

بررسی عملکرد محصولات کشاورزی منتخب در اقلیم و زیر اقلیم در ایران

نسبیه زارعی^۱، آرش دوراندیش^۲، حسن علی بخشی*^۳، محمود صبوچی صابونی^۴

چکیده

در این تحقیق به بررسی مقدار و نحوه‌ی عملکرد محصولات گندم آبی و دیم، جو آبی و دیم و ذرت دانه‌ای در اقلیم و زیر اقلیم‌های کشور پرداخته می‌شود. در این راستا از داده‌های متوسط عملکرد محصولات مورد بررسی، میانگین بارش، میانگین دما طی سال‌های ۹۴-۱۳۶۱ استفاده شده است. باتوجه به این که محصولات غلات ۵۶ و ۷۷ درصد از سطح زیر کشت را به ترتیب در مناطق خشک و نیمه‌خشک شامل می‌شوند، در این پژوهش تنها غلات مورد مطالعه قرار می‌گیرند و از میان آن‌ها پنج محصول که دارای بالاترین سطح زیر کشت‌اند، انتخاب شده‌اند. در نهایت برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات از تابع واکنش عملکرد استفاده شد. نتایج حاکی از آن است که بیشترین ضریب واکنش عملکرد به بارش در اقلیم و زیر اقلیم نیمه‌خشک سرد، نیمه‌خشک گرم، نیمه‌خشک معتدل، خشک سرد، خشک گرم و خشک معتدل به ترتیب مربوط به گندم دیم، گندم آبی، گندم دیم، جو دیم، جو دیم و گندم دیم است. بعلاوه بیشترین ضریب واکنش عملکرد به دما در اقلیم و زیر اقلیم نیمه‌خشک سرد، نیمه‌خشک گرم، نیمه‌خشک معتدل، خشک سرد، خشک گرم و خشک معتدل به ترتیب مربوط به گندم دیم، جو دیم، گندم آبی و گندم دیم جو دیم، گندم دیم است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق و به‌منظور مدیریت کارآمد تولید و عملکرد بهتر محصولات کشاورزی در اقلیم و زیر اقلیم‌ها در کشور پیشنهاد می‌شود. با تدوین الگوی کشت جامعه کشاوری طبق عملکردهای محاسبه شده سعی بر تولید محصولات مورد بررسی در اقلیم و زیر اقلیم‌های مرتبط نمایند.

واژه‌های کلیدی: بارش، تابع واکنش عملکرد، دما، عملکرد محصولات کشاورزی

^۱ دانشجوی دکترا گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

^۲ دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

^۳ دانش آموخته گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

^۴ استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

مقدمه

استفاده‌ی گسترده از سوخت‌های فسیلی، تغییر کاربری اراضی و افزایش جمعیت جهان و به دنبال آن گسترش روزافزون فعالیت‌های صنعتی برای تأمین نیازهای رو به افزایش موجب شد تا پس از انقلاب صنعتی، به تدریج تغییرات مشهودی در اقلیم کره زمین به وجود آید. بارزترین آثار تغییر اقلیم عبارت از افزایش متوسط دمای کره زمین، افزایش پدیده‌های حدی اقلیمی نظیر سیل، توفان، تگرگ، امواج گرمایی، افزایش سطح آب دریاها، ذوب شدن یخ‌های قطبی و در نتیجه افزایش فراوانی، شدت و طول دوره خشک‌سالی‌هاست. افزایش این رخدادها در سال‌های اخیر به دغدغه اصلی اقلیم‌شناسان و سران کشورهای جهان تبدیل شده است، به گونه‌ای که امروزه از تغییر اقلیم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی قرن بیست و یکم یاد می‌شود (ریدسما و همکاران^۱، ۲۰۰۹). اقلیم بیانگر متوسط درازمدت پارامترهای هواشناسی نظیر درجه حرارت، رطوبت، بارندگی، نور و باد هست که تغییرات هریک از این پارامترها باعث ایجاد تغییر در اقلیم می‌شوند (اسمعیل‌نژاد و خاشعی سیوکی، ۱۳۹۷). تغییر اقلیم در واقع تغییر برگشت‌ناپذیر در متوسط شرایط آب و هوایی است که در یک ناحیه اتفاق می‌افتد. به بیان دیگر، تغییر اقلیم، تغییر معنی‌دار آماری در متوسط وضع اقلیم است که برای دوره‌ای طولانی (دهه‌ها یا طولانی‌تر) ادامه می‌یابد. این تغییر ممکن است در متوسط دما، بارندگی، الگوهای آب و هوایی، باد، تابش و پارامترهای مشابه آن باشد. اقلیم می‌تواند گرم‌تر یا سردتر شود و مقادیر سالیانه بارش افزایش یا کاهش یابد (زرکانی و همکاران، ۱۳۹۳). هیئت بین‌الدولی تغییر اقلیم (IPCC, ۲۰۰۷)^۲، تغییر اقلیم را به صورت تغییر در وضعیت اقلیم که بر اساس تغییر در میانگین یا واریانس عوامل آن (بارندگی و دما) برای یک دوره طولانی مدت (یک دهه یا بیشتر) شناخته می‌شود. بر اساس یافته‌های IPCC (۲۰۰۷)، آثار تغییر اقلیم بر منابع آب شامل هر دو طرف عرضه و تقاضای آن است. در این گزارش تغییر الگوی زمانی و منطقه‌ای بارش، افزایش تبخیر سطحی و تعرق گیاهی، افزایش فراوانی و شدت پدیده‌های حدی اقلیمی نظیر سیل و خشک‌سالی، اختلالات فصلی در تأمین آب، افزایش آلودگی آب و سرانجام حساسیت رژیم هیدرولوژیکی رودخانه‌ها از مهم‌ترین تأثیرات تغییر اقلیم در طرف عرضه آب ذکر شده است. در بخش تقاضای آب نیز آثاری مانند افزایش اراضی زیر کشت آبی (به دلیل آسیب‌پذیری کمتر محصولات آبی به تغییر اقلیم و در نتیجه سودآوری بیشتر)، افزایش نیاز آبی در هر هکتار کشت محصولات، افزایش تقاضای آب شهری، کاهش کارایی سیستم خنک‌کنندگی آب در بخش صنعتی و فشار غیرمستقیم ناشی از افزایش مصرف انرژی بر بخش آب از عمده‌ترین عوامل برشمرده شده است.

^۱ Redtsma et al

^۲ Intergovernmental panel of climate change (IPCC)

در این میان بخش کشاورزی وابسته‌ترین بخش اقتصادی به اقلیم است و اقلیم تعیین‌کننده اصلی مکان، منابع تولید و بهره‌وری فعالیت‌های کشاورزی است (ریلی^۱، ۱۹۹۹). به دیگر سخن، بخش کشاورزی به دلیل وابستگی‌اش به وضعیت منابع آب، درجه حرارت و رطوبت آسیب‌پذیرترین بخش نسبت به تغییر اقلیم است (مؤمنی و زیبایی، ۱۳۹۲). از این رو یکی از مهم‌ترین جنبه‌های مسئله‌ی گرمایش کره زمین اثر آن بر منابع آب و تولید غذاست و در سال‌های اخیر محور اصلی بحث‌های سیاسی و پروژه‌های علمی و تحقیقاتی اجلاس‌های جهانی درباره تغییر اقلیم، موضوع آب و راهبردهای تطبیقی در این بخش بوده است (بتس و همکاران^۲، ۲۰۰۸).

شناخت نوسانات زمانی و مکانی پارامترهای اقلیمی (نظیر دما، بارش، رطوبت نسبی،...) و تأثیر آن بر بخش کشاورزی جهت مدیریت منابع کشاورزی و اتخاذ استراتژی‌های مناسب بسیار ضروری است. بارش از طریق تأمین رطوبت موردنیاز گیاه به‌طور مستقیم بر تولید محصولات دیم مؤثر است و از طریق تغذیه منابع آب سطحی و زیرزمینی تولید محصولات کشاورزی آبی را به‌طور غیرمستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد (فاهری^۳، ۲۰۰۳). نیاز آبی گیاهان و میزان تولید محصولات کشاورزی به تغییر در پارامترهای اقلیمی بسیار حساس است. تغییر اقلیم بر دما و توزیع بارش تأثیر داشته و در نتیجه نیاز آبی گیاهان و مصرف آب در بخش کشاورزی و به دنبال آن عملکرد محصولات را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (تقدیسیان و میناپور، ۱۳۸۲). به عبارت دیگر یکی از اثرات پدیده تغییر اقلیم، آسیب‌های ایجادشده در بخش کشاورزی است و به علت تغییر الگوی بارش و دمای متوسط جو، این پدیده می‌تواند بر تولید انواع محصولات باغی و کشاورزی که عمده‌ترین منابع غذایی کشور را تشکیل می‌دهند، آسیب وارد کند (اسلامی، ۱۳۹۰). شواهد نشان می‌دهد در دهه‌های آینده، تغییر اقلیم به ویژه کشورهای در حال توسعه را با پیامدهای زیان‌بار مواجه خواهد نمود (ملکوئی خواه و فرج زاده، ۱۳۹۹). بنابراین در این مطالعه به بررسی ضرایب واکنش عملکرد محصولات کشاورزی منتخب در اقلیم و زیر اقلیم‌های کشاورزی پرداخته خواهد شد. در زمینه تغییرات اقلیمی و عملکرد محصولات کشاورزی ناشی از آن مطالعات متفاوتی صورت پذیرفته است که در ادامه به برخی از این مطالعات اشاره خواهد شد.

دستی و همکاران (۱۳۹۷) مطالعه‌ای با عنوان "اندازه‌گیری ریسک عملکرد ناشی از تغییر اقلیم در گندم دیم شهرستان اهر": کاربرد رهیافت ارزش در معرض خطر آب‌وهوا با استفاده از اطلاعات هواشناسی در دوره ۲۰۱۵-۱۹۸۶ و عملکرد سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۷۰ شهرستان اهر انجام دادند. نتایج مطالعه نشان داد که بر اساس تغییر متغیرهای آب و هوایی متوسط عملکرد در دوره آتی افزایش می‌یابد. همچنین تبخیر و تعرق یکی از متغیرهایی است که موجب افزایش ریسک عملکرد می‌شود از این رو برای کاهش تبخیر و تعرق از سطح خاک استفاده از

³ Reilly

⁴ Bates et al

⁵ Fuhrer

خاک‌پوش‌های طبیعی و مصنوعی به کشاورزان توصیه می‌شود. جنت صادقی و همکاران (۱۳۹۷)، مطالعه‌ای با عنوان "بررسی عامل‌های مؤثر بر عملکرد محصول‌های راهبردی کشاورزی (گندم و جو) در استان خراسان رضوی" با استفاده از الگو جاست و پاپ انجام دادند. نتایج نشان داد، یک میلی‌متر افزایش لگاریتم بارش سبب افزایش میانگین عملکرد محصول‌های گندم آبی و دیوم و جو آبی و کاهش عملکرد جو دیوم می‌شود. افزایش یک درجه سلسیوس در لگاریتم میانگین بیشینه دما نیز سبب کاهش در میانگین عملکرد گندم و جو آبی و افزایش عملکرد گندم و جو دیوم می‌شود؛ در نهایت محققین استفاده از ابزارهای مدیریتی ریسک شامل بیمه آب‌وهوا و به‌کارگیری رقم‌های بذری مقاوم به خشکی را پیشنهاد می‌کنند. پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۶)، در مطالعه‌ای به ارزیابی "اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب در دسترس و تولیدات کشاورزی در حوضه آبخیز شاهرود" پرداختند. بدین منظور از یک سیستم الگوسازی بیوفیزیکی-اقتصادی برای تحلیل اثرات تغییر اقلیم استفاده شد. نتایج تحقیقات نشان دادند، تغییر اقلیم ناشی از کاهش بارش منجر به کاهش منابع آب در دسترس، افزایش ارزش اقتصادی آب آبیاری، کاهش مجموع سطح زیر کشت محصولات آبی و کاهش سود ناخالص کشاورزان شده و به‌کارگیری روش‌های کم‌آب‌یاری، تعیین نرخ آب‌بها، آیش‌گذاری اراضی و ارائه تسهیلات به کشاورزان برای تجهیز مزارع به سیستم‌های نوین آبیاری پیشنهاد شد. امیر نژاد و اسدپور کردی (۱۳۹۶)، نیز مطالعه‌ای با عنوان "بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تولید گندم ایران" انجام دادند. داده‌ها به‌صورت سالانه و برای یک دوره ۵۰ ساله با استفاده از الگوی خود رگرسیونی با وقفه توزیعی برآورد شده است. نتایج نشان داد، هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت متغیرهای اقلیمی به همراه سطح زیر کشت رابطه‌ای مثبت و معنی‌دار با تولید گندم داشته و متغیرهای بذر و سرمایه ثابت در ماشین‌آلات معنی‌دار نشده است. در بلندمدت با افزایش یک درصد در متغیرهای اقلیمی با فرض ثابت بودن سایر شرایط، کم‌تر از یک درصد به ترتیب ۰/۳۸ و ۰/۲۱ درصد بر مقدار تولید گندم افزوده می‌شود. پرهیزکاری (۱۳۹۶) "اثرات ناهمگامی تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی و وضعیت درآمدی کشاورزان در اراضی پایین‌دست سد طالقان" را مورد بررسی قرار داد. به این منظور از الگو برنامه‌ریزی ریاضی خطی استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که با دو درجه افزایش دما و پانزده میلی‌متر کاهش بارش در مجموع بازده ناخالص کشاورزان نسبت به سال پایه ۵/۱۶ درصد کاهش می‌یابد. امیر نژاد و اسدپور کردی (۱۳۹۵)، نیز مطالعه‌ای با عنوان "ارزیابی اقتصادی تغییر اقلیم بر عملکرد جو دیوم ایران" انجام دادند. در این پژوهش از روش اقتصادسنجی پنل پویا و الگوی حداقل مربعات معمولی پویا برای برآورد الگو استفاده گردید. داده‌ها برای یک دوره ۲۰ ساله، از سال زراعی ۷۱-۱۳۷۰ الی ۹۰-۱۳۸۹ می‌باشد و ۱۲ استانی که عملکرد بالاتری در محصول جو دیوم داشته‌اند، انتخاب شدند. نتایج این تحقیق نشان داد که متوسط دمای سالانه ارتباط غیرخطی که به‌صورت U معکوس است با عملکرد جو دیوم داشته و مجموع بارش سالانه نیز یک ارتباط غیرخطی با عملکرد جو

پیدا کرده است که این ارتباط به صورت U می‌باشد. میسیو و کوتسومانز^۱ (۲۰۲۱)، به بررسی اثر تغییرات اقلیم بر امنیت غذایی پرداخته‌اند. در مقاله این مروری با مقایسه مطالعات مختلف در این زمینه به این نتیجه دست یافتند که تغییر اقلیم بر امنیت غذایی تاثیر دارد و برای بررسی دقیق‌تر این موضوع نیازمند رویکرد و روش‌های بین رشته-ای است. اوئاما و همکاران^۲ (۲۰۲۱)، به بررسی تغییرات اخیر آب و هوایی در دشت‌های بزرگ و شیوه‌های مدیریت آن پرداخته‌اند. در این پژوهش با استفاده از شبیه‌سازی‌های صورت گرفته است. تلاش‌های اخیر تحقیق و ارزیابی تغییرات آب و هوایی فعلی و پیش‌بینی شده در دشت‌های بزرگ نشان می‌دهد که جوامع روستایی و اکوسیستم‌ها نسبت به تغییرات مرتبط با روند گرم شدن زمین، خشکسالی و افزایش تنوع در بارندگی، آسیب پذیرتر می‌شوند. این تغییرات آب و هوایی تأثیرات متفاوتی بر اکوسیستم دارند که برای کشاورزان معیشتی بسیار مهم و حیاتی است. یان و همکاران^۳ (۲۰۱۸)، در پژوهشی "اثرات تغییرات آب و هوایی بر آبیاری، تولید محصول در شمال شرقی چین و پیامدهای آن برای مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای" را تحلیل نموده‌اند. در این راستا از یک الگو شبیه‌سازی آب چین برای شبیه‌سازی اثرات تغییر آب‌وهوا بر آب و تولید محصولات کشاورزی استفاده شد. بر اساس نتایج تا سال ۲۰۳۰، تقاضای آب برای آبیاری در شمال شرقی چین افزایش می‌یابد؛ که با توجه به کمبود آب، مناطق آبیاری کاهش خواهد یافت. همچنین الگوی کشت با افزایش مکان‌های کاشت ذرت و کاهش کاشت برنج کاهش می‌یابد. در نتیجه، کل تولید محصولات و سود به‌وضوح کاهش خواهد یافت. کارین باروتو و همکاران^۴ (۲۰۱۷)، در پژوهشی تحت عنوان "تغییرات اقلیمی و تأثیر آن بر سیستم‌های بازار کشاورزی (نمونه‌ای از بازار نپال)" با استفاده از الگو فضایی به بررسی تغییرات اقلیمی جاری و پیش‌بینی آب‌وهوا برای مناطق مختلف نپال پرداخته‌اند. برای تحلیل دقیق‌تر، محصولات را به زیر بخش‌های موز، زغال چوب، قهوه، ماکادامی، نارنج، سبزی‌ها و گردو تقسیم کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهند که درجه حرارت و میزان بارندگی بسته به مناطق آب و هوایی متفاوت است و تغییرات آب و هوایی پاسخ‌های مختلفی را از عملکرد بازار در میان هر یک از زیر بخش‌های مختلف به وجود می‌آورد. ایتویره و همکاران^۵ (۲۰۱۷)، "تغییرات آب و هوایی بر تولید محصولات کشاورزی در غنا" را با استفاده از یک الگو ریکاردی ساختاری در سطح مزرعه مورد بررسی قرار داده‌اند. این الگو به‌صراحت تغییرات در انتخاب محصول کشاورزان در واکنش به تغییرات آب و هوایی را در برمی‌گیرد. همچنین شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که تغییرات آب و هوایی اثرات بزرگی بر تصمیم‌گیری در مورد انتخاب محصول خواهد داشت و کشت محصولاتی مانند جو و برنج به‌طور چشمگیری کاهش خواهد یافت. بنابراین درآمد کلی حاصل از محصولات کشاورزی احتمالاً به‌طور فراوانی کاهش می‌یابد، زیرا

¹ Misiou and Koutsoumanis.

² Ojima et al.

³ Yan et al

⁴ Karin et al

⁵ Etwire et al

تغییرات آب و هوایی در غنا باعث جایگزینی ارزن بجای ذرت و برنج (محصولات با سودآوری بالا) خواهد شد. با توجه به مطالعات صورت گرفته، با توجه به مطالعات صورت گرفته، داده های استخراج شده و شرایط اقلیمی ایران در مطالعه حاضر از روش برآورد تابع واکنش عملکرد استفاده خواهد شد.

روش تحقیق

از موارد موردنیاز در این الگو دستیابی به مقدار اثرات فیزیکی تغییر اقلیم (تغییر دما و بارش) بر عملکرد محصولات کشاورزی است که از آن به عنوان ضرایب پاسخ عملکرد نام برده می شود. این ضریب بیانگر این مطلب است که در صورتی که یک درصد دما یا بارش تغییر کنند عملکرد محصولات کشاورزی چند درصد تغییر می کند. مطالعات زیادی اثر تغییر اقلیم را بر عملکرد محصولات برآورد کرده اند. باین وجود اغلب این مطالعات تمرکز خود را روی یک محصول گذاشته اند. برای مثال می توان به مطالعات لی و همکاران^۱ (۲۰۱۱)؛ روی سورگوم و هولدن و همکاران^۲ (۲۰۰۳)؛ که در خصوص جو و سیب زمینی مطالعه نموده اند، اشاره کرد. مطالعاتی که اثر تغییر اقلیم بر عملکرد چند محصول را لحاظ کرده باشند، کمتر دیده شده است (مؤمنی و زیبایی، ۱۳۹۲). بنابراین در تحقیق حاضر با توجه به اطلاعات موجود، برای هر یک از محصولات گندم آبی و دیم، جو آبی و دیم و ذرت دانه ای در ۶ اقلیم و زیر اقلیم مختلف یک الگو رگرسیونی عملکرد و با استفاده از اطلاعات سری زمانی دوره ی ۹۴-۱۳۶۱، برآورد می شود. در این مدل رگرسیونی، با استفاده از متغیرهای اقلیمی و غیر اقلیمی اثرات فیزیکی تغییر اقلیم بر عملکرد محصول بررسی می شود. درجه حرارت و بارندگی به عنوان فاکتورهای اقلیمی اصلی و روند زمانی به عنوان شاخصی از پیشرفت فناوری طی زمان در نظر گرفته می شود. اثر سایر عوامل مؤثر بر عملکرد نیز به جزء اخلاص واگذار شد و به منظور برآورد کشش متغیرهای اقلیمی، تمام متغیرها به جز متغیر روند زمانی، به فرم لگاریتمی در نظر گرفته شدند. فرم کلی مدل رگرسیونی به صورت زیر است: (مؤمنی و زیبایی، ۱۳۹۲).

$$\ln Y_t = f(\ln temp_t, \ln rain_t, time) + \varepsilon \quad (1)$$

که در آن:

م: لگاریتم متوسط عملکرد محصول در سال $\ln Y_t$

م: لگاریتم میانگین درجه حرارت در سال $\ln temp_t$

م: لگاریتم میانگین بارش در سال $\ln raint$

روند زمانی و به‌عنوان شاخصی از پیشرفت فناوری طی زمان در نظر گرفته شده $time$

جزء اخلاص ϵ

فرم‌های تابعی که در مطالعات مختلف برای متغیرهای اقلیمی استفاده شده، متفاوت است. از جمله برخی مطالعات از هر دو فرم خطی و درجه‌دو برای متغیرهای اقلیمی در مدل رگرسیونی عملکرد استفاده کرده‌اند. در مدل‌های ریکاردین نیز برای اندازه‌گیری اثر تغییر اقلیم بر رانت زمین کشاورزی، فرض می‌شود که رابطه بین درآمد و متغیرهای اقلیمی U شکل است در نتیجه ترکیبی از فرم تابعی خطی و درجه دو از متغیرهای اقلیمی در نظر گرفته می‌شود. در یک جمع‌بندی کلی از مطالعات درباره‌ی نحوه‌ی لحاظ کردن متغیرهای اقلیمی در سطح و توان دوم آن‌ها توافقی وجود ندارد. از این‌رو در مدل حاضر با توجه به هدف مطالعه و به‌منظور ساده کردن شرایط دنیای واقعی، تصریح خطی برای متغیرهای اقلیمی در نظر گرفته شده است. (مؤمنی، ۱۳۹۰).

بعد از محاسبه ضرایب واکنش عملکرد محصولات با استفاده از رابطه‌ی (۱)، می‌توان عملکرد در هکتار محصولات مختلف پس از ایجاد تغییر اقلیم را محاسبه نمود. برای محاسبه نسبت عملکرد پس از تغییر اقلیم (Y_{pis}^2) به عملکرد فعلی (Y_{pi}^1) از رابطه‌ی (۲) که به‌وسیله مییر و همکاران^۱ (۱۹۹۳) پیشنهاد شده است، استفاده می‌گردد:

$$\frac{Y_{Ois}^2}{Y_{Oi}^1} = \left(1 + \sum_c sen_{Ocs} * YR_{ic}/100 \right) \quad (2)$$

که در آن اندیس O نشانگر اقلیم و زیر اقلیم‌های مختلف، اندیس i محصولات مختلف، اندیس S نشانگر سناریو و اندیس C نیز نمایانگر نوع تغییر اقلیمی (دما یا بارش) است. Y_{Oi}^1 عملکرد در هکتار محصول i ام در اقلیم O ام در شرایط فعلی است. Y_{pis}^2 عملکرد در هکتار محصول i ام در اقلیم O ام در سناریوی تغییر اقلیم S ام است. sen_{Ocs} نیز نشانگر سناریوی تغییر اقلیم S ام در اقلیم O ام و از نوع تغییر اقلیمی (دما یا بارش) C ام است.

منطقه مورد مطالعه تحقیق کل کشور می‌باشد. کشور ایران دارای مساحت ۱۶۴۸۰۰۰ کیلومترمربع بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۴ درجه طول شرقی دارد. در تحقیق حاضر اقلیم و زیر اقلیم‌های بر اساس روش دومارتن اصلاح شده در مطالعه علی بخشی و همکاران شامل خشک گرم، خشک سرد، خشک معتدل، نیمه‌خشک گرم، نیمه‌خشک سرد و نیمه‌خشک معتدل در نظر گرفته شده است اما با توجه به شرایط آب و هوایی، ۵/۷۲ درصد مساحت کشور اقلیم مدیترانه‌ای، ۲/۷۵ درصد مرطوب، ۱/۸۳ درصد نیمه مرطوب و ۴/۱۲ درصد اقلیم بسیار

۱- Meyer et al.

مرطوب، ۴۴/۳۹ درصد اقلیم خشک و ۴۱/۱۹ درصد نیمه خشک می باشد همچنین اقلیم خشک و نیمه خشک حدود ۸۵/۵۸ درصد از کل مساحت ایران را به خود اختصاص داده است همین عامل سبب شده است که تنها این دو اقلیم در این پژوهش مورد توجه و بررسی قرار گیرد (علی بخشی و همکاران، ۱۳۹۸). از داده های مربوط به محصولات (گندم آبی و دییم، جو آبی و دییم و ذرت دانه ای) کشاورزی به تفکیک اقلیم و زیر اقلیم های مختلف کشور استفاده خواهد گردید. بدین منظور به داده های متوسط عملکرد، محصولات گندم آبی و دییم، جو آبی و دییم، ذرت دانه ای، میانگین بارش و میانگین دما احتیاج است که از آمارنامه های جهاد کشاورزی، سایت هواشناسی کشور و سایر منابع کتابخانه ای و اینترنتی و مراجعه حضوری استخراج شده است. دوره زمانی داده های مورد استفاده در این مطالعه متفاوت است. در این راستا از نرم افزار Eviews جهت محاسبه ضریب واکنش عملکرد استفاده شده است.

نتایج و بحث

گروه بندی محصولات زراعی و باغی عمده تولید شده در کشور

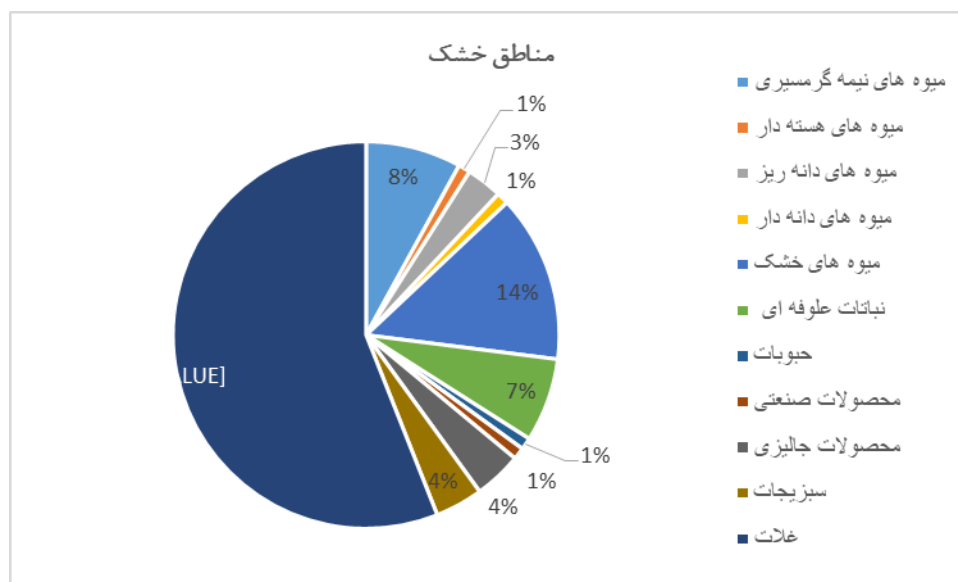
برای انتخاب محصولات مورد مطالعه در تحقیق از تقسیم بندی صورت گرفته توسط وزارت جهاد کشاورزی استفاده گردید. طبق آمارنامه جهاد کشاورزی محصولات زراعی به ۵ گروه غلات، حبوبات، سبزی ها، محصولات جالیزی، محصولات صنعتی و محصولات علوفه ای و همچنین محصولات باغی نیز به ۶ گروه میوه های دانه دار، میوه های هسته دار، میوه های دانه ریز، میوه های خشک و میوه های نیمه گرمسیری تقسیم بندی شده اند. محصولات قرار گرفته در هر گروه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. گروه بندی محصولات زراعی و باغی عمده تولید شده در کشور

ردیف	محصولات	گروه	محصولات
۱		غلات	
۲		حبوبات	
۳		سبزی ها	زراعی
۴		محصولات جالیزی	
۵		محصولات صنعتی	
۶		نباتات علوفه ای	
۷			
۸		میوه های دانه دار	
۹		میوه های هسته دار	باغی
۱۰		میوه های دانه ریز	
۱۱		میوه های خشک	
		میوه های نیمه گرمسیری	

مآخذ: وزارت جهاد کشاورزی

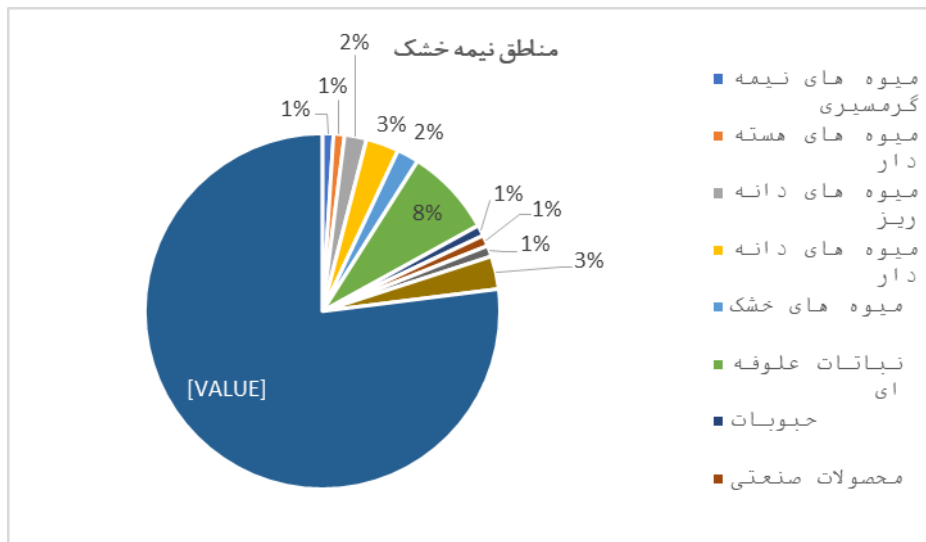
با توجه به این که در مطالعه حاضر فقط مناطق خشک و نیمه خشک مورد بررسی قرار می گیرند، سعی گردیده در هر اقلیم و زیر اقلیم مهم ترین محصولات از بین محصولات زراعی و باغی انتخاب گردد. در نمودارهای ۱ و ۲ تقسیم بندی محصولات به ترتیب در مناطق خشک و نیمه خشک آورده شده است.



نمودار ۱. تقسیم بندی محصولات زراعی و باغی در مناطق خشک ایران در سال زراعی ۱۳۹۴
مآخذ: یافته های تحقیق

همان گونه که در نمودار ۱، ملاحظه می شود، در سال زراعی ۱۳۹۴ سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی در مناطق خشک به ترتیب مربوط به غلات ۵۶ درصد، سبزی ها ۴ درصد، محصولات جالیزی ۴ درصد، محصولات صنعتی و حبوبات هر کدام یک درصد، نباتات علوفه ای ۷ درصد، میوه های خشک ۱۴ درصد، میوه های دانه دار و هسته دار هر کدام یک درصد، میوه های دانه ریز ۳ درصد، میوه های نیمه گرمسیری ۸ درصد بوده است.

همچنین طبق نمودار ۲، در سال زراعی ۱۳۹۴ سطح زیر کشت در مناطق نیمه خشک کشور مربوط به غلات ۷۷ درصد، سبزی ها ۳ درصد، محصولات جالیزی، محصولات صنعتی حبوبات هر کدام یک درصد، نباتات علوفه ای ۸ درصد، میوه های خشک ۲ درصد، میوه های دانه دار میوه های دانه ریز هر کدام ۳ درصد، میوه های هسته دار میوه های نیمه گرمسیری نیز هر کدام یک درصد بوده است.



نمودار ۲. تقسیم‌بندی محصولات زراعی و باغی در مناطق نیمه‌خشک ایران در سال زراعی ۱۳۹۴
مآخذ: یافته‌های تحقیق

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود محصولات غلات ۵۶ و ۷۷ درصد از سطح زیر کشت را به ترتیب در مناطق خشک و نیمه‌خشک شامل می‌شوند. بنابراین در این پژوهش، تنها محصولات غلات مورد مطالعه قرار می‌گیرند و از این بین، پنج محصول (گندم آبی و دیم، جو آبی و دیم و ذرت دانه‌ای) که دارای بالاترین سطح زیر کشت می‌باشند، انتخاب شده‌اند. علت انتخاب نشدن محصول برنج به دلیل فقدان اطلاعات سطح زیر کشت، نیاز آبی و عملکرد این محصول در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد.

تابع واکنش عملکرد

برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات از تابع واکنش عملکرد استفاده شد. با توجه به ضرایب کششی که از تخمین توابع عملکرد به دست می‌آید، عملکرد محصولات منتخب شبیه‌سازی می‌شود. به این صورت که در هر سناریو، درصد تغییرات پیش‌بینی شده‌ی متغیرهای اقلیمی مانند درجه حرارت و بارش در کشش مربوط به آن‌ها ضرب می‌شود و سپس میزان تغییرات عملکرد در هکتار برحسب درصد در سناریوهای اقلیمی برای محصولات منتخب شبیه‌سازی می‌شود. سپس تغییرات عملکرد ناشی از تغییر اقلیم در سناریوهای تحت بررسی به عملکرد سال پایه اضافه می‌شود و مقادیر به دست آمده عملکرد محصول در هر سناریو را نشان می‌دهد (مؤمنی و زیبایی، ۱۳۹۲).

بارش و دما به عنوان فاکتورهای قابل دسترس و بسیار مهم اقلیمی می‌باشد که برای تابع واکنش عملکرد در نظر گرفته شده‌اند. از آنجایی که عامل‌های تبخیر و رطوبت نسبی با عامل دما ایجاد هم خطی نمودند که این موضوع بیانگر ارتباط شدید این عوامل به دما است در این تحقیق عوامل تبخیر و رطوبت نسبی به طور مستقیم در تابع

واکنش عملکرد در نظر گرفته نشد. نتایج محاسبه ضرایب واکنش عملکرد محصولات زراعی در اقلیم و زیر اقلیم‌های موردبررسی (خشک گرم، خشک سرد، خشک معتدل، نیمه‌خشک گرم، نیمه‌خشک سرد و نیمه‌خشک معتدل) نسبت به متغیرهای اقلیمی (بارش و دما) در جدول ۲ ارائه شده است.

ضریب واکنش عملکرد به بارش و دما نشانگر آن است که با یک درصد افزایش بارش یا دما چند درصد عملکرد محصول تغییر می‌یابد، به‌عنوان مثال برای اقلیم و زیر اقلیم خشک گرم، با یک درصد کاهش در بارش عملکرد گندم آبی ۰/۴۹۸ درصد کاهش می‌یابد و بقیه محصولات در اقلیم و زیر اقلیم‌های مختلف نیز مانند بالا تفسیر می‌گردد. همان‌طور که در جدول فوق مشاهده می‌گردد در اقلیم و زیر اقلیم نیمه‌خشک سرد بیشترین ضریب واکنش عملکرد به بارش مربوط به گندم دیم با مقدار ۱/۲۲۵ درصد است. بیشترین ضریب واکنش عملکرد به دما در اقلیم و زیر اقلیم نیمه‌خشک سرد نیز مربوط به گندم دیم با مقدار ۱/۴۲۱ درصد است. بیشترین ضریب واکنش عملکرد به بارش در اقلیم و زیر اقلیم نیمه‌خشک گرم مربوط به گندم آبی با مقدار ۱/۵۲۳ درصد و بیشترین ضریب واکنش عملکرد به دما نیز مربوط به جو دیم با مقدار ۱/۵۷۶ درصد است. همچنین بیشترین ضریب واکنش عملکرد به بارش در اقلیم و زیر اقلیم نیمه‌خشک معتدل مربوط به گندم دیم با مقدار ۱/۳۰۲ درصد و بیشترین ضریب واکنش عملکرد به دما نیز مربوط به گندم آبی با مقدار ۱/۱۵۱ درصد است. در اقلیم و زیر اقلیم خشک سرد بیشترین ضریب واکنش عملکرد به بارش مربوط به جو دیم با مقدار ۱/۲۶۶ درصد و بیشترین ضریب واکنش عملکرد به دما نیز مربوط به گندم دیم با مقدار ۱/۶۹۱ درصد است. در اقلیم و زیر اقلیم خشک گرم بیشترین ضریب واکنش عملکرد به بارش مربوط به جو دیم با مقدار ۲/۷۳۷ درصد و بیشترین ضریب واکنش عملکرد به دما نیز مربوط به جو دیم با مقدار ۲/۴۵۹ درصد است. بیشترین ضریب واکنش عملکرد به بارش در اقلیم و زیر اقلیم خشک معتدل مربوط به گندم دیم با مقدار ۱/۰۶۶ درصد و بیشترین ضریب واکنش عملکرد به دما نیز مربوط به گندم دیم با مقدار ۱/۷۸۳ درصد است و تنها محصولی که نسبت به تغییرات بارش عکس‌العمل معکوس دارد ذرت دانه‌ای است که با نتایج مطالعه چنگ^۱ (۲۰۰۲) و مؤمنی و زیبایی (۱۳۹۲) مطابقت دارد.

همان‌گونه که در جدول فوق مشاهده می‌شود، ضریب متغیر دما در مدل‌های مربوط به گندم دیم در اقلیم و زیر اقلیم‌های نیمه‌خشک گرم، نیمه‌خشک معتدل و خشک معتدل و جو دیم در اقلیم و زیر اقلیم‌های نیمه‌خشک گرم و خشک گرم و ذرت دانه‌ای در اقلیم و زیر اقلیم خشک گرم و ضریب متغیر بارش در مدل مربوط به جو آبی و جو دیم در اقلیم و زیر اقلیم خشک سرد و گندم دیم در اقلیم و زیر اقلیم خشک گرم معنی‌دار نشدند.

جدول ۲. ضرایب واکنش عملکرد محصولات موردبررسی در اقلیم و زیر اقلیم‌های مختلف کشور طی سال‌های ۹۴-۱۳۶۱

اقلیم و زیر اقلیم	محصول	بارش	دما	روند زمانی	ضریب تعیین	آمار دوربین واتسون
نیمه خشک سرد	گندم آبی	۰/۹۴۱ (۰/۰۰۴۴)	۰/۸۴۷ (۰/۰۲۹۸)	۰/۰۰۷۶۱۹ (۰/۰۴۰۷)	۰/۳۴	۱/۳۱
	گندم دیم	۱/۲۲۵ (۰/۰۵۳۶)	۱/۴۲۱ (۰/۰۶۴۷)	۰/۰۲۰۷۲۲ (۰/۰۰۶۶)	۰/۳۰	۱/۴۱
	جو آبی	۰/۵۶۲ (۰/۰۲۱۷)	۰/۸۵۰ (۰/۰۰۱۵)	-	۰/۴۱	۱/۵۴
	جو دیم	۰/۶۶۸ (۰/۰۸۱۴)	۰/۹۹۳ (۰/۰۳۵۲)	۰/۰۱۴۸۳۲ (۰/۰۰۱۷)	۰/۳۵	۱/۹۱
	ذرت دانه‌ای	۰/۳۳۴ (۰/۰۷۰۱)	۰/۹۸۲ (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰۸۸۴۲ (۰/۰۰۰۲)	۰/۵۲	۱/۵۴
نیمه خشک گرم	گندم آبی	۱/۵۲۳ (۰/۰۰۶۵)	۰/۸۴۲ (۰/۰۹۶۳)	۰/۰۱۵۵۹۲ (۰/۰۴۴۰)	۰/۴۵	۱/۶۷
	گندم دیم	۱/۲۳۴ (۰/۰۶۱۹)	۰/۹۴۱ (۰/۱۸۵۸)	۰/۰۳۰۳۹۵ (۰/۰۰۱۰)	۰/۳۷	۱/۴۴
	جو آبی	۱/۲۰۸ (۰/۰۶۲۷)	۱/۴۶۹ (۰/۰۴۰۴)	۰/۰۳۱۷۱۶ (۰/۰۰۰۵)	۰/۴۰	۱/۷۳
	جو دیم	۰/۵۰۵ (۰/۰۶۹۸)	۱/۵۷۶ (۰/۱۱۷۷)	۰/۰۲۴۹۱۳ (۰/۰۰۰۳)	۰/۳۳	۱/۷۰
	ذرت دانه‌ای	-۱/۲۴۴ (۰/۰۰۱۰)	۰/۶۳۵ (۰/۰۸۱۱)	-	۰/۳۹	۱/۹۹
نیمه خشک معتدل	گندم آبی	۰/۴۱۴ (۰/۰۳۴۴)	۱/۱۵۱ (۰/۰۰۰۰)	۰/۰۱۰۹۷۴ (۰/۰۰۰۵)	۰/۷۱	۱/۴۳
	گندم دیم	۱/۳۰۲ (۰/۰۴۳۲)	۰/۸۶۶ (۰/۱۳۹۰)	۰/۰۱۶۰۵۰ (۰/۰۵۶۸)	۰/۳۲	۱/۴۸
	جو آبی	۱/۲۹۴ (۰/۰۰۰۲)	۰/۷۰۵ (۰/۰۲۱۱)	۰/۰۱۷۴۸۸ (۰/۰۰۰۷)	۰/۷۰	۱/۸۸
	جو دیم	۰/۶۲ (۰/۰۹۶۸)	۱/۱۰۷ (۰/۰۰۸۷)	۰/۰۱۱۷۵۹ (۰/۰۱۶۳)	۰/۳۲	۱/۸۲
	ذرت دانه‌ای	-۰/۴۱۶ (۰/۰۷۲۴)	۰/۷۹۷ (۰/۰۷۵۴)	۰/۰۱۸۹۰۵ (۰/۰۰۰۰)	۰/۶۳	۱/۸۲

ادامه جدول ۲. ضرایب واکنش عملکرد محصولات مورد بررسی در اقلیم و زیر اقلیم‌های مختلف کشور طی سال‌های ۹۴-۱۳۶۱

۱/۶۲	۰/۴۹	۰/۰۰۴۲۱۸ (۰/۰۷۶۱)	۰/۲۶۷ (۰/۰۸۹۷)	۰/۵۶۰ (۰/۰۰۱۸)	گندم آبی	خشک سرد
۱/۶۷	۰/۶۵	۰/۰۲۴۲۳۶ (۰/۰۰۰۳)	۱/۶۹۱ (۰/۰۰۰۱)	۱/۰۳۹ (۰/۰۷۴۳)	گندم دیم	
۲/۱۱	۰/۳۳	۰/۰۰۵۳۹۹ (۰/۰۴۶۶)	۰/۵۶۰ (۰/۰۱۱۵)	۰/۳۵۴ (۰/۱۲۳۹)	جو آبی	
۱/۴۵	۰/۳۴	۰/۰۱۶۸۵۵ (۰/۰۶۴۷)	۱/۳۲۳ (۰/۰۳۰۳)	۱/۲۶۶ (۰/۱۵۰۷)	جو دیم	
۱/۵۴	۰/۴۲	۰/۰۲۰۴۸۴	۰/۹۴۵	-۱/۰۸۷	ذرت دانه‌ای	

۱۴۷۸

		(۰/۰۰۳۴)	(۰/۰۲۲۴)	(۰/۰۹۱۰)	
۱/۴۹	۰/۴۱	۰/۰۰۸۶۸۸ (۰/۰۰۲۲)	۰/۶۴۹ (۰/۰۰۶۱)	۰/۴۹۸ (۰/۰۱۸۶)	گندم آبی
۱/۷۸	۰/۴۲	۰/۰۴۹۵۵۶ (۰/۰۰۰۳)	۱/۸۶۲ (۰/۰۷۲۹)	۱/۵۴۱ (۰/۱۰۲۰)	گندم دیم
۱/۸۶	۰/۲۷	-	۱/۹۹۲ (۰/۰۴۵۹)	۰/۵۹۲ (۰/۰۰۳۷)	خشک گرم جو آبی
۱/۳۹	۰/۳۲	۰/۰۵۶۸۵۸ (۰/۰۰۳۴)	۲/۴۵۹ (۰/۱۱۳۲)	۲/۷۳۷ (۰/۰۵۶۴)	جو دیم
۲/۱۹	۰/۸۲	۰/۰۲۴۲۴۵ (۰/۰۰۰۰)	۰/۲۹۹ (۰/۱۱۹۲)	-۰/۳۷۱ (۰/۰۵۵۷)	ذرت دانه‌ای
۲/۰۶	۰/۴۰	۰/۰۰۳۳۳۴ (۰/۰۰۷۶۷)	۰/۶۷۸ (۰/۰۰۴۲)	۰/۲۰۵ (۰/۰۱۶۷)	گندم آبی
۲/۱۰	۰/۴۱	۰/۰۵۶۲۲۳ (۰/۰۰۰۱)	۱/۷۸۳ (۰/۲۵۹۶)	۱/۰۶۶ (۰/۰۷۳۸)	گندم دیم
۱/۷۴	۰/۳۵	-	۰/۶۰۹ (۰/۰۰۳۵)	۰/۳۹۵ (۰/۰۷۱۲)	خشک معتدل جو آبی
۱/۷۲	۰/۴۲	-	۱/۶۰۱ (۰/۰۰۶۶)	۰/۷۵۱ (۰/۰۱۷۳)	جو دیم
۱/۳۴	۰/۳۱	-	۰/۷۸۴ (۰/۰۰۸۵)	-۰/۲۷۴ (۰/۰۰۵۰)	ذرت دانه‌ای

مآخذ: یافته‌های تحقیق

اعدا داخل پرانتز سطح معنی‌داری ضرایب هستند. مدل رگرسیونی برای محصول جو آبی در اقلیم و زیر اقلیم‌های خشک گرم، نیمه‌خشک سرد و خشک معتدل و ذرت دانه‌ای در اقلیم و زیر اقلیم‌های نیمه‌خشک گرم و خشک معتدل و جو دیم در اقلیم و زیر اقلیم‌های خشک معتدل پس از روند زدایی برآورد شدند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

از آن جا که منطقه مورد مطالعه کل کشور ایران می‌باشد، و با توجه به شرایط آب و هوایی کشور، ۵/۷۲ درصد مساحت کشور اقلیم مدیترانه‌ای، ۲/۷۵ درصد مرطوب، ۱/۸۳ درصد نیمه مرطوب و ۴/۱۲ درصد اقلیم بسیار مرطوب، ۴۴/۳۹ درصد اقلیم خشک و ۴۱/۱۹ درصد نیمه‌خشک می‌باشد. همچنین اقلیم خشک و نیمه‌خشک حدود ۸۵/۵۸ درصد از کل مساحت ایران را به خود اختصاص داده است؛ همین عامل سبب شده است که تنها این دو اقلیم در این پژوهش مورد توجه و بررسی قرار گیرد (علی بخشی و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین طبق آمارنامه جهاد کشاورزی محصولات زراعی به ۵ گروه غلات، حبوبات، سبزی‌ها، محصولات جالیزی، محصولات صنعتی و محصولات علوفه‌ای و همچنین محصولات باغی نیز به ۶ گروه میوه‌های دانه‌دار، میوه‌های هسته‌دار، میوه‌های دانه‌ریز، میوه‌های خشک و میوه‌های نیمه گرمسیری تقسیم‌بندی شده‌اند. اما محصولات غلات ۵۶ و ۷۷ درصد از سطح زیر کشت را به ترتیب در مناطق خشک و نیمه‌خشک شامل می‌شوند. بنابراین در این پژوهش، تنها محصولات غلات مورد مطالعه قرار می‌گیرند و از این بین، پنج محصول (گندم آبی و دیم، جو آبی و دیم و ذرت دانه‌ای) که دارای بالاترین سطح زیر

کشت می‌باشند، انتخاب شده‌اند. علت انتخاب نشدن محصول برنج به دلیل فقدان اطلاعات سطح زیر کشت، نیاز آبی و عملکرد این محصول در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. در نهایت برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات از تابع واکنش عملکرد استفاده شد. ضریب واکنش عملکرد به بارش و دما نشانگر آن است که با یک درصد افزایش بارش یا دما چند درصد عملکرد محصول تغییر می‌یابد به‌عنوان مثال برای اقلیم و زیر اقلیم خشک گرم، با یک درصد کاهش در بارش عملکرد گندم آبی ۰/۴۹۸ درصد کاهش می‌یابد. نتایج حاکی از آنست که بیشترین ضریب واکنش عملکرد به بارش در اقلیم و زیر اقلیم نیمه‌خشک سرد، نیمه‌خشک گرم، نیمه‌خشک معتدل، خشک سرد، خشک گرم و خشک معتدل به ترتیب مربوط به گندم دیم، گندم آبی، گندم دیم، جو دیم، جو دیم و گندم دیم است. بعلاوه بیشترین ضریب واکنش عملکرد به دما در اقلیم و زیر اقلیم نیمه‌خشک سرد، نیمه‌خشک گرم، نیمه‌خشک معتدل، خشک سرد، خشک گرم و خشک معتدل به ترتیب مربوط به گندم دیم، جو دیم، گندم آبی و گندم دیم جو دیم، گندم دیم است.

۱- با توجه به آنکه بیشترین مساحت کشور دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است بهتر آنست سازمان جهاد کشاورزی طی تصمیمات بین سازمانی سعی بر آن نمایند که تولید این مناطق را به سمت محصولات با عملکرد بالاتر سوق دهند.

۲- با توجه به عملکرد متفاوت محصولات در اقلیم‌های مختلف بهتر آنست وزارت جهاد کشاورزی با همکاری سایر سازمان‌ها سعی در تدوین الگوی کشت جامع بهینه نمایند و در این الگوی کشت محصولات با عملکرد بالا در اقلیم‌های مختلف به ویژه اقلیم خشک و نیمه خشک توجه نماید.

منابع

- اسلامی، پ. ۱۳۹۰. نقش گزهای گلخانه‌ای ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی در رابطه با تغییر اقلیم. همایش ملی تغییر اقلیم تأثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، ۲ مرداد، ارومیه.
- اسمعیل‌نژاد، م. و خاشعی سیوکی، ع. ۱۳۹۷. الگوسازی تأثیر تغییرات اقلیمی بر پراکندگی مکانی کشت زعفران برای دوره‌های آینده (مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی). پژوهش‌های زعفران، ۶(۴): ۷۵-۸۸.
- امیرنژاد، ح. و اسدپور کردی، م. ۱۳۹۵. ارزیابی اقتصادی تغییر اقلیم بر عملکرد جو دیم ایران. دهمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، ۲۲ و ۲۳ اردیبهشت، کرمان.
- امیرنژاد، ح. و اسدپور کردی، م. ۱۳۹۶. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تولید گندم ایران. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۹(۳۵): ۱۸۲-۱۶۳.
- پرهیزکاری، ا. ۱۳۹۶. ارزیابی اثرات نابهنگامی تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی و وضعیت درآمدی کشاورزان اراضی پایین‌دست سد طالقان. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۹(۳۶): ۱۲۵-۱۵۲.
- پرهیزکاری، ا.، محمودی، ا. و شوکت فدایی، م. ۱۳۹۶. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب در دسترس و تولیدات کشاورزی در حوضه آبخیز شاهرود. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۹(۱): ۲۳-۵۰.
- تقدسیان، ح. و میناپور، س. ۱۳۸۲. تغییر آب و هوا، آنچه باید بدانیم. انتشارات مرکز تحقیقات زیست محیطی سازمان حفاظت محیط زیست، دفتر طرح ملی آب و هوا، تهران.

جنت صادقی، م.، شاهنوشی‌فروشان، ن.، دانشورکاخکی، م.، دوراندیش، آ. و محمدی، ح. ۱۳۹۷. بررسی عوامل‌های مؤثر بر عملکرد محصول‌های راهبردی کشاورزی (گندم و جو) در استان خراسان رضوی. اقتصاد کشاورزی، ۱۲ (۲): ۱۱۱-۱۳۴.

دشتی، ق.، باقری، پ.، پیش‌بهار، ا. و مجنونی، ا. ۱۳۹۷. اندازه‌گیری ریسک عملکرد ناشی از تغییر اقلیم در گندم دیم شهرستان اهر: کاربرد رهیافت ارزش در معرض خطر آب و هوا. اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۳۲ (۲): ۱۳۹-۱۵۳.

زرعکانی، ف.، کمالی، غ. و چیذری، ا.ح. ۱۳۹۳. اثر تغییر اقلیم بر اقتصاد گندم دیم (مطالعه موردی خراسان شمالی). بوم‌شناسی کشاورزی، ۶ (۲): ۳۱۰-۳۰۱.

سایت وزارت جهاد کشاورزی. www.maj.ir

علی بخشی، ح. دوراندیش، آ. و صبوحی صابونی، م. ۱۳۹۸. بررسی اثر تغییر اقلیم و کمیابی منابع آب بر بازار محصولات کشاورزی در ایران. پایان‌نامه ارشد. گروه اقتصاد کشاورزی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد.

ملکوتی خواه، ز. و فرج‌زاده، ذ. ۱۳۹۹. اثر تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی ایران. اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۴ (۲): ۲۲۳-۲۳۸.

مؤمنی، س. ۱۳۹۰. تاثیرات بالقوه‌ی تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی استان فارس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.

مؤمنی، س. و زیبایی، م. ۱۳۹۲. اثرات بالقوه‌ی تغییر اقلیم بر کشاورزی استان فارس. اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۷ (۳): ۱۶۹-۱۷۹.

- Bates, B., Kundzewicz, Z., Wu, S., and Palutikof, J. 2008. Climate change and water. Technical paper. Intergovernmental panel on climate change, Geneva: IPCC Secretariat.
- Chang, CH.CH. 2002. The potential impact of climate change on Taiwans agriculture. *Agricultural Economics*, 27: 51-64.
- Etwire, P., Fielding, D., and Kahui, V. 2017. The impact of climate change on crop production in Ghana: A structural Ricardian analysis. University of Otago economics discussion papers, 1-34.
- Fuhrer, J. 2003. Agro ecosystem responses to combination of evaluated CO₂, ozone and global climate change. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 97: 1-20.
- Holden, N.M., Brereton, A.J., Fealy, R., and Sweeney, J. 2003. Possible change in Irish climate and its impact on barley and potato yields. *Agriculture and Forest Meteorology*, 116: 181-196.
- IPCC.2007. Climate change-synthesis report. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change. Rome.
- Karin Barrueto., A. Merz., J. Clot., N. and Hammer, T. 2017. Climate changes and their impact On agricultural market systems: Examples from Nepal. *Sustainability Journal*, 9: 1-16.
- Li ,X., Takahashi, T., Suzuki, N., and Kaiser, H.M. 2011. The impact of climate change on maize yields in the United States and China. *Agricultural System*, 104: 348-353.
- Meyer, S. J., Hubbard, K. G., and Wilhite, D. A. 1993. A crop- specific drought index for corn: I. Model development and validation. *Agron. Journal*, 85: 388-395.
- Misiou, O and Koutsoumanis, K. 2021. Climate change and its implications for food safety and spoilage. *Trends in Food Science & Technology*. 26:
- Ojima, D. S., Conant, R, T., Parton, W.J., Lockett, J, M, and Even, T, L. 2021. Recent Climate Changes Across the Great Plains and Implications for Natural Resource Management Practices, *Rangeland Ecology & Managemen*. 3.

Redsma, P., Lansink, A.O., and Ewert, F. 2009. Economic impacts of climatic variability and subsidies on European agriculture and observed adaptation strategies. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*, 14: 35-59.

Reilly, J. 1999. What does climate change mean for agriculture in developing countries? a comment on Mendelsohn and dinar. *Journal Of World Bank*, 14:295-305.

Yan., T. Wang, J., Huang, J., Xie, W., and Zhu, T. 2018. The impacts of climate change on irrigation and crop production in Northeast China and implications for energy use and GHG emission. *Proceedings of The International Association of Hydrological Sciences*, 379: 301-311.