

بررسی تأثیر سناریوهای مختلف اقلیمی بر الگوی کشت محصولات کشاورزی منتخب شهرستان جیرفت

محمد جواد مهدی زاده رایینی، حمید محمدی، سامان ضیایی، علی آذره^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۲

چکیده

تغییرپذیری‌های اقلیمی (آب و هوایی) پیوسته تأثیر قابل توجهی بر تولید جهانی محصولات کشاورزی داشته است. بررسی تأثیر تغییرپذیری‌های اقلیمی بر تولید محصولات کشاورزی برای اتخاذ تصمیم‌های پیشگیرانه جهت بهبود کشاورزی بسیار مهم است. هدف پژوهش شبیه سازی الگوی کشت منتخب محصولات کشاورزی شهرستان جیرفت تحت تأثیر سناریوهای مختلف اقلیمی است. بدین منظور در آغاز با استفاده از تحلیل‌های رگرسیونی اثر متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر عملکرد محصولات منتخب در دوره ۱۳۷۰-۱۴۰۱ بررسی شد. آنگاه با استفاده از مدل گردش عمومی HadCM3 تغییرپذیری‌های اقلیم شهرستان جیرفت برای دوره‌های (۲۰۴۵-۲۰۱۱)، (۲۰۶۵-۲۰۴۶)، (۲۰۷۹-۲۰۶۶) و (۲۰۹۹-۲۰۸۰) پیش‌بینی شد. در پایان با به‌کارگیری رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت الگوی کشت منطقه شبیه‌سازی و اثرگذاری‌های تغییر اقلیم بر الگوی کشت در دوره‌های یاد شده بررسی شد. نتایج نشان داد فراسنجه (پارامتر) اقلیمی دما و بارش تأثیر معنی‌داری بر سطح زیرکشت، عملکرد، درآمد، سود و میزان تولید محصولات منتخب دارد. همچنین با اعمال پیش‌بینی تغییرپذیری‌های اقلیم در مدل الگوی کشت همه محصولات منتخب در دوره‌های (۲۰۴۵-۲۰۱۱)، (۲۰۶۵-۲۰۴۶)، (۲۰۷۹-۲۰۶۶) و (۲۰۹۹-۲۰۸۰) بر مبنای پیش‌بینی‌های مدل HadCM3 تحت تأثیر سناریوهای مختلف اقلیمی قرار می‌گیرند. با در نظر گرفتن اثرگذاری‌های تغییر اقلیم و بهبود بهره‌وری محصولات کشاورزی می‌توان از اثرگذاری‌های سوء این پدیده کاست. نتایج این تحقیق می‌تواند در برنامه ریزی کشاورزی و توسعه اقتصادی شهرستان جیرفت سودمند باشد.

طبقه‌بندی JEL: Q10, Q54, C02

واژه‌های کلیدی: تغییرپذیری‌های اقلیم، گردش عمومی جو، شبیه‌سازی، الگوی کشت، جیرفت

^۱ به ترتیب: دانش‌آموخته دکتری، استادیار، دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

مقدمه

کم شدن بهره‌وری تولیدهای کشاورزی، کاهش درآمد کشاورزان و در نهایت کاهش بهره‌وری اقتصادی از نتایج گرم شدن زمین، خشکسالی، سیل و تغییرپذیری‌های گسترده در وضعیت آب و هوا می‌باشد، بنابراین تغییر اقلیم می‌تواند کشاورزی را که یک فعالیت اقتصادی است و یکی از هدف‌های آن تولید محصول‌های کشاورزی و تأمین غذا برای جمعیت در حال رشد در جهان و در نتیجه امنیت غذایی حال و آینده می‌باشد، می‌تواند این امنیت را با چالش‌ها و مسئله‌های جدی روبه‌رو سازد. در رابطه با تغییرهای اقلیمی و اثرگذاری آن بر اقتصاد می‌توان گفت، به‌عنوان یکی از عامل‌های مهم و اساسی در تغییرپذیری‌های وضعیت آب و هوایی در سطح جهان، افزایش انتشار و بالا رفتن غلظت گازهای گلخانه‌ای است و تغییر اندکی در وضعیت آب و هوایی جهان، در بسیاری از موارد باعث ایجاد تغییرپذیری‌های طبیعی و همچنین آسیب‌ها و ضررهای اقتصادی می‌شود. چنان‌چه به باور بسیاری از کارشناسان مسائل زیست محیطی، به دلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح جهان، کره زمین با بحران‌های شدید زیست محیطی و آب و هوایی طی دهه‌های آینده، مواجه خواهد شد. بر اساس ارزیابی‌های کارشناسان مجمع جهانی اقتصاد (World Economic Forum)، اقتصاد جهانی ۱/۵ درصد تولید ناخالص داخلی و یا ۱/۲ تریلیون دلار هر ساله به علت کاهش رشد مرتبط با تأثیرات تغییرپذیری‌های اقلیمی در سطح جهانی، را از دست داده است. به اعتقاد بسیاری از کارشناسان تا سال ۲۰۳۰ این شاخص‌ها دو برابر رشد خواهد کرد. لازم به یادآوری است به نظر و باور کارشناسان آسیب و زیان‌های اقتصادی ۱۱ درصد از تولید ناخالص داخلی برای دولت‌های ضعیف جهان پیش‌بینی شده است (World Economic Forum, 2023).

اهمیت اقلیم به‌عنوان یکی از واقعیت‌های زیستی بشر هیچ‌وقت به اندازه امروز در بحث‌های کلان اقتصادی- اجتماعی مطرح نبوده و حتی اکنون نیز بسیاری از تصمیم‌گیران مسئله‌های کلان اقتصادی- اجتماعی، به‌ویژه در ایران زیاد با اهمیت تأثیرگذار این موضوع آشنا نیستند. در حال حاضر بسیاری از کارشناسان مسئله سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بیان می‌کنند که یکی از چالش‌های مهم و اثرگذار در عرصه‌ها و مراحل مختلف زندگی جامعه‌های بشری تغییر اقلیم است و پیش‌بینی می‌کنند این موضوع به‌طور روزافزون برای جامعه‌های انسانی بر حسب بافت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن‌ها بحران‌ها و پیامدهای مختلفی

بررسی تاثیر سناریوهای... ۱۰۱

را به همراه خواهد آورد. اقلیم را به راحتی می توان مهم ترین عامل تأثیرگذار در زندگی انسان و حیات جامعه های انسانی قلمداد کرد (Valigholizadeh, 2019).

مهم ترین شاخص های تغییر اقلیم، دما و بارش است که تغییر هر یک از آنها موجب تغییرپذیری های آب و هوایی می شود که پیامد آن زندگی انسان ها را نیز تغییر می دهد. افزایش گازهای گلخانه ای و ذرات معلق موجود در جو و همچنین تغییرپذیری های سطح زمین از بارزترین پیامدها و آسیب و زیان فعالیت های صنعتی جهان و جوامع بشری در دو قرن گذشته، می باشد. این پدیده اثرگذاری های مختلفی بر بخش های مختلف اقتصادی مانند کشاورزی، صنعت، گردشگری، آب و بهداشت می گذارد (Kwon & Sung, 2019).

با توجه به این که تغییرهای اقلیمی یک مسئله جدی برای اقتصاد جهانی به شمار می آید، با این حال، ارزیابی اثرپذیری اقتصادی از تغییرهای آب و هوا با چالش های پیچیده ای روبه رو است. یکی از این چالش ها، شناسایی مجموعه مکانیسم مثبت و منفی است که تغییرپذیری های آب و هوایی از طریق آن نتایج اقتصادی را تحت تأثیر قرار می دهد و حتی اگر این سازوکارها هم قابل شناسایی باشند، با چالش چگونگی تعامل سازوکارهای مختلف برای رسیدن به نتایج کلان روبه رو می شوند (Panahi & Darijani, 2020).

هیئت بین الدولی تغییر اقلیم (IPCC)^۱ ارگان بین المللی ارزیابی تغییرپذیری های اقلیمی است، که بزرگ ترین چالش جهان معاصر به شمار می رود. این هیئت آخرین اطلاعات علمی، فنی و اجتماعی - اقتصادی تولید شده در جهان، پیرامون درک بهتر مقوله تغییر اقلیم را مورد بازبینی و ارزیابی قرار می دهد. هیئت بین الدولی تغییر اقلیم هیچ گونه پژوهش و پایشی را در زمینه داده ها و فراسنجه های اقلیمی اجرا نمی کند. هزاران دانشمند از سراسر جهان به شکل داوطلبانه با این هیئت مشارکت و همکاری می کنند. بازبینی، بخش بسیار ضروری و مهم کار این هیئت برای تضمین ارزیابی کامل علمی و عینی اطلاعات جاری است. هیئت بین الدولی می کوشد تا گستره ای از نظرها و تخصص ها را منعکس کند. دبیرخانه هیئت مسئولیت انجام هماهنگی همه کارهای هیئت را برعهده دارد و با دولت ها ارتباط برقرار می کند. همکاری با این هیئت برای همه کشورهای عضو سازمان ملل متحد و سازمان جهانی هواشناسی آزاد است و دولت ها می توانند در کار بازبینی و نشست ها علنی، یعنی محل اتخاذ تصمیم گیری های اصلی پیرامون کار هیئت و همچنین ارائه، پذیرش و تصویب گزارش ها حضور فعال داشته باشند. اعضای

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change

هیئت‌رئیس شامل رئیس نیز در جریان نشست‌های علنی انتخاب می‌شوند. به دلیل علمی و بین‌الدولی بودن طبیعت این هیئت، موقعیت منحصر به فردی برای ارائه اطلاعات علمی دقیق و متوازن به تصمیم‌گیرندگان ایجاد شده است. کار این هیئت با وجود ارتباط با سیاست‌گذاری، در زمینه سیاست‌گذاری بی‌طرفانه و غیرتجویزی است و با صحنه‌گذاران بر گزارش‌های هیئت بین‌الدولی تغییر اقلیم، دولت‌ها تنها توانایی علمی خود را تأیید و تصدیق کنند. نتایج تحقیقات IPCC در گزارش سال ۲۰۱۹ گویای آن است که در ایران سناریوهای تغییرپذیری‌های اقلیمی، با افزایش میانگین دما تا دو درجه سلسیوس در ۳۰ سال آینده همراه خواهد بود که در این صورت، بارندگی افت محسوس و قابل توجهی خواهد داشت. پیش‌بینی وضعیت اقلیمی ایران، بیانگر به وجود آمدن پدیده تغییر اقلیم در دهه‌های گذشته و ادامه این روند در آینده است. با توجه به وابستگی شدید کشاورزی به اقلیم، این بخش با شدت بیشتر و سرعت بالاتر نسبت به تغییرپذیری‌های پذیرایی‌های اقلیمی واکنش نشان خواهد داد. پرداختن به بررسی اثرات تغییرهای اقلیمی بر تولید محصول‌های کشاورزی (زراعی و باغی) در سطوح مختلف از هدف‌های این بررسی‌ها بوده است تا از این طریق در مورد وضعیت تولید، محدودیت‌های پیش رو و باز دارنده‌های اقلیمی آینده در تولید محصول‌های کشاورزی اطلاعات جامع و کامل را به دست آورند. در شرایط کنونی بخش کشاورزی کشور با مسئله‌هایی مانند پایین بودن سطح بارندگی، بالا بودن میزان تبخیر و تعرق، کمبود آب در بخش کشاورزی و در نتیجه نبود زمینه تولید مناسب و بهینه محصولات کشاورزی روبه‌رو است، لذا به وجود آمدن شرایطی که با افزایش دما و کاهش بارندگی همراه باشد، می‌تواند به میزان زیادی بخش کشاورزی کشور را با چالش روبه‌رو سازد. می‌توان نتیجه گرفت که رخداد هر گونه تغییر احتمالی اقلیمی در آینده نه چندان دور، تولید محصول‌ها در بخش کشاورزی را در سطوح متفاوت دچار تغییر جدی کرده و باعث خواهد شد نظام‌هایی کنونی را که در شرایط اقلیمی کنونی و رایج تکامل یافته‌اند را به‌طور چشم‌گیری دگرگون سازد. آشکار است میزان این تاثیر از شدت تغییرپذیری‌های اقلیمی آینده متأثر خواهد بود. رویارویی با این تغییرها و پیدا کردن راه‌حلی در راستای سازگار کردن روش و نظام‌های کنونی تولید با این تغییرها، نیازمند شناخت همه‌جانبه و دقیق علت و عامل‌های بوجودآورنده این تغییرپذیری‌ها و پیش‌بینی احتمال رخداد این تغییرهای در آینده می‌باشد (Koocheki et al. 2016).

بررسی تاثیر سناریوهای...۱۰۳

بنابراین با توجه به آنچه بیان شد می‌توان به این نتیجه رسید که تغییر اقلیم به‌عنوان یک پدیده در ایران به‌طور پرهیزناپذیری روی خواهد داد. بخش کشاورزی همواره با کمبود بارنگی‌ها و خطرات رخداد خشکسالی روبه‌رو می‌باشد. برای تولیدهای کشاورزی (زرعی و باغی) کشور این شرایط اقلیمی تنگناها و محدودیت‌های فراوانی را ایجاد کرده است که از بارزترین و مهم‌ترین این محدودیت‌ها کمبود منابع آبی (سطحی و زیرزمینی) و افزایش رخداد پدیده خشکسالی است، به‌طوری که می‌توان بیان کرد خشکسالی پدیده‌ای است که در ایران به‌طور میانگین یک سال در میان با آسیب و زیان‌های فراوان اقتصادی و زیست محیطی روی می‌دهد (Valigholizadeh, 2019).

Javan & Darestani (2024) پژوهشی با عنوان ارزیابی پایداری زیست محیطی یک محصول حیاتی در یک منطقه بحرانی: بررسی اثرگذاری‌های تغییر اقلیم بر کشاورزی انجام دادند. نتایج برای آینده نزدیک گویایی کاهش قابل توجه بارندگی در حدود ۳۸ درصد، کاهش تولید گندم تا حدود ۲۵ درصد و افزایش دما در حدود ۳۰ درصد است. سناریوی آینده پیش‌بینی شده نیز از کاهش تولید کل گندم به ۲۰۲۹۲۶ تن است که ۱۵۳۸۵۵ تن از محصولات آبی و ۴۹۰۷۱ تن از محصولات دیم است. انتظار می‌رود که این کاهش تولید منجر به از دست دادن درآمد خالص در حدود ۱۳۹،۳۷۲،۴۳۷- دلار شود که ۸۷،۶۹۰،۳۴۴- دلار به محصولات آبی و ۵۱،۶۸۲،۰۹۲- دلار به محصولات دیم نسبت داده می‌شود. سلسله مراتب جامع انتخاب‌های محصول به دست آمده توسط روش HWA به شرح زیر است: جو جایگاه برتر را دارد و پس از آن گندم، سویا و سیب زمینی قرار دارند. یافته‌های بررسی نیز نشان داد که در دسترس بودن منابع آب در منطقه‌های خاصی ممکن است باعث تغییر زمین‌های کشاورزی از شمال به جنوب دشت برای ارتقای پایداری زیست محیطی شود.

Motaghd et al., (2022) پژوهشی با عنوان مولفه‌های آسیب‌پذیری واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس استان همدان در رویارویی با تغییر اقلیم انجام دادند. نتایج تحقیق نشان داد که آسیب‌پذیری کلی واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس استان همدان در برابر تغییر اقلیم به ترتیب از آسیب زیست محیطی؛ آسیب اقتصادی-فنی؛ آسیب اجتماعی-نهادی تاثیر می‌پذیرد که به‌عنوان بیشترین تبیین‌کننده‌های آسیب‌پذیری واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس استان همدان شناخته شده و تاثیر معناداری بر این پدیده داشته‌اند.

Nazari et al., (2021) پژوهشی با عنوان تاثیر تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گونه داروئی آویشن کوهی با بهره‌گیری از مدل‌سازی ترکیبی انجام دادند. نتایج نشان داد که تغییر اقلیم محدوده پراکنش گونه را تغییر داده و به سمت ارتفاعات بالاتر در آینده جابه‌جا خواهد کرد.

Mazaffari et al., (2021) پژوهشی با عنوان تغییرهای زمانی و مکانی ویژگی‌های خشکسالی هواشناسی در ایران تحت تأثیر سناریوهای تغییر اقلیم انجام دادند. نتایج نشان داد، روند مشخصه‌های شدت، زمان تداوم یا مدت، بزرگی و اوج خشکسالی در دوره تاریخی در بخش زیادی از کشور بدون روند معنی‌دار است. همچنین نتایج بیانگر آن است که بخش‌های جنوبی کشور به‌ویژه استان‌های هرمزگان، سیستان و بلوچستان، بخش‌های شمال شرق و غرب استان خراسان رضوی، گلستان و آذربایجان بیشترین آسیب‌پذیری را از تغییر اقلیم خواهند دید.

Panahi & Esmael Darijani (2021) نیز پژوهشی با عنوان بررسی اثر گرمایش جهانی و تغییرپذیری‌های اقلیمی بر رشد اقتصادی (مطالعه موردی: استان‌های ایران طی دوره ۱۳۹۰-۱۳۸۰) انجام دادند. نتایج نشان داد بخش‌های اقتصادی ایران متأثر از تغییرپذیری اقلیمی می‌باشد و آن دسته از بخش‌هایی که رابطه زیاد و متقابلی با بخش کشاورزی دارد بیشتر تأثیر می‌پذیرند. همچنین نتایج گویای آن بود که تغییرهای دما و بارندگی در ایران طی سال‌های اخیر گویای آن روند نامناسب و نامطلوب این تغییرپذیری‌ها بوده است.

Bathaiy et al., (2021) پژوهشی با عنوان شبکه سرمایه‌های معیشتی حوزه آبخیز قزل اوزن در تاب‌آوری در برابر تغییر اقلیم انجام دادند. براساس نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل شبکه‌ها مشخص شد، میزان تراکم در شبکه‌های اعتماد و مشارکت در سرمایه‌های معیشتی در راستای تاب‌آوری در برابر تغییر اقلیم بسیار پایین است؛ در این بین به ترتیب سرمایه انسانی و اجتماعی از جایگاه بالاتر و سرمایه مالی و فیزیکی جایگاه پایین‌تری برخوردارند.

Valigholizadeh (2019) پژوهشی با عنوان تبیین اثرگذاری‌های اقتصادی تغییرپذیری‌های اقلیمی در حیات جامعه‌های انسانی انجام دادند. نتایج نشان داد که تغییرپذیری‌های اقلیمی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم در زمینه‌های مختلفی به‌ویژه کشاورزی، گردشگری، انرژی، سلامتی انسان، بهره‌وری نیروی کار، اشتغال، رشد اقتصادی، افزایش فقر، افزایش مهاجرت و ... اثرگذاری اقتصادی قابل توجهی را بر جامعه‌های انسانی تحمیل کنند. با این وجود، اثرگذاری اقتصادی تغییرپذیری‌های اقلیمی در سطح جهانی یکنواخت نخواهد بود. به عبارتی، از لحاظ اقتصادی، برای برخی ناحیه‌ها می‌توان تغییرپذیری‌های اقلیمی را به‌ویژه در عرصه اقتصاد

بررسی تاثیر سناریوهای... ۱۰۵

جهانی و سبتهای اقتصادی، یک فرصت و مزیت اقتصادی قلمداد کرد و برعکس، تغییرپذیری-های اقلیمی برای بسیاری از نواحی و کشورهای در حال توسعه در نواحی خشک و با گرمای زیاد، یک بحران و ورشکستگی جغرافیایی- اقتصادی به شمار آید.

Karimifard et al., (2020) پژوهشی با عنوان بررسی حساسیت سودآوری محصولهای کشاورزی نسبت به نوسان متغیرهای اقلیمی استان خوزستان انجام دادند. نتایج نشان داد، نوسان متغیرهای اقلیم به کاهش سود اقتصادی به میزان ۵۸۱۵۴/۰۱ هزار ریال در هکتار منجر شده است و سهم رشد متغیرهای اقلیمی بر عملکرد محصولهای نشان دهنده بالا بودن سهم بارندگی می باشد.

پیش بینی تغییرپذیریهای اقلیمی متناسب با مدل های روز جهان و به کارگیری آن در شبیه سازی الگوهای کشت سازگار با وضعیت اقلیمی در دوره های آتی می تواند به عنوان یک گام مهم و اساسی برای برنامه ریزی در آینده در نظر گرفته شود. بنابراین وضعیت تغییر اقلیم در آینده تفاوت های محسوسی با وضعیت کنونی خواهد داشت و برنامه ریزی های کوتاه مدت، میان مدت و بلندمدت به عنوان راهبردی برای مدیریت این شرایط ضروری به نظر می آید. به علت اینکه کشاورزی فعالیتی است که امنیت غذایی جامعه را تحت تاثیر قرار می دهد بنابراین، در این پژوهش، پیش بینی تغییرپذیریهای اقلیم با به کارگیری مدل ریزمقیاس سازی LARS-WG و نتایج خروجی های مدل HadCM3 با در نظر گرفتن سناریوهای گوناگون و در نهایت به کارگیری آن در شبیه سازی الگوی کشت محصول های کشاورزی شهرستان جیرفت انجام گرفت.

روش تحقیق

از جمله مدل هایی که برای ریزمقیاس نمایی مدل های GCM، استفاده می شود مدل LARS-WG است. این مدل یکی از بهترین مدل های مولد داده های تصادفی وضع هوا می باشد که برای تولید مقدرهای بارندگی، تابش، دما بیشینه و کمینه روزانه در یک ایستگاه برای اقلیم کنونی و آینده به کار می رود. برای مدل سازی متغیرهای هواشناسی توزیع های آماری پیچیده ای را مدل LARS-WG به کار می گیرد. طول دوره های خشک و تر، بارش روزانه و سری های تابش، توزیع نیمه تجربی مبنای این مدل برای مدلسازی است. پارامترهای اقلیمی دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تابش خورشیدی ورودی های مدل LARS-WG می باشند که همگی در بازه زمانی روزانه قرار می گیرند. در این مدل تابش به طور مستقل از دما مدل شده است و به جای آن می توان از ساعت آفتابی نیز بهره گرفت. از توزیع نیمه تجربی بارش ماه مورد نظر و مستقل

از سری‌های تر با مقدار بارش در روز پیش، مقدار بارش یک روز تر محاسبه می‌شود. در این مدل دما را سری‌های فوریه برآورد می‌کند. به صورت فرایندهایی تصادفی با میانگین و انحراف معیارهای روزانه که وابسته به وضعیت تر یا خشک بودن روز مورد نظر هستند، دما کمینه و بیشینه روزانه مدل‌سازی می‌شوند. برای شبیه‌سازی میانگین و انحراف معیار دما فصلی سری فوریه مرتبه سوم به کار برده می‌شوند. از تفریق مقادارهای میانگین از مقدار مشاهده شده مقادارهای مانده‌ها محاسبه می‌شوند، داده‌های کمینه و بیشینه در تحلیل خود همبستگی زمانی استفاده شد. دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تابش خروجی‌های این مدل را تشکیل می‌دهند. واسنجی، ارزیابی و ایجاد داده‌های هواشناسی مرحله‌های سه‌گانه تولید داده‌های مدل LARS-WG را تشکیل می‌دهند (Babaeian et al. 2010).

کالیبره کردن مدل

در مرحله واسنجی مدل، همه فراسنجه‌های لازم برای تولید داده‌های مصنوعی در این مرحله لحاظ می‌شود. LARS-WG میانگین بین داده‌های دیده‌بانی شده را برای مدل کردن دمای بیشینه و کمینه و تابش جهت خود همبستگی که عبارت است از یک فرایند تصادفی که همبستگی بین مقادارهای فرایند در نقطه‌های متفاوت زمانی را به عنوان تابع دو زمانه یا تفاضل زمانی تعریف می‌کند را به کار می‌گیرد (Semenov, 2007).

ارزیابی مدل

تعیین اینکه مدل مورد نظر برای تولید داده‌های تصادفی در منطقه و مکان مورد بررسی مناسب می‌باشد و یا نمی‌باشد؟ گام دوم در اجرای LARS-WG می‌باشد.

ایجاد داده‌های مصنوعی

فراسنجه‌های هواشناسی پس از واسنجی و ارزیابی مدل، باید تولید شوند. بنابراین یک سناریوی تغییر اقلیم برای تولید داده‌های آب و هوای مصنوعی مورد نیاز است (Beecham et al. 2014). مدلی که داده‌های اقلیمی را در ۳ دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰، ۲۰۴۶-۲۰۶۵ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ میلادی ریزمقیاس و تولید می‌کند، آخرین ورژن مدل LARS-WG، یعنی مدل LARS-WG 5.5 است. در این پژوهش دوره ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۰ یک بار برای واسنجی استفاده خواهد شد و پس از آن کل این دوره (۱۹۸۹ تا ۲۰۱۰) برای صحت‌سنجی مدل در نظر گرفته خواهد شد و نتایج به دست آمده از مدل با مقادارهای مشاهده شده مقایسه و چگونگی عملکرد مدل ارزیابی می‌شود. پس از واسنجی و ارزیابی مدل دوره زمانی روزانه متغیرهای دما و بارش منطقه برای دوره‌های آتی

بررسی تاثیر سناریوهای... ۱۰۷

شبیه‌سازی شد. در نهایت از معیارهای خطای NSE، RMSE و R^2 به منظور ارزیابی مدل و سناریو استفاده گردید. در مرحله تحلیل رگرسیونی، با استفاده از روش کمینه مربعات معمولی^۱ (OLS)، روند تغییر و معنی‌داری هر یک از متغیرهای دما و بارش سالیانه و اثرگذاری‌های آن‌ها بر میانگین عملکرد محصولات زراعی مورد بررسی شهرستان جیرفت، با استفاده از بسته نرم-افزاری Eviews10 بررسی و ارزیابی شد. برای رفع مسئله خودهمبستگی رابطه ۱، از فرآیند خودرگرسیون مرتبه اول به کار گرفته شد. به این صورت که پیش‌بینی متغیر ملاک (وابسته) در زمان t یک نسبتی از آن مقدار در زمان $t-1$ می‌باشد. برای تعیین شکل نهایی، در آغاز شکل‌های مختلف لگاریتمی، نیمه لگاریتمی، خطی درجه یک، درجه دو و درجه دو با اثرهای متقابل متغیرها، برآورد خواهد شد و بنا بر نتایج به دست آمده از معیارهای موجود در مدل (مانند R^2 تعدیل شده) به تعیین شکل نهایی از بین شکل‌های بالا پرداخته و از نتایج مدل نهایی برای تفسیر معادله‌ها و ارتباط بین متغیرها استفاده خواهد شد (Nofaresti, 2016).

به‌طور کلی ساختار یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطی به صورت رابطه ۱، می‌باشد:

$$\text{Maximize } Z = \sum_{i=1}^n C_i X_i \quad (1)$$

Subject to :

$$\sum a_{ij} X_i \leq b_i$$

که در آن Z تابع هدف، X_i متغیرهای تصمیم، a_{ij} ضریب فنی نهاده یک واحد سطح زیر کشت و b_i میزان نهاده i ام در دسترس کشاورز می‌باشد. امروزه مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی، ابزاری مهم در اقتصاد کشاورزی به‌شمار می‌آیند. برای تحلیل سیاست‌های کشاورزی طیفی گسترده‌ای از مدل‌های برنامه‌ریزی وجود دارد. این مدل‌ها به سه دسته کلی مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی دستوری^۲ (NMP) یا مدل‌های بهینه‌سازی، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی اقتصادسنجی^۳ (EMP) و مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)^۴ تقسیم‌بندی می‌شوند. که در ادامه مدل PMP معرفی می‌شود. هدف اصلی مدل‌های PMP این است که در حد تصویری حقیقی از شرایط موجود را ارائه داده و آنگاه رفتار کشاورزان را شبیه‌سازی کند. این مدل را که برای رفع کاستی‌های موجود در الگوهای NMP توسعه یافت، نخستین بار هویت معرفی کرد. در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مثبت فرض می‌شود که کشاورزان در

¹Ordinary Least Squares (OLS)

²Normative Mathematical Programming

³Econometrics Mathematical Programming

⁴Positive Mathematical Programming

شرایط موجود و با توجه به قیمت نهاده‌ها و محصول به‌طور بهینه عمل می‌کنند، زیرا محدودیت‌های بسیاری در شرایط واقعی تصمیم‌گیران و تصمیم‌گیران را تحت تاثیر قرار می‌دهد که مدل‌ساز قادر به لحاظ کردن همه آن‌ها در مدل نیست ولی کشاورز و تصمیم‌گیران در زمان تصمیم‌گیری در شرایط واقعی آن‌ها را در نظر می‌گیرند (Keramatzadeh et al. 2011). نتیجه اعمال یک سیاست و اثرگذاری آن تا حد زیادی وابسته به نحوه چگونگی واکنش بهره‌برداران نسبت به سیاست اعمال شده می‌باشد. واکنش بهره‌برداران نیز وابسته به شرایط کشتزار، نگرش و ویژگی‌های فردی آنان می‌باشد. امروزه این امر از طریق مدل PMP فراهم شده است. به‌طور کلی روش PMP معرفی شده توسط هویت از سه مرحله زیر پیروی می‌کند (Howitt, 1995):

۱. تصریح مدل برنامه‌ریزی خطی با در نظر گرفتن محدودیت‌های واسنجی؛
۲. کاربرد مقدارهای دوگان مرحله اول برای تعیین فراسنجه‌های تابع هدف غیرخطی؛
۳. کاربرد تابع هدف واسنجی شده در قالب یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به‌منظور تحلیل سیاست‌ها.

در مرحله نخست، محدودیت‌های واسنجی، که سطح فعالیت‌ها را به سطح‌های مشاهده شده دوره پایه مقید می‌کند، به مجموعه محدودیت‌های منابع یک مدل برنامه‌ریزی خطی اضافه می‌شوند.

به‌طور کلی طی سه مرحله تصریح مدل برنامه‌ریزی خطی با در نظر گرفتن محدودیت‌های واسنجی، کاربرد مقدارهای دوگان مرحله اول بررسی تعیین فراسنجه‌های تابع هدف غیرخطی مرحله اول، کاربرد تابع هدف واسنجی شده در قالب یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به‌منظور تحلیل سیاست‌ها از طریق مدل PMP محاسبه می‌شود. برای تعیین الگوی بهینه کشت، مدل برنامه‌ریزی ریاضی مورد استفاده در این تحقیق دارای شکل استاندارد زیر در حالت بیشینه‌سازی بازده ناخالص است.

$$\text{Maximize } Z = Px - dx - \frac{1}{2}xQx \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n k_i x_i \leq T\text{Capital} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq T\text{Land} \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i x_i \leq T\text{Pesticide} \quad (5)$$

بررسی تاثیر سناریوهای... ۱۰۹

$$\sum_{i=1}^n f_i x_i \leq TFertilizer \quad (۶)$$

$$\sum_{i=1}^n l_i x_i \leq TLabor \quad (۷)$$

$$\sum_{i=1}^n m_i x_i \leq TMachinery \quad (۸)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i x_i \leq TWater_m \quad (۹)$$

$$x_i \geq 0 \quad (۱۰)$$

$$x_{t1} - x_{t2} \leq 0 \quad (۱۱)$$

در این مدل Z ارزش تابع هدف است؛ P بردار (n×1) قیمت محصولات گندم، جو، ذرت دانه‌ای است؛ x بردار (n×1) غیرمنفی از سطح فعالیت‌های تولیدیاست؛ d و ماتریس Q به ترتیب نشان دهنده فراسنجه‌های واسنجی شده جزء خطی و درجه دو تابع هزینه می‌باشد و ضریب‌های w، m، l، f، p، k به ترتیب بیان کننده میزان استفاده از منابع سرمایه، سموم شیمیایی، کودهای شیمیایی، نیروی کار، ماشین‌ها و ادوات و آب برای تولید محصول i در یک هکتار زمین زراعی در سطح منطقه مورد بررسی است و نیز TPoison، TFertilizer، TMachinery، TWater_m، TCapital، TLand به ترتیب نشان دهنده مقدار کل منابع سرمایه، زمین، سم‌های شیمیایی، کودهای شیمیایی، نیروی کار و آب در دسترس در منطقه برای فعالیت‌های زراعی است. رابطه ۲، نشان دهنده تابع هدف و رابطه‌های ۳ تا ۱۱، قیدهای لحاظ شده در مدل هستند. تابع هدف، سود ناخالص سالانه به دست آمده از کل فعالیت‌های زراعی شهرستان جیرفت را بیشینه می‌نماید. قیدهای مدل بیانگر این موضوع هستند که کل منابع اختصاص یافته بین فعالیت‌های تولیدی نمی‌تواند بیشتر از کل منابع موجود که شامل سرمایه، زمین، سم‌های شیمیایی، کودهای شیمیایی، نیروی کار، ماشین‌ها و ادوات کشاورزی و منابع آب موجود در منطقه مورد مطالعه باشد. قید مرتبط با سم‌ها و کودهای شیمیایی به ترتیب برای هر یک از سم‌های علفکش، حشره‌کش، قارچ‌کش و کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس تکرار می‌شود. رابطه ۴، سطح-های فعالیت‌های تولیدی که در واقع سطح زیرکشت محصول‌های مختلف بر حسب هکتار است بیان می‌کند که نمی‌تواند مقدارهای منفی به خود بگیرد و قید ۱۱ نیز سطح زیر کشت محصولات در تناوب نمی‌تواند از سطح محصول اول کشت شده در همان زمین بیشتر باشد را نشان می‌دهد. در مورد تناوب محصول‌های شهرستان جیرفت، محصول گندم و جو آبی در تناوب‌های زراعی، با توجه به بررسی‌های انجام گرفته محصول‌های اصلی به شمار می‌روند. بنا

بر آمار و اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی جنوب کرمان، سطح‌های زیر کشت محصول‌های زراعی این منطقه در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در حدود ۱۵۴۵۸۱ هکتار است که محصول‌های گندم آبی، جو آبی، ذرت دانه‌ای، در این پژوهش بررسی شد.

نتایج و بحث

در آغاز با استفاده از شاخص هرست به بررسی پیش‌بینی‌پذیر بودن متغیرهای اقلیمی پرداخته می‌شود. آنگاه روند تغییر و معنی‌داری این متغیرها بر میانگین عملکرد محصول‌های زراعی منتخب منطقه مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. در مرحله بعد با استفاده از مدل‌های LARS-WG تحت سناریوهای RCP 2.6, 4.5, 8.5 و ریزمقیاس نمایی مدل مولد LARS-WG تغییرپذیری‌های اقلیمی شهرستان جیرفت در طول دوره کاشت هر محصول در بازه‌های (۲۰۱۱-۲۰۴۵)، (۲۰۴۶-۲۰۶۵)، (۲۰۶۶-۲۰۷۹) و (۲۰۸۰-۲۰۹۹) محاسبه می‌شود. در مرحله آخر با استفاده از نتایج تغییرپذیری‌های اقلیمی پیش‌بینی شده و با کمک مدل PMP، اثر سناریوهای تغییر اقلیم بر الگوی کاشت شهرستان جیرفت بررسی شد. در این بخش به بررسی الگوی کشت کنونی شهرستان جیرفت و اثرات تغییر پارامترهای اقلیمی پیش‌بینی شده تحت سناریوها و الگوهای اقلیمی متفاوت در بازه‌های (۲۰۱۱-۲۰۴۵)، (۲۰۴۶-۲۰۶۵)، (۲۰۶۶-۲۰۷۹) و (۲۰۸۰-۲۰۹۹) در مرحله پیش، بر الگوی کشت کنونی پرداخته می‌شود. در این راستا از مدل PMP و نرم‌افزار GAMS25 استفاده شده است.

نتایج به‌دست آمده از آزمون نمای هرست

در این قسمت با استفاده از مقدار شاخص هرست، پیش‌بینی‌پذیر بودن متغیرهای اقلیمی دمای کمینه، دمای بیشینه و میزان بارش شهرستان جیرفت در طول دوره آماری ۲۰۱۸-۱۹۸۶ مورد بررسی قرار گرفت و نتایج مربوط به این آزمون در جدول (۱) گزارش شده است.

جدول (۱) مقدار نمای هرست برای فراسنجه‌های اقلیمی

Table (1) value of Hurst view for climatic parameters

مقدار نمای هرست Hurst view value	نام متغیر Variable name
0.84	دمای کمینه Minimum temperature
0.67	دمای بیشینه Maximum temperature
0.70	بارش rain

Source: Research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

بررسی تاثیر سناریوهای... ۱۱۱

با توجه به این موضوع که مقدار محاسبه شده شاخص هرست برای هر سه متغیر در فاصله بین ۰/۵ تا ۱ ($0/5 < H < 1$) قرار گرفت، می‌توان نتیجه گرفت که دوره‌های زمانی موجود ادامه‌دار، دارای حافظه طولانی و با احتمال تکرار در آینده می‌باشند. لذا متغیرهای اقلیمی دمای کمینه، دمای بیشینه و میزان بارش قابل پیش‌بینی هستند.

نتایج فراسنجه‌های تابع هدف به منظور واسنجی مدل بر مبنای روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، از طریق تبدیل تابع هدف برنامه‌ریزی خطی به برنامه‌ریزی غیرخطی نشان داد که تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین گستره سطح زیر کشت مشاهده شده در سال پایه و مقدارهای حاصل از واسنجی مدل برنامه‌ریزی موجود وجود ندارد. بنابراین واسنجی مدل با دقت بالایی انجام شده است و در حقیقت پارامترهای غیرخطی به گونه‌ای برآورد شده‌اند که بازتولید صحیح وضعیت پایه را به همراه داشته‌اند که این امر گویای از توانایی مدل PMP در تولید دوباره مقدارهای سال پایه و افزایش اطمینان در اجتناب از تفاوت بین موقعیت پایه کنونی و موقعیت کنونی شبیه‌سازی شده است. این مزیت کمک می‌کند تا شبیه‌سازی رفتار بهره‌برداران واقع‌گرایانه و انعطاف‌پذیر باشد و در این شرایط می‌توان با تغییر شرایط و تعریف سناریوهای مختلف به شبیه‌سازی و تحلیل رفتار مختلف کشاورزان پرداخت. در نهایت با توجه به مقایسه سطوح فعالیت‌ها و مقدارهای تابع هدف در دو وضعیت یاد شده، می‌توان عنوان کرد که روش به کار رفته توانایی بالایی در تولید وضعیت پایه دارد و در مجموع می‌توان گفت که نتایج حاصل از واسنجی مدل قابل قبول می‌باشد. بنابراین در ادامه می‌توان از مدل کالیبره شده برای شبیه‌سازی و تحلیل شرایط اقلیمی پیش‌بینی شده استفاده کرد. برای بررسی اثرات تغییر اقلیمی بر الگوی کشت بدین صورت عمل شد که از اطلاعات اقلیمی پیش‌بینی شده در بخش‌های قبل در قالب سناریوهای تغییر اقلیم در دوره کاشت تا برداشت هر محصول جهت بررسی اثرات آن بر الگوی کشت کنونی مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق، از روش کمینه مربعات معمولی جهت بررسی روند تغییر، معناداری و اثر هر یک از متغیرهای دما و بارش بر میانگین عملکرد محصول در منطقه مطالعاتی استفاده شد با استفاده از آماره ضریب تعیین تعدیل شده و دیگر معیارهای موجود در مدل به انتخاب الگو با بهترین شکل تابعی برازش داده شده، برای تعیین ارتباط بین عملکرد و متغیرهای اقلیمی پرداخته شد. بر این مبنای محصول‌های مختلف یا دارای شکل تابعی خطی بوده و یا شکل تابعی درجه دو دارند. در ادامه ارتباط متغیرهای اقلیمی دما و بارش و تأثیرپذیری‌های آن‌ها بر میانگین عملکرد

محصول‌های شهرستان جیرفت، طی دوره ۳۰ ساله ۱۳۷۱-۱۴۰۰ بررسی و نتایج در جدول (۲) گزارش شده است.

جدول (۲) تاثیر متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر عملکرد محصول‌های زراعی جیرفت
Table (2) The effect of climatic variables of temperature and precipitation on the yield of Jiroft crops

AR	دما Temperature	بارش Rain	عرض از مبدا Width from the origin	محصول Product
0.77	-0.30	0.001	-۸۳.۴۰	گندم Wheat
	-0.20	-0.001	-۲۲.۲۲	جو Barley
0.03	0.009	-0.004	-۲۳۴.۵۰	ذرت دانه‌ای Maize

Source: Research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج به دست آمده از جدول (۲) متغیر بارش اثر منفی و متغیر دما اثری مثبت بر عملکرد ذرت دانه‌ای دارد. یعنی با افزایش یک واحد متغیر بارش عملکرد ذرت دانه‌ای حدود ۰/۰۰۴ واحد کاهش می‌یابد و با افزایش یک واحد دما عملکرد ذرت دانه‌ای ۰/۰۰۹ واحد افزایش می‌یابد. در این رابطه می‌توان گفت مدیریت آبیاری باید تأمین آب کافی ضمن در نظر گرفتن پیامدهای اقتصادی و زیست محیطی باشد. از آنجا که پاسخ عملکرد ذرت به کاربرد آب آبیاری از قانون کاهش بازده پیروی می‌کند یعنی هنگامی که محصول به بیشینه عملکرد نزدیک می‌شود، آخرین میلی‌متر آب مصرفی، عملکرد دانه اضافی کمتری نسبت به نخستین میلی‌متر آب مصرف شده دارد. افزون بر این، از آنجا که سامانه‌های آبیاری ۱۰۰ درصد در انتقال آب کارآمد نیستند، ناممکن است که کل آب مورد استفاده به تبخیر و تعرق و در نهایت به عملکرد (دانه) تبدیل شود. بنابراین، مدیران هنگام تصمیم‌گیری برای آخرین بارها آبیاری، باید توان بالقوه (پتانسیل) افزایش عملکرد دانه و هزینه استفاده از آب را در نظر بگیرند. استفاده از چندین میلی‌متر آب اضافی به‌طور بالقوه به دلیل عملکرد کاهشی دانه ناشی از شستشوی عنصرهای غذایی از منطقه ریشه فعال و کاهش هوادهی خاک، عملکرد خالص به ازاء آب آبیاری مصرفی را کاهش می‌دهد. هم‌چنین به نظر می‌رسد مدیریت مناسب تاریخ کاشت برای تعدیل اثرگذاری-های منفی تغییر اقلیم بر عملکرد ذرت می‌تواند به عنوان یک راهکار مناسب در نظر گرفته شود.

بررسی تاثیر سناریوهای... ۱۱۳

متغیرهای دما و بارش ارتباط معکوسی با عملکرد جو دارند. یعنی به ازای یک واحد افزایش در متغیرهای بارش و دما میزان عملکرد جو به ترتیب ۰/۰۰۱ و ۰/۲۰ واحد کاهش می‌یابد. در این ارتباط می‌توان گفت در آینده دما کمینه و بیشینه در همه ماه‌های سال افزایش می‌یابند. با وجود بیشتر شدن تبخیر و تعرق گیاه مرجع، به دلیل کاشت زودتر جو و کوتاه شدن طول دوره رشد آن‌ها، نیاز آبی محصول‌های در آینده کمتر خواهد شد. از سوی دیگر عملکرد جو نیز به علت کوتاه‌تر شدن طول دوره رشد محصول تحت تاثیر تغییر اقلیم کاهش خواهد یافت.

عملکرد محصول گندم ارتباط مثبتی با متغیر اقلیمی بارش و ارتباط معکوسی با دما دارد. یعنی با افزایش یک واحد در متغیر بارش عملکرد گندم ۰/۰۰۱ واحد افزایش و با افزایش یک واحدی در متغیر دما عملکرد گندم ۰/۳۰ واحد کاهش می‌یابد. با توجه به تاثیرگذاری این دو متغیر می‌توان نتیجه گرفت که بارندگی بیش از دما بر عملکرد محصول گندم تاثیر مثبت دارد و افزایش بارندگی در اواخر دوره رشد و نمو اثر بیشتری نسبت به افزایش بارندگی در اوایل دوره رشد و نمو گندم دارد. از سویی تغییرپذیری‌های سال به سال آب و هوا، شرایط نامساعدی را برای کشاورزان به وجود آورده است. هرچند در برخی منطقه‌های اقلیمی، اثر افزایش این تغییرها بر عملکرد محصول گندم ناچیز است؛ بیشتر وسعت کشور ایران، هم اکنون در معرض آب و هوای به نسبت خشک، تابستان‌های گرم، و زمستان‌های سرد قرار دارد و به نظر می‌رسد رخدادهای حدی دما و تغییرهای نامنظم بارش در دوره‌های گذشته، سازگاری نسبی گندم‌کاران این منطقه‌ها با تغییرپذیری اقلیم را فراهم کرده است.

با توجه به جدول (۳) قدرت توضیح دهندگی مدل برآورد شده نیز، تاحدودی بالا و برابر ۰/۷۷ می‌باشد. به دیگر سخن، متغیرهای بارش سالانه و میانگین دمای سالانه توانسته‌اند ۷۷ درصد از تغییرهای متغیر وابسته (عملکرد محصول گندم) را توضیح دهند. در مورد محصول جو قدرت توضیح دهندگی مدل برآورد شده نیز، تاحدودی بالا و برابر ۰/۴۱ می‌باشد. به دیگر سخن، متغیرهای بارش سالانه و میانگین دمای سالانه توانسته‌اند ۴۱ درصد از تغییرهای متغیر وابسته (عملکرد محصول جو) را توضیح دهند. در مورد محصول ذرت دانه‌ای قدرت توضیح دهندگی مدل برآورد شده نیز، تاحدودی بالا و برابر ۰/۵۷ می‌باشد. به دیگر سخن، متغیرهای بارش سالانه و میانگین دمای سالانه توانسته‌اند ۵۷ درصد از تغییرهای متغیر وابسته (عملکرد محصول ذرت دانه‌ای) را توضیح دهند. هم‌چنین برای رفع خودهمبستگی از فرآیند خودرگرسیون مرتبه اول (AR) استفاده شد. فرآیند خودرگرسیونی بیانگر این است که پیش‌بینی متغیر وابسته در

زمان t ، نسبتی از مقدار آن در زمان $(t-1)$ به علاوه یک تکانه تصادفی یا جمله اخلاص در زمان t است. همان طور که در جدول (۳) مشاهده می شود، آزمون دوربین واتسون برای تابع گندم $1/96$ می باشد، یعنی خودهمبستگی بین اجزای اخلاص مدل وجود ندارد. از سویی آزمون دوربین واتسون برای دیگر تابع ها نیز نشان دهنده نبود خودهمبستگی می باشد.

جدول (۳) آماره های مدل رگرسیونی

Table (3) regression model statistics

محصول Product	ضریب تعیین (R^2) coefficient of determination (R^2)	ضریب تعیین تعدیل شده (R^2) Adjusted coefficient of determination (R^2)	احتمال Probability	دوربین واتسون Durbin- Watson statistic
گندم Wheat	0.77	0.72	0.0000	1.96
جو Barley	0.41	0.33	0.0042	1.94
ذرت دانه ای Maize	0.57	0.47	0.0011	1.89

Source: Research findings

منبع: یافته های تحقیق

در مرحله آخر با استفاده از نتایج فراسنجه ها اقلیمی پیش بینی شده و با کمک مدل PMP، تاثیر سناریوهای تغییر اقلیم بر عملکرد، تولید، هزینه، درآمد ناخالص، سود و الگوی کشت شهرستان جیرفت بررسی شد. پیش از هر مساله باید در آغاز خوبی مدل ایجاد شده نشان داده شود. پس از ورود داده های جمع آوری شده در نرم افزار، باید مدل طراحی شده واسنجی شود. در جدول ۴ نشان داده شده است که آیا داده های سطح زیرکشت سال پایه با اطلاعات به دست آمده از مدل همخوانی دارند یا خیر.

جدول (۴) اعتبارسنجی مدل PMP شهرستان جیرفت

Table (4) Validation of Jiroft PMP model

محصول Product	سطح زیر کاشت پایه (هکتار) The area under the base planting (hectare)	سطح زیر کشت محاسبه شده Computational Cultivated area
گندم Wheat	40660	40660.004
جو Barley	8125	8124.954
ذرت دانه ای Maize	10878	10878.001

Source: Research findings

منبع: یافته های تحقیق

همان طور که در جدول (۴) مشاهده می شود، مدل طراحی شده توسط محقق واسنجی شده بوده و به خوبی می تواند بیانگر داده های حقیقی باشد. لذا می توان از این مدل برای بررسی و

بررسی تاثیر سناریوهای... ۱۱۵

تحلیل سناریوهای مختلف استفاده کرد. نتایج تغییر در عملکرد، سطح زیر کشت و سود ناخالص کشاورزان به همراه عملکرد (کیلوگرم در هکتار)، سطح زیر کشت پایه (هکتار) و سود ناخالص کنونی کشاورزان (میلیون ریال) در جدول‌ها ارائه شده است. بنابر نتایج گزارش شده در جدول اول مشاهده می‌شود محصولات جو، ذرت، در هر سه دوره زمانی و تحت اعمال هر سه سناریو اقلیمی با کاهش سطح زیر کشت رو به رو می‌شوند. و محصول گندم با افزایش روبه‌رو می‌شود. جدول (۵) تغییرپذیری سطح زیر کشت محصول‌های منتخب بر مبنای پیش‌بینی‌های مدل

HadCM3

Table (5) changes in the cultivated area of selected crops based on HadCM3 model predictions

تغییرهای سطح زیر کشت (درصد) Changes in cultivated area (percentage)				سناریو Scenario	محصول Product
دوره Period					
2080-2099	2066-2079	2046-2065	2011-2045		
7.32	5.52	3.72	2.97	RCP2.6	گندم Wheat
7.02	5.52	۴,۱۷	2.82	RCP4.5	
5.67	4.32	3.57	8.96	RCP8.5	
-77.07	-57.12	-37.17	-28.86	RCP2.6	جو Barley
-73.75	-57.12	-42.16	-27.19	RCP4.5	
-58.78	-43.82	-35.51	-100.00	RCP8.5	
-21.02	-15.50	-9.98	-7.68	RCP2.6	ذرت دانه‌ای Maize
-20.10	-15.50	-11.36	-7.22	RCP4.5	
-15.96	-10.90	-9.52	-28.77	RCP8.5	

Source: Research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

در سناریوی RCP2.6 طی سال‌های پیش‌بینی شده محصول‌های جو و ذرت با کاهش سطح زیر کشت روبه‌رو می‌شوند. این مساله نشان می‌دهد طی سال‌های آینده با تغییرهای اقلیم (کاهش دما و کاهش بارندگی) سطح زیر کشت جو و ذرت دانه‌ای کاهش یافته و تغییرهای زیادی خواهد داشت. در سناریوی RCP2.6 طی سال‌های پیش‌بینی شده محصول گندم با افزایش سطح زیر کشت مواجه می‌باشد. هم‌چنین می‌توان گفت تغییرهای اقلیم در سناریوی RCP2.6 در شهرستان جیرفت برای کشاورزان اثرات زیادی داشته و آنان را وادار می‌کند تا سطح زیر کشت برخی از محصول‌های مانند جو و ذرت دانه‌ای را برای جبران هزینه‌ها و افزایش درآمد تغییر دهند. در سناریوی RCP4.5 نیز مانند سناریوی پیش‌جو و ذرت با کاهش سطح زیر کشت و گندم با افزایش سطح زیر کشت طی سال‌های پیش‌بینی شده روبه‌رو هستند. در سناریوی سوم

که RCP8.5 می‌باشد سطح زیر کشت هر سه محصول در هر چهار دوره مورد بررسی منفی خواهد شد و با کاهش روبه‌رو می‌شود.

جدول (۶) تغییرپذیری عملکرد محصولات منتخب بر مبنای پیش‌بینی‌های مدل HadCM3

Table (6) yield changes of selected products based on HadCM3 model predictions

تغییرهای عملکرد (درصد)				سناریو Scenario	محصول Product
yield changes (percentage)					
دوره Period					
2080-2099	2066-2079	2046-2065	2011-2045		
1.01	1.16	1.23	1.35	RCP2.6	گندم Wheat
1.05	1.04	1.11	1.25	RCP4.5	
1.04	1.06	۱.۱۲	1.17	RCP8.5	
0.71	0.70	0.76	0.82	RCP2.6	جو Barley
0.71	0.67	0.69	0.73	RCP4.5	
0.69	0.62	0.57	0.53	RCP8.5	
1.09	1.14	1.35	1.57	RCP2.6	ذرت دانه‌ای Maize
1.05	1.24	1.41	1.57	RCP4.5	
1.04	۱.۱۵	1.24	1.43	RCP8.5	

Source: Research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

در سناریوی RCP2.6 طی سال‌های پیش‌بینی شده محصول‌های جو و ذرت با کاهش عملکرد روبه‌رو هستند. این مسئله نشان می‌دهد طی سال‌های آینده با تغییرپذیری‌های اقلیم (کاهش دما و کاهش بارندگی) عملکرد جو و ذرت دانه‌ای کاهش یافته و تغییرهای زیادی خواهد کرد. در سناریوی RCP2.6 طی سال‌های پیش‌بینی شده محصول گندم با افزایش عملکرد مواجه می‌باشد. هم‌چنین می‌توان گفت تغییرهای اقلیم در سناریوی RCP2.6 در شهرستان جیرفت برای کشاورزان اثرگذاری‌های زیادی داشته و آنان را وادار می‌کند تا عملکرد برخی از محصول‌های مانند جو و ذرت دانه‌ای را برای جبران هزینه‌ها و افزایش درآمد تغییر دهند. در سناریوی RCP4.5 نیز مانند سناریوی پیش‌جو و ذرت با کاهش عملکرد و گندم با افزایش عملکرد طی سال‌های پیش‌بینی شده مواجه هستند. در سناریوی سوم که RCP8.5 می‌باشد عملکرد هر سه محصول با روند کاهشی روبه‌رو خواهد شد. این مقدار از ۱/۴۳ در دوره ۲۰۴۵-۲۰۱۱ به ۱/۰۴ در دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ کاهش می‌یابد.

بررسی تاثیر سناریوهای... ۱۱۷

جدول (۷) تغییرپذیری مقدار تولید محصول های منتخب بر مبنای پیش بینی های مدل HadCM3
Table (7) changes in the amount of production of selected products based on HadCM3 model predictions

تغییرپذیری تولید (درصد) Production changes (percentage)				سناریو Scenario	محصول Product
دوره Period					
2080-2099	2066-2079	2046-2065	2011-2045		
8.8	22.0	27.2	38.7	RCP2.6	گندم Wheat
11.9	9.3	15.8	۲۹,۰	RCP4.5	
9.5	10.6	16.4	27.2	RCP8.5	
-83.8	-69.9	-52.1	-41.9	RCP2.6	جو Barley
-81.4	-71.2	-59.8	-47.0	RCP4.5	
-71.4	-65.0	-63.2	-100.0	RCP8.5	
-14.2	-3.9	21.8	44.7	RCP2.6	ذرت دانه ای Maize
-16.0	5.1	24.8	45.6	RCP4.5	
-12.2	2.9	12.4	1.7	RCP8.5	

Source: Research findings

منبع: یافته های تحقیق

بنابر نتایج جدول (۸) درآمد ناخالص کشاورزان منطقه مورد بررسی در هر چهار دوره زمانی مورد بررسی ۲۰۱۱-۲۰۴۵, ۲۰۴۶-۲۰۶۵, ۲۰۶۶-۲۰۷۹ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ و همچنین تحت هر سه سناریو اقلیمی سری RCP8.5, RCP4.5, RCP2.6 کاهش پیدا می کند.

جدول (۸) تغییرپذیری سطح درآمد ناخالص کل محصول های منتخب بر مبنای پیش بینی های مدل HadCM3
Table (8) changes in the level of gross income of all selected products based on HadCM3 model predictions

تغییرپذیری سطح درآمد ناخالص (درصد) Changes of Gross Income Level (percent)				سناریو Scenario	محصول Product
دوره Period					
2080-2099	2066-2079	2046-2065	2011-2045		
8.78	22.00	27.23	38.67	RCP2.6	گندم Wheat
11.93	9.31	15.83	29.00	RCP4.5	
9.50	10.63	16.37	27.19	RCP8.5	
-83.83	-69.91	-52.12	-72.12	RCP2.6	جو Barley
081.40	-71.24	-59.84	-46.98	RCP4.5	
-71.41	-65.03	-63.16	-100.00	RCP8.5	
-16.55	-4.06	17.93	30.19	RCP2.6	ذرت دانه ای Maize
-19.01	4.83	19.85	31.32	RCP4.5	
-13.88	2.77	10.99	1.66	RCP8.5	

Source: Research findings

منبع: یافته های تحقیق

جدول (۹) تغییرپذیری کل هزینه تولید محصول‌های منتخب بر مبنای پیش‌بینی‌های مدل

HadCM3

Table (9) changes in the total cost of production of selected products based on HadCM3 model predictions

تغییرپذیری کل هزینه تولید (درصد)				سناریو Scenario	محصول Product
Changes of total production cost (percent)					
دوره Period					
2080-2099	2066-2079	2046-2065	2011-2045		
7.32	5.52	3.72	2.97	RCP2.6	گندم Wheat
7.02	5.52	4.17	2.82	RCP4.5	
5.67	4.32	3.57	8.96	RCP8.5	
-77.07	-57.12	-37.17	-40.56	RCP2.6	جو Barley
-73.75	-57.12	-42.16	-27.19	RCP4.5	
-58.78	-43.82	-35.51	-100.00	RCP8.5	
-26.62	-18.35	-11.09	-8.32	RCP2.6	ذرت دانه‌ای Maize
-25.16	-18.35	-12.82	-7.78	RCP4.5	
-18.99	-12.24	-10.52	-40.39	RCP8.5	

Source: Research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول (۱۰) تغییرپذیری سود خالص محصول‌های منتخب بر مبنای پیش‌بینی‌های مدل

Table (10) changes in net profit of selected products based on HadCM3 model predictions

تغییرپذیری سود خالص (درصد)				سناریو Scenario	محصول Product
Net Profit Changes (percent)					
دوره Period					
2080-2099	2066-2079	2046-2065	2011-2045		
7.32	5.52	3.72	2.97	RCP2.6	گندم Wheat
7.02	5.52	4.17	2.82	RCP4.5	
5.67	4.32	3.57	8.96	RCP8.5	
-77.07	-57.12	-37.17	-40.56	RCP2.6	جو Barley
-73.75	-57.12	-42.16	-27.19	RCP4.5	
-58.78	-43.82	-35.51	-100.00	RCP8.5	
-26.62	-18.35	-11.09	-8.32	RCP2.6	ذرت دانه‌ای Maize
-25.16	-18.35	-12.82	-7.78	RCP4.5	
-18.99	-12.24	-10.52	-40.39	RCP8.5	

Source: Research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج عملکرد، سطح زیرکشت، تولید و سود خالص می‌توان گفت، محصول گندم با کاهش عملکرد و تولید در سناریوهای مورد نظر روبه‌رو بوده در حالی که سطح زیرکشت آن افزایشی بوده است. این مسئله منجر به افزایش سود خالص برای تولید گندم طی دوره مورد

بررسی تاثیر سناریوهای... ۱۱۹

بررسی شده است. لذا می‌توان گفت طی دوره پیش‌بینی شده با تغییر اقلیم کشاورزان سطح زیرکشت گندم را افزایش داده و با افزایش آن سود خود را بیشتر می‌کنند. در محصول جو با تغییر اقلیم عملکرد کاهشی بوده و این کاهش عملکرد با کاهش سطح زیرکشت همراه است. لذا تولید کم شده و سود خالص کشاورزان از تولید این محصول تا ۷۷ درصد نیز کاهش می‌یابد. محصول ذرت دانه‌ای در همه سناریوها با کاهش سطح زیرکشت همراه است. این در حالی است که عملکرد این محصول نیز طی سال‌های پیش‌بینی در حال کم شدن می‌باشد. به طوری که تغییر تولید در سال‌های آخر یعنی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ منفی می‌شود. بدین معنا که تولید آن کاهش می‌یابد. ولی در نهایت به دلیل کاهش زیاد در سطح زیرکشت سود خالص کشاورزان در همه سناریوها برای محصول ذرت دانه‌ای تا ۴۰ درصد نیز کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این بررسی در آغاز به بررسی ارتباط فراسنجه‌های اقلیمی دما و میزان بارش و تاثیرگذاری‌های آن‌ها بر میانگین عملکرد محصول‌های زراعی شهرستان جیرفت پرداخته شد، آنگاه تغییرپذیری‌های متغیرهای اقلیمی، با بهره‌گیری از داده‌های سناریوهای دوره RCPs پیش‌بینی شد. در مرحله بعد با کمک مدل PMP، تاثیر سناریوهای تغییر اقلیم بر الگوی کشت شهرستان بررسی و ارزیابی شد. نتایج تحلیل رگرسیونی نشان داد که تغییر اقلیم اثر معنی‌داری بر عملکرد محصول‌های منتخب منطقه مورد بررسی دارد. در نهایت سناریوهای تغییر اقلیم در دوره کاشت تا برداشت هر محصول در جهت بررسی تغییرپذیری‌های سطح‌های کشت تعریف شد که این سناریوها در مورد اغلب محصول‌های همراه با افزایش دما و بارش بوده است. در ادامه اثرگذاری‌های این سناریوها بر عملکرد و الگوی کشت کنونی با کمک مدل PMP بررسی شد. نتایج نشان داد فراسنجه‌های اقلیمی دما و بارش تاثیر معنی‌داری بر عملکرد محصول‌های منتخب دارد. هم‌چنین با اعمال پیش‌بینی تغییرپذیری‌های اقلیم در مدل الگوی کشت همه محصول‌های منتخب در دوره‌های (۲۰۴۵-۲۰۱۱)، (۲۰۶۵-۲۰۴۶)، (۲۰۷۹-۲۰۶۶) و (۲۰۹۹-۲۰۸۰) بر مبنای پیش‌بینی‌های مدل HadCM3 تحت تاثیر سناریوهای مختلف اقلیمی قرار می‌گیرند. با توجه به نتایج به دست آمده در این بررسی و اثبات تاثیرگذاری پارامترهای اقلیمی بر عملکرد محصول‌های و هم‌چنین پرهیز ناپذیر بودن رخداد تغییرپذیری‌های اقلیمی ضرورت دارد سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران بخش کشاورزی برای استفاده از اثرگذاری‌های مثبت و کاهش و

رویاری با اثر گذاری های منفی این پدیده از پیش بینی های دوره های مورد بررسی اقلیمی در برنامه ریزی ها و تصمیم گیری های خود استفاده کنند. پیشنهاد و تاکید می شود که در بررسی و ارزیابی های آینده افزون بر سناروهای اقلیمی، از سناریوهای اقتصادی مانند سیاست های قیمتی محصول های کشاورزی نیز جهت بررسی اثر تغییر پذیری های اقلیمی استفاده شود. همچنین وارد کردن پیشرفت و اعمال فناوری های جدید نیز جهت بررسی اثر گذاری های تغییر اقلیم در پژوهش های آتی بسیار ضرورت خواهد داشت.

منابع

- Babaeian, E., Zabolabasi, F., Habeibei, M., Adab, H., & Malbisei, S. (2010). Climate Change Assessment over Iran during 2010-2039 by Using Statistical Downscaling of ECHO- G Model. *Journal of Geography and Development*, 7(16), 135-152 (In Persian).
- Bathaiy, S., Chizari, M., Sadighi, H., & Alambaigi, A. (2021). Social Network Analysis of Livelihood capitals in Ghezel Ozen Basin in Resilience to Climate Change. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*. (In Persian).
- Beecham, S., Rashid, M., & Chowdhury, R.K. (2014). Statistical downscaling of multi-site daily rainfall in a South Australian catchment using a Generalized Linear Model. *International Journal of Climatology*, 14, 3654-3670.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2020) <www.fao.org>.
- Howitt, R.E. (1995). Positive Mathematical Programming. *American Journal of Agricultural Economics*, 77, 329-342.
- Javan, K., & Darestani, M. (2024). Assessing environmental sustainability of a vital crop in a critical region: Investigating climate change impacts on agriculture using the SWAT model and HWA method. *Heliyon* (10).
- Karimifard, S., Moghaddasi, R., Yazdani, S., & Mohammadinezhad, A. (2020). Investigating the sensitivity of agricultural products' profitability to fluctuation of climate variables (Case study: Khuzestan Province). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 3(51), 377-392. (In Persian).
- Keramatzadeh, A., Chizari, A., & Shazehi, G. (2011). The Role of Water Market in Determining the Economic Value of Irrigation Water through Positive Mathematical Programming (PMP). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 42(1), 29-44. (In Persian).
- Khaleghi, S., Bazazan, F., & Madani, SH. (2015). The Effects of Climate Change on Agricultural Production and Iranian Econom. *Journal of Agricultural Economics Research*, 7(25), 113-135. (In Persian).

- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., & Jafari, L. (2016). Evaluation of Climate Change Effect on Agricultural Production of Iran: Predicting the Future Agroclimatic Conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(4), 651-664. (In Persian).
- Kwon, M., & Sung, H. (2019). Changes in Future Drought with HadGEM2-AO Projections, *Water* 11(2), 312.
- Mazaffari, E., Moradi, N., & Bazrafshan, O. (2021). Spatio-Temporal Variability of Characteristics of Meteorological Drought in Iran under Climate Change Scenarios. *Iranian Scientific Association of Desert Management and Control (ISADMC)*, 8(16), 153-163. (In Persian).
- Motaghed, M., Asadi, A., Shabani Fami, H., & Kalantari, K. (2022). Analysis of vulnerability components of small-scale farming units in Hamadan province in the face of climate change. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 1(53), 277-299. (In Persian).
- Nazari, S., Jafarian, Z., Alavi, J., & Naghi poor, A. (2021). The Impact of Climate Change on The Geographic Distribution of *Thymus Kotschyanus* (Boiss and Hohen) Using Ensemble Modelling. *Iranian Scientific Association of Desert Management and Control (ISADMC)*, 9(3), 1-16. (In Persian).
- Nofarsti, M. (2016). The root of unit and collective in econometrics. Rasa Publications.
- Panahi, H., & Esmaeel Darijani, N. (2020). Effects of Global Warming and Climate Changes on Economic Growth (Case Study: Iran provinces during 2002-2012). *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(1), 79-88. (In Persian).
- Semenov M.A. (2007). Developing of high-resolution UKCUP02-based climate change scenarios in the UK. *Agricultural and forest meteorology*, 144:127.
- Valigholizadeh, A. (2019). Explaining the Economic Impacts of Climate Change on the Life of Human Societies. *Journal of Geographic Space*, 19(67), 161-198. (In Persian).
- World Economic Forum (2023-2024), The Global Competitiveness Report.



Investigating the impact of different climatic scenarios on the cultivation pattern of selected agricultural products in Jiroft city

Mohammad Javad Mehdizadeh Rayeni, Hamid Mohammadi, Saman Ziaee, Ali Azareh¹

Received: 20 June.2024

Accepted:13 Oct.2024

Extended Abstract

Introduction

The future of climate change will present significant differences from the current situation, necessitating short-term, medium-term, and long-term planning as strategies to manage these conditions. Given that agriculture plays a crucial role in ensuring food security for society, this research focuses on forecasting climate changes using the LARS-WG micro-scaling model and the output results from the HadCM2 model. Various scenarios were considered, and the findings were ultimately applied to simulate agricultural crop cultivation patterns in Jiroft City.

Materials and Method

One of the models utilized for exponential micro-scale General Circulation Models (GCM) is the LARS-WG model. This model is highly regarded for generating random weather data, which is essential for simulating rainfall, solar radiation, and maximum and minimum daily temperatures at a specific station for both current and future climate scenarios. The LARS-WG model employs complex statistical distributions to represent meteorological variables. It is based on the length of dry and wet periods, daily precipitation and radiation series, and semi-empirical distributions. The climatic parameters of minimum temperature, maximum temperature, precipitation, and solar radiation serve as inputs for the LARS-WG model, all of which are measured on a daily basis. In this model, radiation is modeled independently of temperature, and a sundial can be utilized as an alternative. The daily precipitation is calculated based on the semi-empirical distribution of the rainfall for the month in question, independent of the wet series and the amount of precipitation from the previous day. Temperature is estimated using Fourier series. The daily minimum and maximum temperatures are

¹ Respectively: Ph.D. Graduate (Corresponding Author); Assistant Professor; Associate Professor, Department of Agricultural Economics, University of Zabol, Zabol, Iran. Associate Professor, Department of Geography, University of Jiroft, Jiroft, Iran
Email:javadmehdizadeh55@gmail.com

modeled as random processes, with their averages and standard deviations depending on whether the day is classified as wet or dry. To simulate the mean and standard deviation of seasonal temperatures, a third-order Fourier series is employed. Residual values are determined by subtracting the average values from the observed values, and the minimum and maximum data are used in time autocorrelation analysis. The outputs of this model include minimum temperature, maximum temperature, precipitation, and radiation. The generation of meteorological data through the LARS-WG model involves three stages: calibration, evaluation, and data creation. In the subsequent step, the LARS-WG model is applied under Representative Concentration Pathways (RCP) scenarios 2.6, 4.5, and 8.5 to assess climate changes in Jiroft city during the planting periods of various crops for the years (2011-2045), (2046-2065), (2066-2079), and (2080-2099). In the final stage, the impact of climate change scenarios on the planting patterns in Jiroft city is analyzed using the predicted climate change results, facilitated by a positive mathematical programming model. This section discusses the current cultivation patterns in Jiroft city and the effects of changes in climate parameters predicted under different scenarios during the periods (2011-2045), (2046-2065), (2066-2079), and (2080-2099). The positive mathematical programming model and GAMS25 software have been employed for this analysis. The table presents the area under cultivation, production, yield of selected agricultural products, and input consumption for the agricultural year 2021-2022.

Results and discussion

According to the tables of yield, cultivated area, production and net profit, it can be said that the wheat crop has faced a decrease in yield and production in the desired scenarios, while its cultivated area has increased. This issue has led to an increase in the net profit for wheat production during the investigated period. Therefore, it can be said that during the predicted period, with climate change, farmers will increase the area under wheat cultivation and increase their profits. In the barley product, there is a decrease in yield due to climate change, and this decrease in yield is associated with a decrease in the area under cultivation. Therefore, the production is reduced and the net profit of farmers from the production of this product is also reduced by 77%. Grain corn yield in all scenarios is associated with a decrease in the area under cultivation. At the same time, the performance of this product is decreasing during the forecast years. So that the production change in the last years, i.e. 2080-2099, becomes

negative. This means that its production will decrease. But in the end, due to the large reduction in the area under cultivation, the net profit of farmers in all scenarios for the seed corn product will also decrease by 40%. In bean and lentil products, due to their removal from the cultivation pattern, the production and profit of these two products have become zero, and these two products will be removed from the cultivation pattern of Jiroft region with climate changes. The chickpea crop in the region faces a decrease in the cultivated area in the first two scenarios, but in the RCP8.5 scenario, the cultivated area increases. These changes in the cultivated area along with the reduction in yield and production will lead to a decrease in net profit in the first two scenarios and an increase in profit in the last scenario during the forecasted periods. In mung bean production, in the first two scenarios, the cultivated area will increase during the predicted periods. With the increase of the cultivated area, the yield decreases, this decrease in the production yield also decreases, but due to the high cultivated area, the net profit of these two scenarios increases. In the third scenario, mung bean production will reduce the cultivated area. This decrease in the area under cultivation, along with the decrease in production and performance, will reduce the net profit of farmers in the production of this product and increase it from about 37% compared to the base year to 28% compared to the base year. The results showed that the climatic parameters of temperature and precipitation have a significant effect on the performance of selected products. Also, by applying the forecast of climate variability in the cultivation pattern model of all selected crops in the periods (2011-2045), (2046-2065), (2066-2079) and (2080-2099) based on the noses of the HasGEM3 model are affected by different climate scenarios. Considering the effects of climate change and improving the productivity of agricultural products, it is one of the bad effects of this phenomenon. The results of this research can be useful in agricultural planning and economic development of Hamadan province.

Recommendations

Considering the effects of climate change on agricultural productivity, it is important to address the negative impacts of this phenomenon. The findings of this research can be valuable for agricultural planning and economic development in Jiroft City.

JEL Classification: Q10, Q54, C02

Keywords: Climate Change, General Circulation Model (GCMs), Simulation, Cultivation pattern, Jiroft.