

پیش‌بینی پیامدهای تغییر اقلیم بر محصول گندم استان هرمزگان

صدیقه پرون^{۱*}، غلامرضا یآوری^۲، مریم رضازاده^۳

۱ مربی، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲ دانشیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۳ استادیار، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۲؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۰۴/۰۹)

چکیده

بخش کشاورزی، تاثیر پذیرترین زیر مجموعه اقتصاد نسبت به نوسانات اقلیمی است. گندم نیز از مهمترین محصولات استراتژیک جهان است که هم از لحاظ وزنی و هم از لحاظ مقدار، قابل توجه بوده و مورد استفاده انسان و حیوان است. هدف از انجام این مطالعه ارزیابی پیامدهای تغییر اقلیم بر محصول گندم، طی سال‌های (۱۳۸۲-۱۳۹۶) در استان هرمزگان است. به این منظور برای برآورد دقیق‌تر تابع واکنش عملکرد گندم به مولفه‌های اقلیمی، استان هرمزگان با استفاده از شاخص‌های اقلیمی به دو منطقه پهنه‌بندی شد. با استفاده از سناریوهای پیش‌بینی آب و هوا، عملکرد، تولید و سطح زیرکشت محصول گندم برای سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۱۰۰ پیش‌بینی شد. در نهایت به کمک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی رفاه مصرف‌کننده، رفاه تولیدکننده و رفاه کل با استفاده از روش تعادل جزئی محاسبه، و برای سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۱۰۰ پیش‌بینی شد. نتایج نشان داد که عامل دما و مدیریت تاثیر عکس و عامل بارندگی و تکنولوژی تاثیر مستقیم بر عملکرد محصول گندم دارد. پیش‌بینی‌ها روند کاهشی را برای عملکرد، تولید و سطح زیرکشت تا سال ۲۱۰۰ نشان داد و در آن منطقه (۲) از روند کاهشی بالاتری نسبت به منطقه (۱) برخوردار بود. نتایج همچنین نشان داد که میزان تولید گندم در نتیجه تغییر اقلیم با شدت بیشتری نسبت به سناریوی کاهش سطح زیرکشت کاهش می‌یابد. رفاه کل نیز روند کاهشی را برای سال‌های آتی نشان داد و مصرف‌کننده‌های گندم احتمالاً زیان بالاتری را نسبت به تولیدکننده‌های آن تجربه خواهند کرد. بنابراین، با توجه به اثرات منفی تغییر اقلیم بر محصول گندم، می‌باید جهت جلوگیری از این اثرات زیان بار راهکارهایی برای سازگاری با شرایط اقلیمی مانند تغییر الگوی کشت منطقه، مدیریت بهینه منابع و تولید بذره‌های مقاوم به تغییر اقلیم ارائه شود.

کلید واژه‌ها: تغییر اقلیم، تابع واکنش عملکرد، رفاه، سناریوی پیش‌بینی، گندم، استان هرمزگان

سرآغاز

بخش کشاورزی یکی از مهمترین بخش‌های اقتصادی بوده که به دلیل تعاملات گسترده با محیط، بیشترین تاثیر را از پدیده تغییر اقلیم می‌پذیرد. بخش کشاورزی هم بر تغییر اقلیم اثر گذاشته و هم از آن تاثیر می‌پذیرد. تاثیر کشاورزی از تغییرات اقلیمی در مناطق مختلف یکنواخت نیست. افزایش دمای کره زمین مشخص‌ترین نشانه این تغییرات است. دمای کره زمین در طول ۱۰۰ سال گذشته ۰/۷۴ درجه سلسیوس افزایش یافته و تا سال ۲۱۰۰، این افزایش به ۳ درجه سلسیوس خواهد رسید (Levinson & Fetting, 2014) انتظار می‌رود که کشورهای در حال توسعه بیشتر تحت تاثیر اثرات منفی تغییر اقلیم قرار گیرند (Stern, 2007). مطالعات اخیر نشان می‌دهد که اگر اقدامی در جهت مقابله با گرم شدن زمین صورت نگیرد، تولید جهانی محصولات کشاورزی ۱۵/۹ درصد تا سال ۲۰۸۰ کاهش یابد، در حالی که کشورهای در حال توسعه کاهش شدیدی (۱۹/۷ درصد) را در تولیدات کشاورزی تجربه خواهند کرد (Cline, 2007).

عامل افزایش محصول در کشورهای توسعه یافته شناخت امکانات بالقوه اقلیمی و نیازهای آب و هوایی گیاهان و استفاده از این موضوع در جهت افزایش کارایی است شناخت پارامترهای آب و هوایی و اثر آن‌ها بر روی گیاهان یکی از مهمترین عوامل مؤثر در افزایش عملکرد به تبع آن بالا بردن تولید است (کمالی و همکاران، ۱۳۸۹).

عوامل ارثی بیانگر استعدادهای درونی یا بالقوه گیاه از لحاظ کمیت و کیفیت رشد و در نتیجه تولید محصول است. اما عوامل محیطی زمینه بروز استعدادهای ارثی را فراهم می‌آورند. پس در صورتی که این عوامل محیطی شناسایی و به نحو احسن طبق خواسته واقعی گیاه مهیا شود حداکثر رشد و رسیدن به استعدادهای ارثی را ایجاد می‌کند و در نتیجه بهترین و بیشترین محصول را به دست می‌دهد (عزیزی و جهانی کندی، ۱۳۹۰ و حاجی حسنی و همکاران، ۱۳۹۱).

گندم مهمترین گیاه زراعی روی زمین است. معروف است که در هر روز در نقطه‌ای از کره زمین کاشت و در همان روز در نقطه‌ای دیگر برداشت می‌شود. این موضوع حاکی از توانایی سازش بسیار زیاد این گیاه با اقلیم‌های گوناگون است. گندم از مهمترین محصولات استراتژیک جهان است که هم از لحاظ وزنی و هم از لحاظ مقدار، قابل توجه بوده و مورد استفاده انسان و حیوان است.

تولید سالانه گندم حدود ۶۰۰ میلیون تن است که تقریباً ۲۰ درصد انرژی و ۲۵ درصد نیازهای پروتئینی جمعیت جهان را فراهم می‌کند (Reddy & Hodges, 2000).

گندم گیاهی است که به مقدار زیاد در مساحت وسیعی از زمین‌های کشاورزی دنیا و ایران کشت می‌شود. با توجه به اهمیت استراتژیک گندم، شناسایی مناطق مساعد برای کشت این محصول زراعی براساس داده‌های اقلیمی باعث افزایش عملکرد آن خواهد شد و این گیاه به افزایش دما حساس است. استان هرمزگان نیز در کشت این محصول مستثنی نبوده و حدود ۱۳ هزار هکتار از اراضی استان زیر کشت گندم قرار دارد (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۳۹۶).

پهنه‌بندی اقلیمی- کشاورزی، کشاورزان را قادر می‌سازد که عملیات کشاورزی را متناسب با شرایط آب و هوایی منطقه تطبیق دهند. این امر باعث می‌شود که خسارت وارد شده بر محصول که ناشی از عدم شناخت کافی متغیرهای اقلیمی است، کاهش یابد. به نظر می‌رسد که پدیده‌های افزایش دما و کاهش بارندگی به عنوان بخشی از آثار تغییرات اقلیمی، در سال‌های آتی نیز پدیده‌ی غالب بسیاری از مناطق ایران باشد. استان هرمزگان با وسعت حدود ۷۱ هزار کیلومتر مربع در جنوب ایران و در شمال تنگه هرمز که کرانه‌های این استان در شرق به دریای عمان و در غرب بر خلیج فارس واقع شده است (استانداری هرمزگان، ۱۳۹۶). در این استان در حدود ۱۴۷ هزار هکتار از اراضی موجود به فعالیت‌های کشاورزی اختصاص دارند که در حدود ۷۷ هزار هکتار از آن زیر کشت محصولات زراعی آبی، حدود ۶۶/۱ هزار هکتار محصولات باغی آبی، نزدیک به ۳/۶ هزار هکتار از آن نیز به صورت کشت دیم مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۶).

بنابراین به دلیل نقش مهمی که بخش کشاورزی در اقتصاد، امنیت غذایی و رفاه اجتماعی کشور دارد، لازم است اثرات تغییر اقلیم بر تولیدات بخش کشاورزی ایران مشخص شود تا از هم اکنون سیاست‌های مناسب برای کاهش اثرات منفی این پدیده اتخاذ شود. البته لازم به ذکر است که در گذشته بررسی اثرات اقتصادی تغییر اقلیم بر کشاورزی، بیشتر در کشورهای توسعه یافته صورت گرفته است و باید توجه داشت که سیستم تولید کشاورزی در کشورهای در حال توسعه و به ویژه ایران به تغییر اقلیم آسیب پذیرتر است (واثقی و اسماعیلی، ۱۳۸۷).

با استفاده از اطلاعات اقلیمی هر منطقه می‌توان تصمیمات و

2005; Gbetibouo & Hassan, 2005; Apata et al., 2009).

بیشتر مطالعات پیشین در سطح یک کشور مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته و نتایج کلی به دست آمده است. این مطالعه به طور جداگانه بر روی یک استان در مناطق مجزا انجام خواهد شد تا بدین وسیله بتوان مناطقی که دامنه تغییرات اقلیمی در آن‌ها نسبت به سایر مناطق کشور شدیدتر است شناسایی شوند. بدین وسیله می‌توان بهترین الگوی کشت را برای مناطق آسیب‌پذیر به دست آورد. داده‌های مورد استفاده در مناطق مختلف در اکثر مطالعات پیشین بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی محاسبه شده، انجام نشده و بیشتر از یک طبقه‌بندی فرضی استفاده شده است. در این مطالعه با استفاده از شاخص‌های محاسبه شده طبقه‌بندی اقلیمی در استان هرمزگان، مطمئن می‌توان به نتایج قابل اطمینان‌تری دست یافت.

مواد و روش‌ها

چندین مطالعه به برآورد اثرات آب و هوا بر عملکرد محصول انجام شده است، (Dixon et al., 1989; Andresen & Dale, 1989; Kaufmann & Snell, 1997; Wu, 1994) بر روی ذرت و (Niu et al., 2009; Li et al., 2011) بر روی سورگوم و (Holden et al., 2003) روی جو و سیب زمینی مطالعاتی انجام داده‌اند. در این مطالعه واکنش عملکرد گیاه گندم در استان هرمزگان انجام خواهد شد.

پهنه بندی اقلیمی استان هرمزگان

ناحیه‌بندی توسط عناصر و عوامل اقلیمی یکی از مهمترین موضوعاتی است که به دلایل گوناگون از جمله اهمیت آن در کشاورزی یک منطقه مورد توجه است. بنابراین از مطالعه پرون و همکاران (۱۳۹۷) برای پهنه بندی اقلیمی استان هرمزگان در این مطالعه استفاده شد. که بر اساس شاخص‌های مختلف پهنه‌بندی اقلیمی، اقلیم استان طبقه‌بندی شده است.

رگرسیون پاسخ عملکرد

در مدل واکنش عملکرد گیاه زراعی از داده‌هایی استفاده خواهد شد که با اندازه‌گیری متغیرهای مرتبط با آب و هوا و غیر آب و هوا، به صورت متغیرهای تاثیر فیزیکی و تغییرات آب و هوایی بر عملکرد شناسایی و برآورد شود. شکل کلی این مدل توسط معادله (۱) داده شده است:

برنامه‌ریزی‌های کشاورزی را در جهت رسیدن به اهداف مورد نظر پیش برد. بنابراین این مطالعه سعی دارد تغییرات رفاهی ناشی از تغییر مؤلفه‌های آب و هوایی شامل دما و بارندگی بر روی تولید محصول گندم در استان هرمزگان را مورد بررسی قرار داده و با استفاده از سناریوهای اقلیمی، بهترین استراتژی کاشت محصول را اتخاذ نماید تا با شرایط آب و هوایی موجود، بتواند گامی در جهت توسعه یافتگی استان هرمزگان بردارد.

اگرچه تحقیق در باب جنبه‌های اجتماعی و اقتصادی تغییرات آب و هوا در سطح کشورهای توسعه یافته و صنعتی، از دو دهه‌ی قبل آغاز شده در مطالعه (Akram & Hamid, 2015) در پاکستان به بررسی آثار تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی آن پرداخته است که نتایج مطالعه نشان داده که تغییر درجه حرارت بیشترین تاثیر منفی را بر تولید ناخالص داخلی داشته است که شدت این اثرات بر بخش کشاورزی بیشتر از تولید و خدمات است. ولی در سطح داخل کشور، این موضوع نسبتاً موضوعی نو و جدید محسوب شده و لذا غالب حوزه‌های آن مطالعه نشده‌اند. محدود تحقیقاتی در سطح داخل انجام شده، که به بحث تغییرات آب و هوایی توجه نموده و مورد بررسی تجربی قرار داده‌اند. در این جا مجموعه‌ای از مطالعات داخل و خارج مطرح می‌شوند.

بررسی مطالعات مختلف در زمینه بررسی عملکرد محصولات بر اساس مؤلفه‌های آب و هوایی نشان می‌دهد که معمولاً بیشتر از دو عامل دما و بارندگی و به میزان کمتر از CO_2 ، ارتفاع و شیب و تاثیر آن بر عملکرد استفاده شده است (علیچانی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Chen et al., 2004؛ ۱۳۹۳؛ Li et al., 2011; Leakey, 2009; McCarl et al., 2008; Chalise & Ghimire, 2013). اما مطالعات اندکی به بررسی تبعات تغییرات آب و هوا پرداخته‌اند. از جمله موارد قابل بحث در نتیجه تغییر آب و هوا بحث رفاه تولیدکننده، مصرف‌کننده و به صورت کلی رفاه اجتماعی ناشی از این تغییرات است (مومنی و زیبایی، ۱۳۹۲؛ خلیلیان و همکاران، ۱۳۹۳؛ Chang, 2002؛ Attavanich & McCarl, 2011). مورد دیگری که می‌توان مورد بررسی قرار داد تغییر درآمد خالص کشاورزان و در نهایت درآمد ملی ناشی از تغییرات آب و هوایی است (مظفری و همکاران، ۱۳۹۴؛ سلطانی و موسوی، ۱۳۹۴؛ Lobell et al., 2008؛ Chang et al., 2012). در اکثر مطالعات سعی شده استراتژی‌هایی نیز جهت سازگاری با شرایط محیطی پیش آمده ارائه شود (زارعیان و همکاران، ۱۳۹۵؛ Mortimore et al.,

(۱)

$$\text{yield} = f(\text{climate}, \text{technology}, \text{management})$$

متغیرهای قیمت در مدل آورده شده وارد نمی‌شوند زیرا در این مطالعه رویکرد دوگانگی، که به مانند (Segerson & Dixon, 1999) انجام داده‌اند اتخاذ نشده است. بنابراین تخمین عملکرد به عنوان یک پیش‌بینی کوتاه‌مدت مشاهده خواهد شد. اما در این مطالعه شیوه‌های مدیریت برای جبران تاثیر منفی تغییرات آب و هوایی در نظر گرفته خواهد شد. در معادله (۱) متغیر وابسته، عملکرد در هر هکتار محصول است. Climate (اقلیم آب و هوا) که قابل قرض دادن نیست و توسط تصمیم‌گیرندگان کنترل نمی‌شود. در این مطالعه متوسط درجه حرارت، بارندگی، به عنوان عوامل عمده آب و هوا در نظر گرفته خواهد شد. دو عامل technology (تکنولوژی) و management (مدیریت) نیز به عنوان عامل‌های سیستماتیک و منظم که تحت کنترل تولیدکننده است در نظر گرفته خواهد شد. روند زمان برای نشان دادن سطح تکنولوژی وارد خواهد شد و عامل مدیریت به صورت نسبت زمین تمام وقت به کل زمین خانوارها در مناطق در نظر گرفته خواهد شد. این متغیر در نظر دارد نشان دهد که صاحبان مزارع تا چه حد توان تصرف زمین را دارند، که با تلاش‌های خود و اختصاص آن‌ها به کشاورزی، امرار معاش کنند (Segerson & Dixon, 1999; Chang et al., 2002; Chen & Chang, 2005; Chang, 2012).

مطالعات زیادی در مورد برآورد واکنش عملکرد نسبت به فاکتورهای آب و هوایی انجام شده‌است (سلطانی و موسوی، ۱۳۹۴; Chen & Chang, 2005; Chang, 2002; Chang et al., 2012). در این مطالعه علاوه بر عوامل بارندگی و دما که در اکثر مطالعات از آن‌ها استفاده شده بود فاکتور مدیریتی نیز که در هیچ مطالعه داخلی وارد مدل نشده بود نیز مطابق مطالعه Chang (2002) وارد مدل شده است. در نهایت پس از جمع‌آوری اطلاعات و آمارها با استفاده از نرم افزار Eviews بهترین و سازگارترین مدل با توجه به مطالعات انتخاب خواهد شد.

ساختار سیستم مدل کشاورزی هرمزگان

در این مطالعه یک معادله تعادل فضایی قیمت‌های درون‌زا به منظور بررسی تاثیر تغییرات عملکرد محصول در استفاده از زمین، توزیع رفاه و همچنین پتانسیل کشاورزی برای سازگاری با مؤلفه‌های آب و هوایی استفاده خواهد شد. سیستم مدل کشاورزی

هرمزگان در چارچوب تعادل جزئی بر اساس کار قبلی Baumes (1978)، همچنین بر اساس مطالعه (McCarl & Burton, 1980; Martin, 1987; Coble et al., 1992; Chen & Chang, 2002; Tanyeri-Abur et al., 1993; Chang et al., 2012; Chang 2005) نیز فرموله خواهد شد. سیستم مدل کشاورزی به شبیه‌سازی تعادل بازار با فرض رقابت کامل می‌پردازد که تولیدکننده‌ها و مصرف‌کننده‌ها نیز تعیین‌کننده قیمت نیستند. این روش تقاضای محصول و منحی عرضه نهاده‌ها را وابسته به قیمت قرار می‌دهد.

تابع معکوس تقاضای کل

ابتدا فرض می‌کنیم که I کالاهای کشاورزی و محصولاتی باشند که از طریق فعالیت‌های تولیدی در مناطق K تولید می‌شود (i و ... و ۳ و ۲ و ۱، I = k و ... و ۳ و ۲ و ۱ و K) واحد هر فعالیت یک هکتار خواهد بود. مقدار تولید در هر منطقه را با ضرب عملکرد (Y_{ik}) هر هکتار در سطح زیر کشت (X_{ik}) محاسبه خواهیم کرد. برای تقاضای محصول فرض می‌کنیم تمام کالاها در بازار عمده‌فروشی به فروش می‌رسند. قیمت مواجه شده توسط مصرف‌کنندگان می‌تواند با میانگین کلی از قیمت عمده‌فروشی نمایش داده‌شود. فرض می‌شود توابع تقاضا به صورت انتگرال پذیر باشد بنابراین می‌توان آن‌ها را به صورت توابع تقاضای معکوس در آورد که در زیر آورده شده است (Chen & Chang, 2002; Chang, 2005; Chang et al., 2012):

$$P_i^Q = \psi(Q_i) \quad i = 1, 2, \dots, I \quad (2)$$

در معادله بالا Q_i مقدار کل مصرف و P_i^Q متوسط قیمت عمده‌فروشی کالای i است.

تابع عرضه معکوس نهاده

در بازار نهاده‌ها، هر یک از فعالیت‌های تولیدی از دو نهاده‌ها منطقه‌ای زمین و نیروی کار استفاده می‌کنند و نهاده‌هایی نیز از بخش غیر کشاورزی خریداری می‌شوند که شامل کود و مواد شیمیایی می‌باشند. قیمت نهاده‌های خریداری شده از بخش‌های دیگر برون‌زا فرض می‌شود با این حال، قیمت نهاده‌های منطقه‌ای درون‌زاست. توابع عرضه منطقه‌ای انتگرال‌پذیر و به شرح زیر است (Chen & Chang, 2005; Chang, 2002; Chang et al., 2012):

$$P_k^L = \alpha_k (L_k) \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (3)$$

عملکرد کالای i تولید شده در هر هکتار منطقه k است. f_{ik} تقاضای نهاده‌های منطقه‌ای نیروی کار در منطقه k است. Q_i و X_{ik} متغیرهای درونزا در حالی که C_{ik} ، Y_{ik} و f_{ik} پارامترهای شناخته شده هستند.

سناریوهای آب و هوایی

یکی از فعالیت‌های اساسی برای کاهش اثرات ناگوار تغییرات اقلیمی، پیش‌بینی الگو و روند این تغییرات در دهه‌های آینده است. توسعه مدل‌های گردش عمومی پیشرفت مهمی است که در ارتقاء چنین پیش‌بینی‌هایی صورت گرفته است (روان، ۱۳۸۹). در بین مطالعات موجود، پژوهش عباسی و همکاران (۱۳۸۹) به پیش‌بینی اندازه تغییر اقلیم در کشور پرداخته است. در این پژوهش شرایط اقلیم ایران در دهه‌های ۲۰۰۰، ۲۰۲۵، ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ با استفاده از میانگین سناریوها خروجی دو مدل گردش عمومی جو HadCM2 و ECHAM4 مدل سازی شد و (عباسی و اثمیری، ۱۳۹۰). با مقایسه نتایج بررسی شده دو مدل HadCM2 و ECHAM4 نشان داد، هر دو مدل بیانگر افزایش دمای تمامی استان‌ها کشور در دهه‌های آینده هستند. این دو مدل تا دهه ۲۱۰۰ به طور میانگین افزایش دمای ۳ تا ۳/۶ درجه سانتی‌گراد را برای کشور پیش‌بینی کردند. اما بر اساس نتایج مدل HadCM2 حاکی از کاهش بارش‌های ایران تا دهه ۲۱۰۰ به میزان ۲/۵ درصد است، در حالی که برای دوره مشابه در مدل ECHAM4 بارش‌های کشور به میزان ۱۹/۸ درصد افزایش خواهد یافت. از نتایج این مطالعه برای پیش‌بینی عملکرد و رفاه استفاده شد. برای تخمین مدل اقلیمی از روش داده‌های تابلویی^(۱) استفاده می‌شود. داده‌های تابلویی، محیط بسیار مناسبی برای گسترش روش‌های تخمین و نتایج نظری فراهم می‌سازند (Baltagi, 2005).

داده‌ها

داده‌های مورد نیاز از ادارات هواشناسی و جهاد کشاورزی شهرستان‌های این استان جمع‌آوری شد. به دلیل خصوصیت استراتژیکی گندم، این محصول برای مطالعه حاضر انتخاب شد. جامعه آماری این مطالعه شامل تولیدکننده‌های و مصرف‌کننده‌های محصول گندم در شهرستان‌های استان هرمزگان است که بر اساس شرایط اقلیمی تقسیم شده‌اند. داده‌های تولید محصول، اطلاعات سالانه درصد زمین‌های تمام وقت به کل مزارع خانوارها

$$P_k^R = \beta_k(R_k) \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (۴)$$

که در دو معادله (۳ و ۴) P_k^R و P_k^L به ترتیب میزان اجاره زمین و دستمزد نیروی کار کشاورزی است. L_k و R_k نیز به ترتیب زمین و اشتغال بخش کشاورزی را نشان می‌دهد (Chang, 2002; Chen & Chang, 2005).

رفاه

تغییر اقلیم و اثر آن روی عرضه‌ی غذا، امنیت غذایی و فقر، نگرانی‌ها را به سمت بررسی آثار رفاهی تغییر اقلیم متوجه ساخته است. برای سیاست‌گذاری مؤثر در زمینه مقابله یا تطبیق با شرایط جدید اقلیمی، برآوردهای صحیحی از کاهش یا افزایش رفاه جامعه که در نتیجه تغییر اقلیم ایجاد خواهد شد مورد نیاز است، که در مطالعات موجود کمتر به چشم می‌خورد. تابع هدف ماکزیمم‌کننده مجموع رفاه مصرف‌کننده و تولیدکننده با شبیه‌سازی یک تعادل بازار کاملاً رقابتی است. در این حالت مساحت زیر منحنی عرضه با توجه به محدودیت تعادل عرضه و تقاضا، حداکثر می‌شود. مقدار تابع هدف معمولاً مازاد تولیدکننده به اضافه مازاد مصرف‌کننده نامیده می‌شود که از مطالعات کار شده توسط (Samuelson, 1952; Chen Chang, 2002; Takayama & Judge, 1964; Nunez et al., 2012; Chang et al., 2005; Mosavi et al., 2014; 2013; باقری و نجفی، ۱۳۹۰؛ موسوی و اسماعیلی، ۱۳۹۰؛ اژدری و همکاران، ۱۳۹۲؛ باقری و معززی، ۱۳۹۲) پیروی خواهد کرد. این تابع سطح بین دو منحنی عرضه عوامل و تقاضای محصول که سمت چپ تقاطع این دو منحنی قرار دارد تعریف می‌شود:

$$(۵)$$

$$Max : \sum_i \int \psi(Q_i) dQ_i - \sum_i \sum_k C_{ik} X_{ik} - \sum_k \int \alpha_k(L_k) dL_k - \sum_k \int \beta_k(R_k) dR_k$$

محدودیت‌ها عبارتند از:

$$Q_i - \sum_k Y_{ik} X_{ik} \leq 0 \quad \forall i \quad (۶)$$

$$\sum_i X_{ik} - L_k \leq 0 \quad \forall k \quad (۷)$$

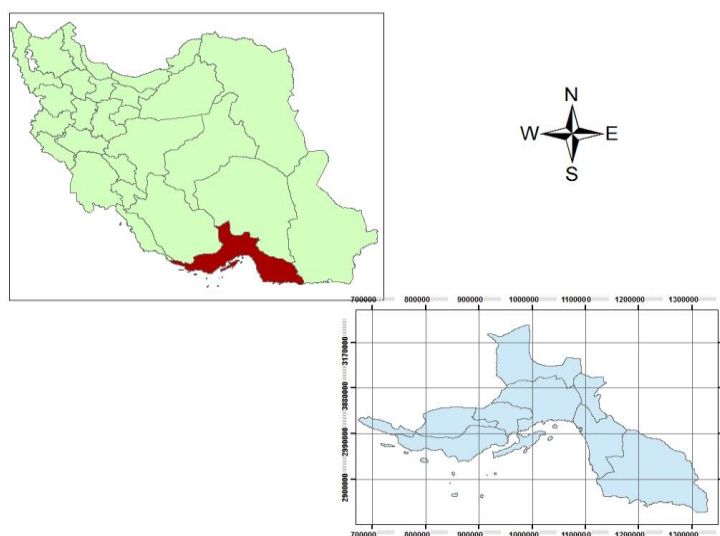
$$\sum_i f_{ik} X_{ik} - R_k \leq 0 \quad \forall k \quad (۸)$$

در معادلات بالا C_{ik} هزینه نهاده‌های خریداری شده در ناحیه k که در تولید محصول i مورد استفاده قرار گرفته است. Y_{ik} میزان

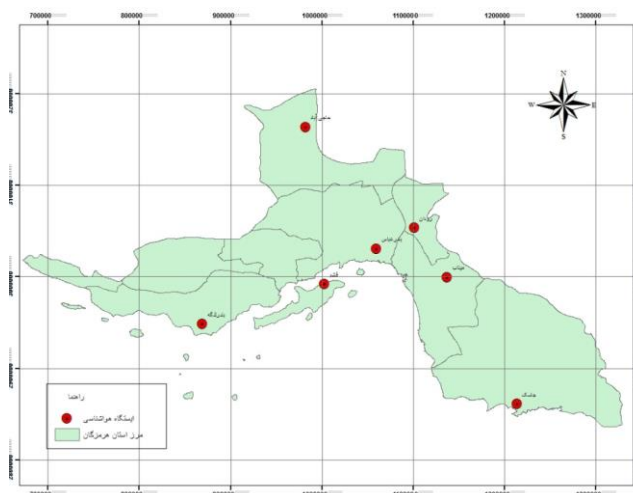
منطقه مورد مطالعه

استان هرمزگان منطقه مورد مطالعه این تحقیق است که ابتدا به کمک شاخص‌های اقلیمی پهنه‌بندی صورت می‌گیرد. شهرستان‌های این استان شامل بندرلنگه، قشم، بندرعباس، حاجی‌آباد، میناب، رودان و جاسک به عنوان جامعه آماری انتخاب شدند زیرا سایر شهرستان‌ها بدلیل نبود امکانات هواشناسی از جامعه آماری خارج شده بودند.

و قیمت نهاده‌ها از سالنامه‌های کشاورزی، دما، بارندگی و رطوبت نسبی نیز برای یک دوره ۲۰ ساله به صورت فصلی و ماهانه از سازمان هوا شناسی و قیمت محصولات از آمارنامه‌های صنعت و معدن جمع‌آوری شد.



شکل (۱): موقعیت استان هرمزگان و شهرستان‌های آن (Nodej & Rezazadeh, 2018)



شکل (۲): پراکنش ایستگاه‌های سینوپتیک استان هرمزگان (Nodej & Rezazadeh, 2018)

نتایج

شهرستان‌های بندرعباس، قشم، بندرلنگه و جاسک یک نوع اقلیم را نشان می‌دهند. در نتیجه استان هرمزگان از نظر اقلیمی به دو منطقه مطابق جدول (۱) تقسیم شد.

در مطالعه پرون و همکاران (۱۳۹۷) سه شاخص نوریث ویت، سلاینوف و دکتر کریمی اقلیم استان را دو بخش تقسیم می‌کند. شهرستانهای حاجی آباد، میناب و رودان یک نوع اقلیم و

آوردن بهترین روش تخمین تست واریانس ناهمسانی انجام شد. بنابراین به صورت جداگانه تابع پاسخ عملکرد محصول در هر منطقه به کمک نرم افزار Eviews برآورد شد. بهترین مدل تابع پاسخ عملکرد گندم در منطقه (۱) مدل اثرات ثابت مقطعی و زمانی و در منطقه (۲) مدل تجمیعی، بهترین روش تخمین نیز GLS^(۲) به دست آمد. برآورد تابع پاسخ عملکرد محصول گندم به صورت خلاصه در جدول (۳) و نقشه پهنه‌بندی عملکرد گندم در استان هرمزگان نیز در شکل (۳) آورده شده‌است.

جدول (۳): نتایج حاصل از تخمین تابع پاسخ

عملکرد گندم

نام متغیر	منطقه (۱)	منطقه (۲)
عرض از مبدا	۰/۰۵۱	-۹/۷۸**
دما	-۲/۱۶***	-۲/۹۴***
بارندگی	۰/۳**	۰/۱
مدیریت	-۱/۱۸***	-۱/۱۲***
تکنولوژی	۰/۰۱۴***	۰/۰۱۳**
واریانس دما	—	-۱/۲۱**
واریانس بارندگی	۰/۰۰۲***	—

ماخذ: یافته‌های تحقیق (*) و **، *** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد، ۵ درصد و ۱ درصد

جدول (۱): تقسیم بندی استان هرمزگان به دو منطقه

منطقه (۱)	منطقه (۲)
حاجی آباد، میناب و رودان	بندرلنگه، بندرعباس، قشم و جاسک

ماخذ: پرون و همکاران (۱۳۹۷)

با توجه به آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده از بخش کشاورزی استان (جهاد کشاورزی، ۱۳۹۶) برای محصول گندم با توجه به طبقه‌بندی اقلیمی استان به دو منطقه، و شرایط آب و هوایی مختص محصول، پراکندگی کشت گندم در کل استان طبق جدول (۲) آورده شده‌است.

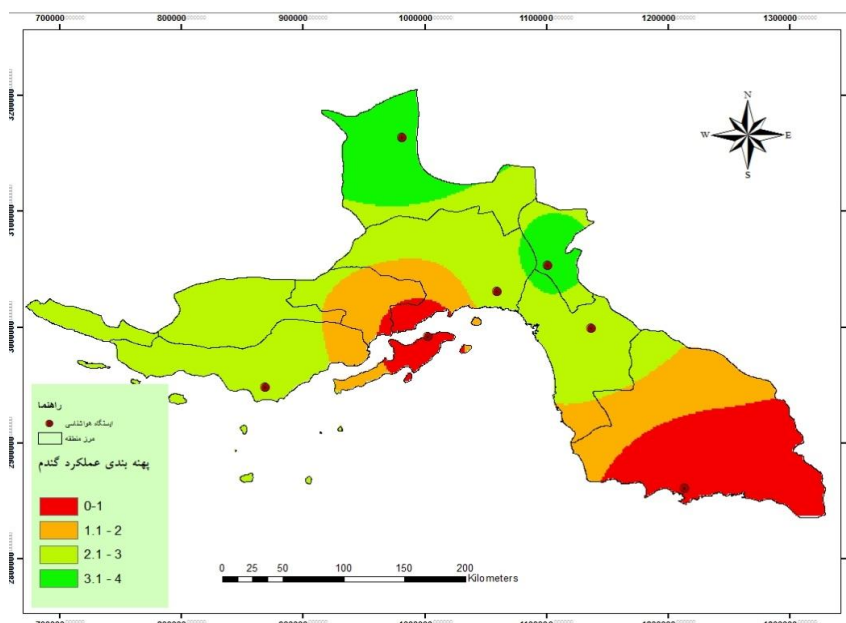
جدول (۲): پراکندگی کشت محصول گندم در دو منطقه

(۱) و (۲) در استان هرمزگان

محصول	منطقه (۱)	منطقه (۲)
گندم	حاجی‌آباد، میناب و رودان	بندرلنگه و بندرعباس

ماخذ: جهاد کشاورزی استان هرمزگان، ۱۳۹۶

با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده، از روش تخمین داده‌های ترکیبی استفاده شد. تعداد شهرستان‌ها تولید محصول در هر منطقه عرض از مبدا و سری زمانی آن برابر با ۱۵ (۱۳۸۲-۱۳۹۶) است. برای برآورد بهترین مدل تست‌های چاو، هاسمن و پرورش و پاگان برای هر محصول در هر منطقه انجام شد. سپس برای به دست



شکل (۳): پهنه بندی عملکرد (تن/کیلومتر) گندم در استان هرمزگان با استفاده از نرم‌افزار GIS

داده می‌شود. با توجه به داده‌های ناقص در بعضی ایستگاه‌های استان هرمزگان، داده‌های بعضی شهرستان‌ها (بستک، پارسیان، بندرخمیر، سیریک و بشاگرد) به نقاط مجهول در استان تبدیل شد. بنابراین برای پهنه‌بندی اقلیمی از روش وزن‌دهی عکس فاصله (IDW)^(۳) استفاده شده است. با توجه به اینکه روش IDW بر این فرض استوار است که مقادیر در مکان‌های نمونه‌برداری نشده، میانگین وزن داده شده‌ی نقاط نمونه‌برداری شده در یک همسایگی است (Ly & Degr, 2010).

در جدول (۴) سناریوهای پیش‌بینی آب و هوا آورده شده‌است که درصد تغییرات بارش مستقیماً از مطالعه عباسی و همکاران (۱۳۹۱) و درصد تغییرات دما به کمک میزان تغییرات دما در مطالعه عباسی و همکاران (۱۳۹۱) نسبت به میانگین دمای استان درصد گیری شده است.

با توجه به جدول (۳) فاکتور دما بر عملکرد محصول گندم در هر دو منطقه منفی دارد و بارندگی نیز بر عملکرد محصول گندم در هر دو منطقه اثر مثبت به خصوص منطقه (۱) که مقدار تاثیر بالاتر و معنی‌دار نیز است. بیشترین تاثیر از بین عامل‌های غیر قابل کنترل بر محصول در هر دو منطقه مربوط به دما است که دارای اثر عکس بر عملکرد است. از عامل‌های قابل کنترل عامل تکنولوژی همان‌طور که انتظار می‌رود دارای تاثیر مثبت و مدیریت دارای اثر منفی بر عملکرد است بدین معنی که با افزایش سطح زیرکشت به خاطر عواملی همانند عوامل غیرقابل کنترل اقلیمی میزان عملکرد کاهش می‌یابد.

روش‌های مختلفی برای برآورد متغیرهایی که تغییرات زمانی و مکانی دارند، وجود دارد. تفاوت این روش‌ها مربوط به نحوه محاسبه وزنی است که به نقاط مشاهده شده اطراف نقاط مجهول

جدول (۴): تغییرات بارش و دمای کشور (درصد)، دهه‌های ۲۰۲۵ تا ۲۱۰۰ میلادی

با مدل‌های HadCM2 و ECHAM4

سال		۲۰۲۵		۲۰۵۰		۲۰۷۵		۲۱۰۰	
مدل‌های جوی		HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4
تغییر دما		۴/۳۵	۳/۶	۷/۵۷	۶/۱۳	۱۰/۴۵	۸/۲۹	۱۲/۹۸	۱۰/۸۱
تغییر بارش		۶/۸	-۰/۹	۱۱/۵	-۱/۳	۱۵/۸	-۱/۴	۱۹/۸	-۲/۵

ماخذ: درصد بارش مطالعه عباسی و همکاران (۱۳۹۱)، درصد دما یافته‌های تحقیق

سال ۲۱۰۰ روند کاهشی دارد. درصد تغییر عملکرد در منطقه (۲) از شدت بالاتری برخوردار است. با این وجود منطقه (۱) در تولید محصول گندم نسبت به منطقه (۲) مزیت نسبی دارد. نتایج در شکل (۳) نیز آورده شده است.

تحت سناریوهای به دست آمده طی سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۱۰۰ به پیش‌بینی عملکرد پرداخته شد (مومنی و زیبایی، ۱۳۹۲؛ خلیلیان و همکاران، ۱۳۹۳؛ Chang, 2002).

با توجه به نتایج جدول (۵) درصد تغییر عملکرد گندم منفی و تا

جدول (۵): پیش‌بینی تغییرات عملکرد در سناریوهای اقلیمی بر حسب درصد

سال		۲۰۲۵		۲۰۵۰		۲۰۷۵		۲۱۰۰	
سناریوها		HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4
گندم	منطقه (۱)	-۷/۳۶	-۸/۰۴۶	-۱۲/۹۰	-۱۳/۶۳	-۱۷/۸۳	-۱۸/۳۳	-۲۲/۱	-۲۴/۱
	منطقه (۲)	-۱۲/۱۱	-۱۰/۶۷	-۲۱/۱۱	-۱۸/۱۵	-۲۹/۱۴	-۲۴/۵۱	-۳۶/۱۸	-۳۲/۰۳

ماخذ: یافته‌های تحقیق

در جدول (۶) میزان تولید محصول گندم تا سال ۲۱۰۰ پیش‌بینی شده است که نتایج نشان می‌دهد تولید محصول در هر دو منطقه روندهای کاهشی را دنبال می‌کند. میزان تولید منطقه (۲) در مقابل منطقه (۱) ناچیز است.

جدول (۶): پیش‌بینی مقدار تولید (تن) گندم طی سال‌های ۲۰۲۵-۲۱۰۰

سال		۲۰۲۵		۲۰۵۰		۲۰۷۵		۲۱۰۰	
گندم	منطقه (۱)	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2
		۱۲۴۸۶/۲	۱۲۳۷۵/۳	۱۱۷۲۱/۹	۱۱۶۲۳/۷	۱۱۰۵۸/۳	۱۰۹۹۱/۷	۱۰۴۸۴/۳	۱۰۲۱۴/۸
گندم	منطقه (۲)	۵۵۲/۶	۵۶۱/۶	۴۹۶	۵۱۴/۶	۴۴۵/۵	۴۷۴/۶	۴۰۱/۲	۴۲۷/۳

ماخذ: یافته‌های تحقیق

در جدول (۷) پیش‌بینی سطح زیر کشت محصول گندم آورده شده است.

جدول (۷): پیش‌بینی سطح زیر کشت (هکتار) محصول گندم طی سال‌های ۲۰۲۵-۲۱۰۰

سال		۲۰۲۵		۲۰۵۰		۲۰۷۵		۲۱۰۰	
گندم	منطقه (۱)	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2
		۳۷۳۸	۳۷۱۰	۲۵۱۴	۳۴۸۵	۳۳۱۵	۳۲۹۵	۳۱۴۳	۳۰۶۲
گندم	منطقه (۲)	۲۳۱	۲۳۵	۲۰۷	۲۱۵	۱۸۶	۱۹۸	۱۶۸	۱۷۹

ماخذ: یافته‌های تحقیق

جدول (۸): پیش‌بینی میزان تولید (تن) در سناریوی کاهش سطح زیر کشت

سناریوها		محصولات
۱۰ درصد کاهش سطح زیر کشت		
۱۲۱۱۲/۳	منطقه (۱)	گندم
۵۶۵/۸	منطقه (۲)	

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول (۹) نشان می‌دهد که میزان تولید محصول گندم در نتیجه تغییر اقلیم با شدت بیشتری نسبت به سناریوی کاهش سطح زیر کشت کاهش می‌یابد. به جز منطقه (۱) در سال ۲۰۲۵ این ظریب مثبت بوده که تاثیر کاهش سطح زیر کشت بر تولید بیشتر است. بدین معنی که در صورت عدم کاهش سطح زیر کشت نیز میزان تولیدات در نتیجه تغییرات آب و هوایی کاهش خواهد یافت.

همان‌طور که تولید و عملکرد روند کاهشی را نشان می‌دهد برای سطح زیر کشت نیز همان کاهش را پیش‌بینی می‌شود. در یک سناریوی مجزا فرض شده است که در اثر تغییر اقلیم، ده درصد زمین‌های کشاورزی از چرخه تولید خارج می‌شوند. در این مرحله، عملکرد در هکتار سال پایه در سطح زیر کشت شبیه‌سازی شده ضرب می‌شود و تولید گندم در سناریوی جدید به دست می‌آید (مومنی و زیبایی، ۱۳۹۲). جدول (۸) میزان تولید پیش‌بینی شده در نتیجه تغییر سطح زیر کشت را نشان می‌دهد.

در سناریوی کاهش سطح زیر کشت نیز همانند سناریوهای اقلیمی با کاهش میزان تولید مواجه خواهد بود. در جدول (۹) میزان تفاوت تولید محصول در سناریوی کاهش سطح زیر کشت با سناریوهای اقلیمی مقایسه شد و به صورت درصد محاسبه شده است. برای انجام این محاسبات از جدول‌های (۶ و ۸) که میزان تولید در نتیجه سناریوهای تغییر اقلیم و کاهش سطح زیر کشت است، استفاده شد.

رفاه برای سال پایه ۹۶ به کمک نرم افزار GAMS محاسبه شده و تغییرات رفاه بر اساس سناریوهای پیش‌بینی اقلیم به درصد نسبت به سال پایه محاسبه شد که در جدول (۱۰) آورده شده است.

تابع پاسخ عملکرد محصول گندم در دو منطقه برآورد و تغییرات عملکرد طی سناریوهای پیش‌بینی آب و هوا در استان هرمزگان به دست آمد در نهایت به کمک اطلاعات به دست آمده میزان

جدول (۹): تفاوت میزان تولید محصول گندم در سناریوی کاهش سطح زیر کشت با سناریوی اقلیمی به درصد طی سال‌های ۲۰۲۵-۲۱۰۰

سال		۲۰۲۵		۲۰۵۰		۲۰۷۵		۲۱۰۰	
گندم	منطقه (۱)	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2
		۲/۹۴	۲/۱۷	-۳/۲۲	-۴/۰۳	-۸/۷	-۹/۲۵	-۱۳/۴۴	-۱۵/۶۷
محصولات	منطقه (۲)	-۲/۳۴	-۰/۷۵	-۱۲/۳۴	-۹/۰۶	-۲۱/۲۷	-۱۶/۱۳	-۲۹/۰۹	-۲۴/۴۸

ماخذ: یافته‌های تحقیق

جدول (۱۰): تغییرات رفاهی محصول گندم در اثر تغییر در پارامترهای اقلیمی (واحد: میلیون تومان-درصد)

۲۱۰۰		۲۰۷۵		۲۰۵۰		۲۰۲۵			سناریوها رفاه
HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	سناریوی پایه	
۵/۹	۸/۲۳	۱۰	۱۱/۶۷	۱۲/۳۴	۱۳/۱۲	۱۳/۸۶	۱۴/۰۸	۱۵/۱۱	مازاد رفاه کل
-۶۰/۹۴	-۴۵/۵	-۳۳/۷۹	-۲۲/۷۱	-۱۸/۲۹	-۱۳/۱۴	-۸/۲۴	-۶/۷۷		درصد تغییر نسبت به سال پایه
-۹/۲	-۶/۸۷	-۵/۱	-۳/۴۳	-۲/۷۶	-۱/۹۸	-۱/۲۴	-۱/۰۲		مقدار تغییر نسبت به سال پایه
۲/۱۷	۲/۵۶	۳/۵	۴/۵۵	۶/۶۴	۷/۰۹	۷/۵۹	۸/۰۸	۸/۳۵	مازاد رفاه مصرف کننده
-۷۴	-۶۹/۲۹	-۵۸/۱۳	-۴۵/۴۸	-۲۰/۵۲	-۱۵/۰۸	-۹/۱۹	-۳/۳۱		درصد تغییر نسبت به سال پایه
-۶/۱۸	-۵/۸	-۴/۸	-۳/۸	-۱/۷۱	-۱/۲۶	-۰/۷۷	-۰/۲۷		مقدار تغییر نسبت به سال پایه
۳/۷۳	۵/۶۷	۶/۵	۷/۱۲	۵/۷	۶/۰۳	۶/۲۷	۶/۰۱	۶/۷۵	مازاد رفاه تولیدکننده
-۴۴/۷۸	-۱۶/۰۷	-۳/۶۹	۵/۴۷	-۱۵/۵۳	-۱۰/۷۳	-۷/۰۷	-۱۱/۰۷		درصد تغییر نسبت به سال پایه
-۳/۰۲	-۱/۰۸	-۰/۲۵	۰/۳	-۱/۰۵	-۰/۷۲	-۰/۴۸	-۰/۷۵		مقدار تغییر نسبت به سال پایه

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نشان می‌دهد. احتمالاً پیش‌بینی‌های مختلف ناشی از سناریوهای متفاوت پیش‌بینی آب و هوایی است. با توجه به نتایج مصرف‌کننده‌ها زیان بالاتری را نسبت به تولیدکننده‌ها متحمل می‌شوند.

داده‌های محاسباتی پاسخ عملکرد محصول گندم با استفاده از نرم‌افزار آماری معنی‌دار است و سایر اطلاعات مربوط پیش‌بینی آب و هوا در مطالعه حاضر، از مطالعات عباسی و همکاران (۱۳۹۱) و سناریوی کاهش سطح زیرکشت از مطالعه مومنی و زیبایی (۱۳۹۲) استفاده شد. جهت اعتبارسنجی داده‌های به دست آمده

نتایج جدول (۱۰) نشان می‌دهد که رفاه مصرف‌کننده در سال پایه برای محصول گندم بالاتر از رفاه تولیدکننده است به دلیل کشت ناپذیر بودن کالای گندم به عنوان کالای ضروری تابع تقاضا دارای شیب بیشتر و انتظار بیشتر بودن زیر منحنی تقاضا به عنوان مازاد رفاه مصرف‌کننده دور از انتظار نیست. میزان پیش‌بینی تغییرات رفاه ناشی از سناریوهای آب‌وهوایی کاهش است. این تغییرات در سناریوی ECHAM4 و سناریوی HadCM2 روندهای متفاوتی را نشان می‌دهد ولی هر دو کاهش می‌باشند به جز در سال ۲۰۷۵ در سناریوی ECHAM4 که روند افزایش را در رفاه تولیدکننده

تاثیر بدون در نظر گرفتن نشانه در هر دو منطقه مربوط به دما و مدیریت است. کمترین ضریب تاثیر مربوط به تکنولوژی و بارندگی است. و درصد تغییر عملکرد تحت سناریوهای پیش‌بینی آب و هوا برای محصول گندم روند کاهشی را دنبال می‌کند. همچنین نتایج نشان داد که تغییر اقلیمی کاهش تولید شدیدتری را نسبت به کاهش سطح زیرکشت به دنبال خواهد داشت. بنابراین تغییر اقلیمی در هر دو منطقه تاثیر بسیار بالایی دارد که باید در برنامه‌ریزی‌های آتی مدنظر قرار بگیرد. سپس تابع تقاضای معکوس برای محصول گندم تابع عرضه معکوس نهاده نیز برای دو نهاده منطقه‌ای شامل نیروی کار و زمین برآورد شد. در نهایت به کمک نرم افزار GAMS رفاه کل، رفاه مصرف‌کننده و رفاه تولیدکننده برای سال پایه ۹۶ برآورد و تا سال ۲۱۰۰ پیش‌بینی شد. رفاه کل، روند کاهشی را برای سال‌های آتی نشان داد مصرف‌کننده‌ها زیان بالاتری را نسبت به تولیدکننده‌ها تجربه خواهند کرد. نتایج این مطالعه برای نهاده‌های جهادکشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و سازمان هواشناسی کاملاً کاربردی خواهد بود.

حال با توجه به نتایج به دست آمده پیشنهاد می‌شود که به تاثیرات اقلیمی بر عملکرد به خصوص دما توجه خاص شود زیرا در صورت ادامه این روند با توجه به پیش‌بینی‌های انجام شده جامعه مصرف‌کننده و تولیدکننده زیان‌های زیادی را متحمل خواهند شد. بنابراین می‌باید بدنال بذرهایی بود که به تغییرات دما مقاوم باشند. همچنین با توجه اثرات مختلف عامل‌های اقلیمی بر محصول گندم باید کشاورزان را ترغیب به تغییر الگوی کشت نمود تا مانع از کاهش عملکرد و کاهش رفاه، در آینده شد. با توجه به نتایج، منطقه (۱) استان هرمزگان شامل شهرستان‌های حاجی‌آباد، رودان و میناب قابلیت بیشتری در تولید محصول گندم دارد و منطقه (۲) شامل شهرستان‌های بندرعباس، بندرلنگه دارای مزیت نیست. توصیه می‌شود به کمک مهندسين ترویج و زراعت در جهت توجیه کشاورزان برای کشت این محصول در دو منطقه تلاش شود.

یادداشت‌ها

1. Panel Data
2. Generalized least squares
3. Inverse Distance Weighted

نتایج به دست آمده با نتایج مطالعات پیشین مقایسه شد. پیش‌بینی تغییرات رفاه ناشی از تغییر پارامترهای آب‌وهوایی در مقایسه با مطالعات داخلی (مومنی و زیبایی، ۱۳۹۲؛ خلیلیان و همکاران، ۱۳۹۳) روند کاهشی رفاه در طول زمان تایید شده‌است و نتایج یکسانی در تغییرات رفاه مصرف‌کننده و تولیدکننده حاصل شد. نتایج مطالعه کاهش میزان تولید محصول گندم را نشان داد که با مطالعات (Chen et al., 2017; Chen et al., 2018) همخوانی دارد. افزایش دما در مطالعه حاضر باعث کاهش عملکرد محصول گندم شده که نتایج مشابهی نیز در مطالعه (Zaho et al., 2017; Zhang et al., 2017; Tao et al., 2018; Martre et al., 2015) به دست آمده است. اما با توجه به شرایط آب و هوایی مناطق مختلف مورد مطالعه و انتخاب سناریوهای مختلف آب و هوایی میزان تغییرات مطالعه حاضر و سایر مطالعات متفاوت است. در مقایسه با مطالعات خارجی (Chang, 2002; Chen et al., 2004; McCarl et al., 2008; 2017; Chen et al., 2011; Attavanich & Li et al., 2011; Leahey, 2009; Chalise & McCarl, 2011; Chang et al., 2012; Ghimire, 2013) به دلیل متفاوت بودن شرایط آب و هوایی مناطق مختلف جهان، تغییرات رفاهی متفاوتی حاصل شده است. کاهش سطح زیرکشت محصول گندم در این مطالعه با مطالعات (Attavanich & McCarl, 2011; Chang et al., 2012; Chang, 2002) هماهنگی داشته و نتایج یکسانی به دست آمده است. بدلیل وارد کردن عامل‌های دیگر در سناریوها اقلیمی مانند گاز دی اکسید کربن و سطح دریا، نتایج متفاوتی برای تغییرات عملکرد برای گونه‌های مختلف گندم (Hasegawa et al., 2017; Durand et al., 2017; Chen et al., 2017) حاصل شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه ابتدا جهت بررسی دقیق‌تر اثرات تغییر اقلیم، پهنه‌بندی اقلیمی با استفاده از شاخص‌های اقلیمی، برای استان هرمزگان انجام شد که استان به دو منطقه اقلیمی تقسیم شد. سپس تابع واکنش عملکرد به عامل‌های غیرقابل کنترل شامل دما، بارندگی و عامل‌های قابل کنترل شامل مدیریت و تکنولوژی برای محصول گندم برای دو منطقه استان هرمزگان برآورد شد. نتایج حاصل نشان داد عملکرد محصول گندم با مولفه دما رابطه عکس و با مولفه بارندگی رابطه مستقیم دارد. بیشترین ضریب

فهرست منابع

- آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۹۶.
- آزدری، س.؛ مرتضوی، س.الف؛ موسوی، س. ح. و وکیل پور، م.ح. ۱۳۹۲. بررسی اثر کاهش ضایعات نان بر رفاه مصرف‌کنندگان کشور، اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۲۱ (۸۲)، ۶۹ - ۸۹.
- باقری، م. و معززی، ف. ۱۳۹۲. بررسی اثرات جانبی برداشت بی رویه آب‌های زیرزمینی بر بازار پسته ایران، تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۴ (۴)، ۱۶۱ - ۱۸۴.
- باقری، م. و نجفی، ب. ۱۳۹۰. بررسی آثار رفاهی کاهش تعذفه واردات در بازار برنج، تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۳ (۱)، ۱۸۱ - ۱۹۴.
- پرون، ص.؛ یآوری، غ. و رضازاده، م. ۱۳۹۷. پهنه‌بندی اقلیمی استان هرمزگان با استفاده از روش‌های کلاسیک، جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، ۱۱۵، ۳۳ - ۱۲۷.
- پرهیزکاری، الف.؛ مظفری، م.م. و حسینی خدادادی، م. ۱۳۹۳. تحلیل اقتصادی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد گندم آبی در حوضه آبخیز شاهرود، پژوهشنامه کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۸، ۸۸ - ۱۰۰.
- حاجی حسنی، ع.؛ زندرزمی، ع.س. و فردوسی زاده، م. ۱۳۹۱. زراعت و باغبانی عمومی، رشته امور زراعی و باغی - امور دامی، گروه تحصیلی کشاورزی، شلخه آموزش فنی و حرفه ای، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
- خلیلیان، ص.؛ شمشادی، ک.؛ مرتضوی، س.الف. و احمدیان، م. ۱۳۹۳. بررسی اثرات رفاهی ناشی از تغییرات اقلیم بر روی محصول گندم در ایران، نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۸ (۳)، ۲۹۲ - ۳۰۰.
- روان، و. ۱۳۸۹. نشانه‌های تغییر اقلیم بر توسان‌های دما و بارش در پهنه مرکزی استان فارس برای دوره زمانی ۲۰۴۰ - ۲۰۱۱ با بکارگیری برون آمده‌های مدل ECHAM5، شیراز، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشگاه شیراز.
- زارعیان، م.ج.؛ اسلامیان، س.س. و صفوی، ح.ر. ۱۳۹۵. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر میزان پایداری مصرف آب در بخش کشاورزی حوضه آبریز زاینده رود، نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۲۰ (۷۵)، ۱۱۳ - ۱۲۹.
- سلطانی، ش. و موسوی، س.ح. ۱۳۹۴. ارزیابی آثار بالقوه تغییرات اقلیم بر عملکرد و ارزش افزوده ی بخش کشاورزی در دشت همدان بهار، اقتصاد کشاورزی، ۹ (۱)، ۹۵ - ۱۱۵.
- عباسی، ف.؛ بابائیان، الف.؛ حبیبی نوخندان، م.؛ گلی مختاری، ل. و ملبوسی، ش. ۱۳۸۹. ارزیابی تاثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش ایران در دهه‌های آینده با کمک مدل MAGICC-SCENGEN، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۷۲، ۹۱ - ۱۱۰.
- عباسی، ف. و اثمیری، م. ۱۳۹۰. پیش‌بینی و ارزیابی تغییرات دما و بارش ایران در دهه‌های آینده با الگوی MAGICC-SCENGEN، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵ (۱)، ۷۰ - ۸۳.
- عباسی، ف.؛ بابائیان، الف.؛ ملبوسی، ش.؛ اثمیری، م. و گلی مختاری، ل. ۱۳۹۱. ارزیابی تغییر اقلیم ایران در دهه‌های آینده (۲۰۲۵ - ۲۱۰۰ میلادی) با استفاده از ریز مقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۷ (۱)، ۲۰۵ - ۲۲۵.
- عزیزی، گ. و جهانی کندی، م. ۱۳۹۰. جزوه زراعت تکمیلی (ویژه دانشجویان کارشناسی ارشد زراعت)، انتشارات دانشگاه پیام نور.

- علیجانی، ف.؛ کرباسی، ع. و مظفری مسن، م. ۱۳۹۰. بررسی اثر درجه حرارت و بارندگی بر عملکرد گندم آبی ایران، اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۹ (۳۶) ۱-۲۴.
- کمالی، غ.؛ ملائی پ. و بهیار، م.ب. ۱۳۸۹. تهیه اطلس گندم دیم استان زنجان با استفاده از داده‌های اقلیمی و GIS، نشریه آب و خاک، ۲۴ (۵)، ۸۹۴-۹۰۷.
- مظفری، م.م.؛ پرهیزکاری، الف.؛ حسینی خدادادی، م. و پرهیزکاری، ر. ۱۳۹۴. تحلیل اقتصادی اثرات تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر تولیدات بخش کشاورزی و منابع آب در دسترس (مطالعه موردی: اراضی پایین دست سد طالقان)، نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۹ (۱)، ۶۸-۸۵.
- موسوی، س.ح. و اسماعیلی، ع. ۱۳۹۰. تحلیل آثار سیاست تعرفه ی واردات بر بازار برنج ایران، تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۳(۲)، ۱-۲۰.
- مومنی، س. و زیبایی، م. ۱۳۹۲. اثرات بالقوه ی تغییر اقلیم بر کشاورزی استان فارس، نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۷(۳)، ۱۶۹-۱۷۹.
- واثقی، الف. و اسماعیلی، ع. ۱۳۸۷. بررسی اثر اقتصادی تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی ایران: روش ریکاردین (مطالعه موردی: گندم)، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲ (۴۵) ۶۸۵-۶۹۶.
- Akram, N. & Hamid, A. 2015. Climate change: A threat to the economic growth of Pakistan, Progress in Development studies, 15(1), 73-86.
- Andresen, J.A. & Dale, R.F. 1989. Prediction of county-level yield using an energy-crop growth index. J. Climate 2, 48-56
- Attavanich, W. & McCarl, A. B. 2011. The effect of climate change, cO2 fertilization, and crop production Technology on crop yields and its economic implications on market outcomes and welfare distribution. Selected paper prepared for presentation at the Agricultural & Applied Economics Association's 2011 AAEA & NAREA Joint Annual Meeting, Pittsburgh, Pennsylvania, July 24-26, 2011.
- Apata, T.G.; Samuel, K.D. & Adeola, A.O. 2009. Analysis of Climate change Perception and Adaptation among Arable Food Crop Farmers in South Western Nigeria, paper presented at the conference of International Association of Agricultural Economics, PP. 2-9.
- Baltagi, B. H. 2005. Econometric analysis of panel data, Third edition, New York.
- Baumes, H. 1978. A partial equilibrium sector model of US agriculture open to trade: a domestic agricultural and agricultural trade policy analysis. Ph.D. thesis, Purdue University.
- Burton, R.O. & Martin, M.A. 1987. Restrictions on herbicide use: an analysis of economic impacts on US agriculture North Central J. Agric. Econ. 99, 181-194.
- Chalise, L. & Ghimire, R. 2013. Effects of climate change on peanut's yield in the state of georgia, USA. Selected paper prepared for presentation at the Southern Agricultural Economics Association SAEA. Annual Meeting, Orlando, Florida, 3-5 February 2013.
- Chang, C.C. 2002. The potential impacts of climate change on Taiwan's agriculture. Agr. Econ. 27, 51-64.
- Chang, C.C.; Chen, C.C. & McCarl, B. 2012. Evaluating the economic impacts of crop yield change and sea level rise induced by climate change on Taiwan's agricultural sector, Agr. Econ., 43, 206 - 214.
- Chang, C.C.; McCarl, B.A.; Mjelde, W. & Richardson, J.W. 1992. Sectoral implications of farm program modification. Am. J. Agric. Econ. 74, 38-49.

- Chen, C.C. & Chang, C. C. 2005. The impact of weather on crop yield distribution in Taiwan: some new evidence from panel data models and implications for crop insurance, 33, 503 – 511.
- Chen, C.C.; McCarl, B.A. & Schimmelpfennig D.E. 2004. Yield variability as influenced by climate: A Statistical Investigation, *Climatic Change*, 66: 239–61.
- Chen, Y.; Wang, P.; Zhang, Z.; Tao, F. & Wei, X. 2017a. Rice yield development and the shrinking yield gaps in China, 1981–2008, *Reg. Environ. Change*, 17, 2397–2408.
- Chen, Y.; Zhang, Z.; Tao, F.; Wang, P. & Wei, X. 2017b. Spatio-temporal patterns of winter wheat yield potential and yield gap during the past three decades in North China, *Field Crop. Res.*, 206, 11–20,
- Chen, Y.; Zhang, Z. & Tao, F. 2018. Impacts of climate change and climate extremes on major crops productivity in china at a global warming of 1.5 and 2.0, *Earth System Dynamics*, 9. 543-562.
- Cline, W.R. 2007. Global warming and agriculture: Impact estimates by country, Washington DC: Centre for Global Development and Peterson Institute for International Economics.
- Coble, K.; Chang, C.C.; McCarl, B.A. & Eddleman, B.R. 1992. Assessing economic implications of new technology: the case of cornstarch-based biodegradable plastics. *Rev. Agric. Econ.* 14, 33–43.
- Dixon, B.L.; Hollinger, S.E.; Garcia, P. & Tirupattur, V. 1994. Estimating corn yield response models to predict impacts of climate change. *J. Agric. Res. Econ.* 19, 58–68.
- Durand, J. L.; Delusca, K.; Boote, K.; Lizaso, J.; Manderscheid, R.; Weigel, H. J.; Ruane, A. C.; Rosenzweig, C.; Jones, J. & Ahuja, L. 2017. How accurately do maize crop models simulate the interactions of atmospheric CO2 concentration levels with limited water supply on water use and yield?, *Eur. J. Agron.*, online first,.
- Gbetibouo, G.A. & Hassan, R.M. 2005. Measuring the economic impscet of climate change on major South African field crops: a Ricardian approach. *Global and Planetary Change* 47, 143- 152.
- Hasegawa, T.; Li, T.; Yin, X.; Zhu, Y.; Boote, K.; Baker, J.; Bregaglio, S.; Buis, S.; Confalonieri, R. & Fugice, J. 2017. Causes of variation among rice models in yield response to CO2 examined with Free-Air CO2 Enrichment and growth chamber experiments, *Sci. Rep.-UK*, 7, 14858.
- Holden, N.M.; Brereton, A.J.; Fealy, R. & Sweeney, J. 2003. Possible change in Irish climate and its impact on barley and potato yields. *Agriculture and Forest Meteorology*, 116: 181-196.
- Hormozgan.ir. 2018.
- Kaufmann, R.K. & Snell, S.E. 1997. A biophysical model of corn yield: integrating climatic and social determinants. *Am. J. Agric. Econ.* 79, 178–190.
- Leakey, A. D. B. 2009. Rising atmospheric carbon dioxide concentration and the future of C4 crops for food and fuel. *Royal Society*, 276: 2333-2343.
- Levinson, D. H. & Fettig, C. J. 2014. Climate change: Overview of data sources, observed and predicted temperature changes, and impacts on public and environmental health. *Global Climate Change and Public Health*. New York: Springer Publication.
- Li, X.; Takahashi, T.; Suzuki, N. & Kaiser, H.M. 2011. The impact of climate change on maize yields in the United States and China. *Agricultural System*, 104: 348-353.
- Lobell, D.B.; Burke, M.B.; Tebaldi, C.; Mastrandrea, M.D.; Falcon, W.P. & Naylor, R.L. 2008. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Scienc*, 319: 607-610.

- Ly, S.; Charle, C. & Degr, A. 2010. Spatial interpolation of daily rainfall at catchment scale: a case study of the Ourthe and Ambleve catchments, Belgium. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 7(25), 7383-7416.
- Martre, P.; Wallach, D.; Asseng, S.; Ewert, F.; Jones, J. W.; Rötter, R. P.; Boote, K. J.; Ruane, A. C.; Thorburn, P. J.; Cammarano, D.; Hatfield, J. L.; Rosenzweig, C.; Aggarwal, P. K.; Angulo, C.; Basso, B.; Bertuzzi, P.; Biernath, C.; Brisson, N.; Challinor, A. J.; Doltra, J.; Gayler, S.; Goldberg, R.; Grant, R. F.; Heng, L.; Hooker, J.; Hunt, L. A.; Ingwersen, J.; Izaurrealde, R. C.; Kersebaum, K. C.; Müller, C.; Kumar, S. N.; Nendel, C.; O'leary, G.; Olesen, J. E.; Osborne, T. M.; Palosuo, T.; Priesack, E.; Ripoche, D.; Semenov, M. A.; Shcherbak, I.; Steduto, P.; Stöckle, C. O.; Stratonovitch, P.; Streck, T.; Supit, I.; Tao, F.; Travasso, M.; Waha, K.; White, J. W. & Wolf, J. 2015. Multimodel ensembles of wheat growth: many models are better than one, *Global Change Biol.*, 21, 911-925
- McCarl, B.A. & Spreen, T.H. 1980. Price endogenous mathematical programming as a tool for sector analysis. *Am. J. Agric. Econ.* 62, 87-102.
- McCarl, B.; Villavicencio X. & Wu X. 2008. Climate change and future analysis: Is stationarity dying? *American Journal of Agricultural Economics*, 90(5): 1241-1247.
- Mortimore, M.; Ba, M.; Mahamane, A.; Rostom, R.S.; Serra del Pozo, P. & Turner, B. 2005. Changing Systems and Changing Landscapes: Measuring and Interpreting Land Use Transformations in African Drylands, *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography* 105, PP. 101-120.
- Mosavi, S. H.; Esmaeli, A.K. & Azhdari, S. 2014. Evaluating economic effects of exchange rate depreciation on the rice market in Iran, *J. Agr. Sci. Tech.*, 16, 705 - 715.
- Niu, X.; Esterling, W.; Hays, C.J.; Jacobs, A. & Mearns, L. 2009. Reliability and input-data induced uncertainty of the EPIC model to estimate climate change impact on sorghum yields in the U.S. Great Plains. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 129: 268-276.
- Nodej, T. M. & Rezazadeh, M. 2018. The spatial distribution of critical wind erosion centers according to the dust event in Hormozgan province (south of Iran). *Catena*, 167, 340-352.
- Nunez, H.M.; Onal, H. & Khanna, M. 2013. Land use and economic effects of alternative biofuel policies in Brazil and the United States, *Agri. Eco.*(44), 487-499.
- Reddy, K.H. & Hodges, H.F. 2000. "Climate change and global crop productivity". UK, Wallingford
- Samuelson, P.A. 1952. Spatial price equilibrium and linear programming. *Am. Econ. Rev.* 42, 283-303.
- Segerson, K. & Dixon, B.L. 1999. Climate change and agriculture: the role of farmer adaptation. In: Mendelsohn, R. & Neumann, J.E. (Eds). *The Impact of Climate Change on the United States Economy*. Cambridge University Press,
- Stern, N. 2007. *The economics of climate change: The stern review*. Cambridge University Press: Cambridge and New York.
- Takayama, T. & Judge, G.G. 1964. Equilibrium among spatially separated markets: a reformulation. *Econometrica* 32, 510-524.
- Tanyeri-Abur, A.; McCarl, B.A.; Chang, C.C.; Knutson, R.D. & Peterson, W.E. 1993. An analysis of possible sugar import policy revisions. *Rev. Agric. Econ.* 15, 255-268.
- Tao, F.; Rötter, R. P.; Palosuo, T.; Díaz Ambrona, C. G. H.; Mínguez, M. I.; Semenov, M. A.; Kersebaum, K. C.; Nendel, C.; Specka, X. & Hoffmann, H. 2018. Contribution of crop model structure, parameters and climate projections to uncertainty in climate change impact assessments, *Global Change Biol.*, 24, 1291-1307.

Wu, H. 1996. The impact of climate change on rice yield in Taiwan. In: Mendelsohn, R., Shaw, D. (Eds.), *The Economics of Pollution Control in the Asia Pacific*. Edward Elgar, Cheltenham, UK.

Zhang, Z.; Chen, Y.; Wang, C.; Wang, P. & Tao, F. 2017. Future extreme temperature and its impact on rice yield in China, *Int. J. Climatol.*, 37, 4814–4827.

Zhao, C.; Liu, B.; Piao, S.; Wang, X.; Lobell, D.; Huang, Y.; Huang, M.; Yao, Y.; Bassu, S.; Ciais, P.; Durand, J.; Elliott, J.; Ewert, F.; Janssens, I.; Li, T.; Lin, E.; Liu, Q.; Martre, P.; Müller, C.; Peng, S.; Peñuelas, J.; Ruane, A.; Wallach, D.; Wang, T.; Wu, D.; Liu, Z.; Zhu, Y.; Zhu, Z. & Asseng, S. 2017. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates, *P. Natl. Acad. Sci. USA*, 114, 9326–9331.