاک، ۲۴(۲): ۲۱۸-۲۳۳
۱۳. غیور، ح. مسعودیان، ا. (۱۳۷۶). اثرات گرم‌تر شدن زمین بر چرخه آب در طبیعت. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۱۲(۳): ۵۳-۶۹
۱۴. فلاحی، م. انصاری، ح. داوری، ک. صالح نیا، ن. ۱۳۸۷. قیمت‌گذاری آب شرب شهری بر اساس الگوی رمزی: مطالعه موردی شهر نیشابور. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۱۳(۳۸): ۲۱۷-۲۴۲
۱۵. کاویانی، ع. سهرابی، ت. دانش کارآراسته، پ. (۱۳۹۰). کاربرد الگوریتم SEBAL در تخمین تبخیر و تعرق واقعی و بهره‌وری آب کشاورزی در دشت قزوین و مقایسه نتایج آن با داده‌های لایسیمتر، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۵(۲): ۱۶۵-۱۷۵
۱۶. محمدی، ه. ترکمانی، ج. (۱۳۸۰). کاربرد مدل برنامه‌ریزی توأم با ریسک (GP-MOTAD) در بررسی پذیرش فناوری نوین از سوی ذرت کاران استان فارس، فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۹(۳۳): ۲۰۵-۲۳۳
۱۷. محمودی، ا. پرهیزکاری، ا. (۱۳۹۴). تحلیل اقتصادی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات، الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان (مطالعه موردی: دشت قزوین). فصلنامه پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، ۱(۲): ۲۵-۴۰
۱۸. مظفری، م. م. (۱۳۹۴). تعیین برنامه سیاستی مناسب برای حفاظت منابع آب در دشت قزوین. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۵(۲): ۲۹-۴۶
۱۹. مساح بوانی، ع. ر. مرید، س. (۱۳۸۴). اثرات تغییر اقلیم بر جریان رودخانه زاینده‌رود اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۹(۴): ۱۷-۲۷
۲۰. موسوی، ح. بهمن پوری، ص. (۱۳۹۴). ارزیابی آثار ریسکی آزادسازی قیمت حامل‌های انرژی در زیر بخش زراعت دشت بیضاء. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۷(۲۷): ۱۲۹-۱۴۸
۲۱. مؤمنی، س. زیبایی، م. (۱۳۹۲). اثرات بالقوه‌ی تغییر اقلیم بر کشاورزی استان فارس. مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۷(۳): ۱۶۹-۱۷۹
۲۲. منتظر، ع. ا. لطفی، م. (۱۳۸۷). توسعه و کاربرد مدل برنامه‌ریزی الگوی بهینه کشت و تخصیص منابع آب شبکه‌های آبیاری و زهکشی ایران، ۲(۱): ۹۳-۱۰۸
۲۳. واثقی، الف. اسماعیلی، ع. (۱۳۸۷). بررسی اثر اقتصادی تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی ایران: روش ریکادین (مطالعه موردی: گندم). مجله علوم آب و خاک، ۱۲(۴۵): ۶۸۵-۶۹۶
۲۴. یوسف دوست، آ. محمدرضاپور، ا. ابراهیمی، م. (۱۳۹۵). تعیین سطح زیرکشت بهینه برخی از محصولات کشاورزی در شرایط متفاوت آب و هوایی با استفاده از الگوریتم ژنتیک در دشت قزوین. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۳۰(۳): ۳۱۷-۳۳۱

25. Benhin, J.K. 2008. South African crop farming and climate change: An economic assessment of impacts. *Global Environmental Change*, 18(4): 666-678.
26. Calzadilla, A., Zhu, T., Rehdanz, K., Tol, R.S. and Ringler, C. 2013. Economy wide impacts of climate change on agriculture in Sub-Saharan Africa. *Ecological Economics*, 93: 150-165.
27. Chang, C.C. 2002. The potential impact of climate change on Taiwan's agriculture. *Agricultural Economics*, 27(1): 51-64.
28. Chávez-Morales, J., Mariño, M.A. and Holzapfel, E.A. 1987. Planning model of irrigation district. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 113(4): 549-564.
29. Cooper, J.A.G. and Pilkey, O.H. 2004. Sea-level rise and shoreline retreat: time to abandon the Bruun Rule. *Global and planetary change*, 43(3-4): 157-171.
30. Costello, C.J., Deschênes, O. and Kolstad, C.D. 2009. Economic impacts of climate change on California agriculture. Paper from the California Climate Change Center, California Energy Commission, Santa Barbara, CA, USA.
31. Dillon, J.L. and Anderson, J.R. 1971. Allocative efficiency, traditional agriculture, and risk. *American Journal of Agricultural Economics*, 53(1): 26-32.
32. Downing, T.E., Harrison, P., Butterfield, R. and Lonsdale, K. 2000. Climate change, climatic variability and agriculture in Europe: an integrated assessment: University of Oxford, Environmental Change Institute.
33. Edwards, D.C. 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales: AIR FORCE INST OF TECH WRIGHT-PATTERSON AFB OH.
34. Esteban, E. and Albiac, J. 2016. Salinity Pollution Control in the Presence of Farm Heterogeneity: An Empirical Analysis. *Water Economics and Policy*: 2(2):1-20.
35. Gotsch, N. and Regev, U. 1996. Fungicide use under risk in Swiss wheat production. *Agricultural Economics*, 14(1): 1-9.
36. Howitt R.E (1995) Positive mathematical-programming. *American Journal of Agricultural Economics*, 77 (1995), pp. 329-342.
37. Heckeley, T. and Britz, W. 2000. Positive mathematical programming with multiple data points: a cross-sectional estimation procedure. *Cahiers d'Economie et de Sociologie Rurales*, 57: 27-50.
38. Intergovernmental Panel on Climate Change. 1996. Climate change 1995: Impacts, adaptations, and mitigation of climate change: Scientific– technical analyses', in Watson, R.T., Zinyowera, M.C., and Moss, R.H. (eds.), Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental.
39. Kang, Y., Khan, S. and Ma, X. 2015. Analysing Climate Change Impacts on Water Productivity of Cropping Systems in the Murray Darling Basin, Australia. *Irrigation and drainage*, 64(4): 443-453.
40. Kohler, T., Masei, D., 2012. Mountains and Climate Change-From Understanding to Action, third ed. Published by Geographica Bernensia with support of the Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) and an International Team of Contributors, Bern, Switzerland.
41. Mainuddin M, Kirby, M, Qureshi M.E (2007) Integrated hydrologic–economic modelling for analyzing water acquisition strategies in the Murray River Basin. *Agr. Water. Manage*, 93 (3):123-135
42. Maleka P (1993) an application of target MOTAD model to crop production in Zambia: Gwembe Valley as a case study. *Agricultural Economics*, 9(1): 15-35.
43. Maneta, M., Torres, M.d.O., Wallender, W., Vosti, S., Howitt, R., Rodrigues, L., Bassoi, L. and Panday, S. 2009. A spatially distributed hydroeconomic model to assess the effects of drought on land use, farm profits, and agricultural employment. *Water Resources Research*, 45(11).

44. McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Paper presented at the Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology.
45. Medellín-Azuara, J., Howitt, R.E., MacEwan, D.J. and Lund, J.R. 2011. Economic impacts of climate-related changes to California agriculture. *Climatic Chang*
46. Mosaedi, A. and GHABAEI, S.M. 2011. Modification of standardized precipitation index (SPI) based on relevant probability distribution function.
47. Paris, Q. Howitt, R.E. 1998. An analysis of ill-posed production problems using maximum entropy. *American Journal of Agricultural Economics*, 80(1): 124-138.
48. Quevauviller, P. 2011. Adapting to climate change: reducing water-related risks in Europe–EU policy and research considerations. *Environmental science & policy*, 14(7): 722-729.
49. Qureshi M.E., Whitten S.M., Mainuddin M., Marvanek S., Elmahdi A. A (2013) biophysical and economic model of agriculture and water in the Murray-Darling Basin, Australia, *Environ. Model. Softw.* 41: 98-106.
50. Salassi M.E., Deliberto M.A., Guidry K.M. (2013) economically optimal crop sequences using risk adjusted network flows: modeling cotton crop rotations in the southeastern United States. *Agric. Syst.*, 118: 33-40.
51. Sasmal, J. 1993. Considerations of Risk in the Production of High-Yielding Variety Paddy: A Generalised Stochastic Formulation for Production Function Estimation. *Indian Journal of Agricultural Economics*, 48(4): 694.
52. Sivakumar, M., Das, H. and Brunini, O. 2005. Impacts of present and future climate variability and change on agriculture and forestry in the arid and semi-arid tropics increasing climate variability and change (pp. 31-72): Springer.
53. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Averyt, K. and Marquis, M. 2007. Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC (Vol. 4): Cambridge university press.
54. Soni, B., Singh, R. and Panda, D. 1995. Optimal crop planning for Kansabahal irrigation project, Orissa, India. Paper presented at the Conference Secretariat, Isfahan University of Technology, Isfahan (Iran).
55. Stern, N. 2006. Review on the economics of climate change. HM Treasury, London.
56. Umoh, G.S. 2008. Programming risks in wetlands farming: evidence from Nigerian floodplains. *Journal of Human Ecology*, 4(2): 85-92.
57. You, L., Rosegrant, M.W., Wood, S. and Sun, D. 2009. Impact of growing season temperature on wheat productivity in China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(6-7): 1009-1014.
58. Zaied, Y.B. 2013. Long Run Versus Short Run Analysis of Climate Change Impacts on Agriculture. Paper presented at the Economic Research Forum Working Papers.

Impacts of Climate Change and Drought on Income Risk and Crop Pattern in Qazvin Plain Irrigation Network

M. Akbari, H. Najafi Alamdarlo¹*, and S.H. Mosavi

MSc graduate, Agricultural Economics Department, Tarbiat Modares University.

mahdiakbari@modares.ac.ir

Assistant Professor, Agricultural Economics Department, Tarbiat Modares University.

hamed_najafi@modares.ac.ir

Assistant Professor, Agricultural Economics Department, Tarbiat Modares University.

shamosavi@modares.ac.ir

Abstract

Climate change is one of the natural occurrences that cause temperature rise, reduced rainfalls, change in water balance, decline in production level, and frequent droughts. Therefore, predicting and evaluating the effects of climate change and drought could be very effective for future decision making. According to this approach, in this study, the effects of climate change and drought on cropping pattern and income risk effects in Qazvin plain were investigated. The LARS-WG model was used to simulate climate variables (temperature and precipitation) in the future, as well as their changes in the A1B, A2 and B1 climate scenarios. Also, the Standard Precipitation Index (SPI) was used to determine drought periods and water volume changes. Then, using the mathematical programming approach and compilation of the MOTAD-TARGET with PMP model, the cropping pattern was simulated in climate scenarios and drought periods and the risk effects of these scenarios were investigated. The results show that in all three climate scenarios, temperature increases and precipitation decreases, and cropping pattern changes toward crops with higher income stability. In drought scenario, due to reduced water volume, the cropping pattern tends to crops with less water requirements, and crops with higher income levels have less changes. Income risk, in the worst drought scenario (very severe drought) and climate change (scenario A2 during the period 2040-2049), would decrease by 68.1% and 6.377%, respectively. By reducing the income risk, the gross margin will be reduced. Considering the economic effects of climate change and drought in long-term, it is recommended to use drought and heat resistant varieties. Also, the area under cultivation of crops such as barley, corn, sugar beet, and tomato may be increased as they have a more stable income.

Keywords: Climate scenarios, Standard Precipitation Index, MOTAD-TARGET model

¹- Corresponding author: Agricultural Economics Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

*- Received: November 2018 and Accepted: May 2019