

مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال ششم، شماره یازدهم، بهار ۱۳۹۶

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۶/۰۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۲/۱۵

صفحات: ۶۹-۸۴

تحلیل اثر تغییرات اقلیم بر تولید گندم با رویکرد تابع تولید تصادفی

جواد شهرکی^{۱*}، محمود صبوحی صابونی^۲، مرتضی یعقوبی^۳

چکیده

هدف از این مطالعه ارزیابی اثر افزایش سنجه‌های اقلیمی بر عملکرد و ریسک تولید گندم در ایران است. داده‌های سال زراعی ۱۳۶۱-۱۳۶۲ تا ۱۳۹۲-۱۳۹۳ گردآوری شدند. با توجه به دوره‌های رشد، داده‌های ماهیانه به میانگین‌های فصلی تبدیل شدند و آنگاه آزمون‌های ایستایی و ریشه واحد مربوطه انجام گرفت. ایران به چهار منطقه اقلیمی تقسیم گردید. موثرترین متغیرهای اقلیمی با استفاده از الگوریتم بهینه‌یابی فایوسن شناسایی شدند. جهت آزمون اثر متغیرهای اقلیمی بر عملکرد و ریسک گندم، برای هر یک از این مناطق تابع تولید تصادفی جاست و پاپ برآورد گردید. با توجه به حجم داده‌ها، برای برآورد مدل پانل با اثرات ثابت، از رویکرد عملی حداقل مربعات تعمیم یافته استفاده شد. نتایج نشان داد که اثرگذاری شاخص‌های دما و بارش، منطقه‌ای هستند. با توجه به شرایط متفاوت اقلیمی، مناطق کشور به طور متفاوتی تحت تاثیر این سنجه‌ها قرار می‌گیرند. تغییرات سال به سال آب و هوا، شرایط نامساعدی را برای کشاورزان به وجود آورده است. هرچند در برخی مناطق اقلیمی، اثر افزایش این تغییرات بر عملکرد و ریسک تولید محصولات کشاورزی ناچیز است؛ بیشتر وسعت کشور ایران، هم‌اکنون در معرض آب و هوای نسبتاً خشک، تابستان‌های گرم، و زمستان‌های سرد قرار دارد و به نظر می‌رسد رخدادهای حدی دما و تغییرات نامنتظم بارش در دوره‌های گذشته، سازگاری نسبی گندم‌کاران این مناطق با تغییر اقلیم را فراهم کرده است.

واژگان کلیدی: تابع تولید تصادفی، ریسک، تغییر اقلیم، عملکرد گندم، کشاورزی

* این مطالعه، برگرفته از پایان‌نامه دکترای مرتضی یعقوبی به راهنمایی دکتر جواد شهرکی و مشاوره‌ی دکتر محمود صبوحی است.

مقدمه

از زمان تشکیل کارگروه بین‌المللی تغییرات اقلیم^۱ (۱۹۸۸) توسط سازمان جهانی هواشناسی و برنامه‌ی محیط زیست سازمان ملل متحد که با هدف بررسی دلایل علمی وقوع پدیده اقلیم و راهکارهای مقابله با آن تشکیل شد، مطالعات علمی، فنی، اقتصادی و اجتماعی گسترده‌ای انجام شده است. طبق گزارش دوم IPCC، این مطالعات را می‌توان در سه گروه ارزیابی اثرات، راه‌های تطبیق و سیاست‌های کاهش انتشار گنجانده. مطالعه‌ی حاضر با هدف پر کردن بخشی از خلا مطالعاتی، از جنبه‌ی ارزیابی اثرات به بررسی این پدیده در کشاورزی ایران می‌پردازد.

بخش عظیمی از مساحت ایران با توجه به اقلیم شبه خشک مدیترانه‌ای در برابر تغییرات اقلیم آسیب‌پذیر است. مسعودیان (۱۳۸۳) با استفاده از نقشه‌های هم‌دمای ماهانه (دمای شبانه یا کمینه، دمای روزانه یا بیشینه و دمای میانگین یا شبانه‌روز) ایران نشان می‌دهد در نیم سده گذشته دمای شبانه، روزانه و شبانه‌روزی ایران به ترتیب با آهنگ حدود سه، یک و دو درجه در هر صد سال افزایش داشته است. مرادی^۲ و همکاران (۲۰۱۳) نیز یک روند افزایشی متوسط سالانه 0.05°C را در دمای میانگین سالانه ایران مشاهده کردند. منصورى دانشور^۳ و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان دادند بخش بزرگی از پهنه‌ی ایران دچار خشکسالی شده است. لذا یافته‌ها حاکی از آن است که تغییر اقلیم در ایران اتفاق افتاده است. سوالی که در اینجا مطرح می‌شود این است که این تغییرات چه تاثیری بر مهم‌ترین محصولات راهبردی کشاورزی ایران گذاشته است؟ در راستای پاسخ به این سوال، با توجه به پهنه‌های اقلیمی کشاورزی ایران، تاثیر متغیرهای اقلیمی بر عملکرد گندم ارزیابی می‌شود. این پژوهش به طور ویژه به دنبال پاسخ به این پرسش است که چگونه تغییر متغیرهای اقلیمی در پهنه‌های اقلیمی کشاورزی ایران بر میانگین و ریسک عملکرد محصولات راهبردی کشاورزی تاثیر می‌گذارد؟

داده‌ها و روش‌ها

الف- روش شناسی:

مطالعه‌ی حاضر با استفاده از داده‌های تابلوئی متغیرهای اقلیمی سرتاسر پهنه‌ی ایران، اثرات تغییر سنجه‌های اقلیمی را روی عملکرد و ریسک محصولات منتخب کشاورزی بررسی می‌کند. بدین منظور از تصریح تابع تولید تصادفی جاست و پاپ^۴ (۱۹۷۸ و ۱۹۷۹) و مدل اثرات ثابت استفاده می‌شود. داده‌های گردآوری شده از سال زراعی ۱۳۶۱-۱۳۶۲ (۱۹۸۳-۱۹۸۴) تا سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۳ (۲۰۱۴-۲۰۱۵) است. برای هر سال زراعی ابتدا داده‌های ماهیانه‌ی اقلیمی از سازمان هواشناسی کشور جمع‌آوری و سپس میانگین‌های ماهانه با توجه به تاریخ کاشت و برداشت هر اقلیم به میانگین‌های فصلی تبدیل شدند. در بیشتر مطالعات گذشته، مناطق اقلیمی از طریق لحاظ متغیرهای دامی در مدل تجربی تحلیل شده‌اند. هرچند ایران دارای مناطق اقلیمی کاملاً متفاوتی است و نظر به اینکه

¹ The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

² Moradi

³ MansouriDaneshvar

⁴ Just, Pope

هدف مطالعه‌ی حاضر ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر محصولات کشاورزی است، این تفاوت اقلیم در پهنه‌ها تفاوت محسوسی را در نتایج ایجاد می‌کند (وَنگ^۱ و همکاران، ۲۰۰۹). با توجه به اینکه مطالعه‌ی حاضر، کل مناطق مختلف کشور را دربرمی‌گیرد و نظر به تفاوت‌های اقلیمی این پهنه‌ها، استفاده‌ی صرف از متغیرهای دامی، این ناهمگنی را پوشش نمی‌دهد. لذا لازم است که ابتدا با توجه به اقلیم‌ها کل مساحت کشور طبقه‌بندی و سپس برای هر یک از مناطق با اقلیم مشابه برآوردی جداگانه صورت گیرد. مرور مطالعات داخلی بیانگر آن است که پژوهشگران اقلیم‌شناس، طبقه‌بندی‌های اقلیمی متنوعی را معرفی کرده‌اند. از کامل‌ترین این تحقیقات می‌توان به کتاب مسعودیان (۱۳۹۱) اشاره کرد که به گونه‌ای جامع هم با استفاده از روش‌های سنتی (شاخص‌ها) و هم روش‌های نوین (تحلیل عاملی) اقلیم ایران را طبقه‌بندی کرده است. طبقه‌بندی اقلیمی گنجی (۱۳۸۲) یکی دیگر از طبقه‌بندی‌های اقلیمی شناخته شده است که در آن با استفاده از روش کوپن، اقلیم ایران به چهار اقلیم معتدل و مرطوب (سواحل جنوبی دریای خزر)، اقلیم سرد (کوهستان‌های غربی)، اقلیم گرم و خشک (فلات مرکزی) و اقلیم گرم و مرطوب (سواحل جنوبی) تقسیم شده است (شکل ۱ و **Error! Reference source not found.**).

جدول ۱: طبقه‌بندی اقلیمی استان‌های کشور بر پایه‌ی تقسیم‌بندی اقلیمی چهارگانه‌ی حسن گنجی

نام اقلیم	نام استان
اقلیم سرد	آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، البرز، ایلام، تهران، چهارمحال و بختیاری، خراسان رضوی، خراسان شمالی، زنجان، قزوین، کردستان، کرمانشاه، کهگیلویه و بویراحمد، لرستان، همدان
اقلیم گرم و خشک	اصفهان، خراسان جنوبی، سمنان، سیستان و بلوچستان، فارس، قم، کرمان، مرکزی، یزد
اقلیم گرم و مرطوب	بوشهر، خوزستان، هرمزگان
اقلیم معتدل و مرطوب	گلستان، گیلان، مازندران

منبع: گنجی، ۱۳۸۲

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
 رتال جامع علوم انسانی

¹ Wang



شکل ۱: نواحی اقلیمی ایران - منبع: گنجی، ۱۳۸۲

با توجه به محدودیت در دسترسی داده‌ها، انتخاب اقلیم‌ها در مطالعه‌ی حاضر، بر پایه‌ی تقسیم‌بندی گنجی (۱۳۸۲) صورت گرفته است. در این زمینه، فرآیند شکل ۱ برای هر یک از مناطق اقلیمی به طور جداگانه اجرا شده است. طبق مشاهدات، تاکنون در ایران مطالعه‌ای که به طور همزمان اثرات تغییرپذیری اقلیمی را بر میانگین و ریسک عملکرد محصولات زراعی محاسبه کنند وجود ندارد. بیشتر مطالعات انجام شده در زمینه بررسی اثرات، استفاده از مدل‌های شبیه‌ساز رشد محصول و تعدادی نیز بر اساس رهیافت ریکاردین بوده است. در این زمینه می‌توان به عنوان مثال به مطالعات نصیری‌محلاتی و کوچکی (۱۳۸۴)، کوچکی و نصیری‌محلاتی (۱۳۸۷)، فرج‌زاده‌اصل و همکاران (۱۳۸۸)، آبابایی و همکاران (۱۳۸۹)، زرکانی و همکاران (۱۳۹۳) اشاره کرد که در آنها به بررسی اثر تغییر اقلیم بر محصول گندم پرداخته شده است.

به استناد مدل‌های تحلیلی چن^۱ و همکاران (۲۰۰۴)، ایزاک و دوادوس^۲ (۲۰۰۶)، مک کارل^۳ و همکاران (۲۰۰۸)، یو و ژائو^۴ (۲۰۰۹)، پالانیسامی^۵ و همکاران (۲۰۱۱)، یو^۶ (۲۰۱۲)، هولست^۷ و همکاران (۲۰۱۳)، بارنوال و کوتانی^۸ (۲۰۱۳) و سارکر^۹ و همکاران (۲۰۱۴)، در تصریح مدل تجربی، این مطالعه هم تولید را تابعی از متغیرهای اقلیمی در نظر می‌گیرد. هر چند در مطالعه‌ی حاضر چند تعدیل لحاظ شده است. اولاً گورنال^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۰)، هتفیلد و

¹ Chen² Isik and Devadoss³ McCarl⁴ Yu and Zhao⁵ Palanisami⁶ Yu⁷ Holst⁸ Barnwal and Kotani⁹ Sarker¹⁰ Gornall

پروکر^۱ (۲۰۱۵) و جانسون^۲ و همکاران (۲۰۱۵) نشان می‌دهند علاوه بر متغیرهای میانگین، متغیرهای حدی اقلیمی نیز بر رشد محصول تاثیر معناداری دارند. لذا متغیرهای حدی دمای کمینه و بیشینه و یا انحراف استاندارد دما و بارش نیز بر عملکرد اثرگذار هستند. اما لحاظ تمام این متغیرها در مدل تجربی علاوه بر احتمال وجود همخطی بالا، درجه آزادی مدل را نیز کاهش می‌دهد. لذا در این مرحله برای انتخاب موثرترین متغیرها در مدل تجربی، از الگوریتم فایوسین^۳ (۲۰۱۲) استفاده شده است.

فرم عمومی تابع تولید جاست و پاپ به شکل زیر است (جاست و پاپ، ۱۹۷۸):

$$y = f(X; \beta) + \mu = f(X; \beta) + h(X; \alpha) \varepsilon \quad (1)$$

در این رابطه y عملکرد، x بردار متغیرهای توضیحی، $f(\cdot)$ جزء معین (تابع میانگین عملکرد)، β پارامترهای تابع عملکرد، μ پسماند ناهمسان با میانگین صفر، $h(\cdot)$ جزء تصادفی (تابع واریانس عملکرد)، α پارامترهای تابع واریانس و ε جزء اخلاص تصادفی با میانگین صفر و واریانس ثابت σ^2 است. این تابع نشان می‌دهد که عملکرد و واریانس آن دو جزء مجزا هستند که به وسیله تغییرات در متغیرهای اقلیمی توضیح داده می‌شوند.

برای تخمین این رابطه، جاست و پاپ (۱۹۷۹) از رویکرد عملی سه مرحله‌ای حداقل مربعات تعمیم یافته^۴ (FGLS) را استفاده کردند که مطالعه‌ی حاضر با توجه به پانل بودن مدل با برخی تعدیلات آن را دنبال کرده است. در مرحله نخست متغیر عملکرد بر تابع $f(X, \beta)$ برازش گردیده و نتایج توان دوم حداقل مربعات به عنوان $\hat{\mu} = y - f(X, \beta)$ محاسبه شده‌اند. به طوری که $\hat{\mu}$ تخمینی سازگار از μ با توزیع واریانس ناهمسان و میانگین صفر است. در گام دوم $\hat{\mu}$ بر انتظار جانبی‌اش $h(X, \alpha)$ برازش شده است. فرض شده $h(\cdot)$ شکل نمایی دارد. در گام سوم، عبارت خطای پیش‌بینی شده از گام قبل به عنوان وزن معادله اول (تابع میانگین عملکرد) استفاده گردیده و تابع عملکرد مجدداً برآورد شده است. تخمین زنده‌ی β تحت این شرایط برای توابع تولید تصادفی سازگار و به طور جانبی کارا است. در واقع با استفاده از این روش ناهمسانی واریانس گام اول تصحیح می‌گردد (کاباس^۵ و همکاران، ۲۰۱۰). در گام‌های بالا، علاوه بر لحاظ متغیرهای دامی پهنه‌های هر یک از زون‌های اقلیمی، وجود متغیر روند در مدل نیز آزمون شده است.

به طور خلاصه، مجموعه پارامترهای تخمین زده شده β و α به ترتیب اطلاعاتی را در ارتباط با اثر متغیرهای اقلیمی بر میانگین و واریانس عملکرد محصول بدست می‌دهد. به عبارت دیگر، β با رگرسیون میانگین عملکرد در گام سوم تخمین زده می‌شود و اثر عوامل اقلیمی بر میانگین عملکرد را برآورد می‌کند.

¹ Hatfield and Prueger

² Johansson

³ Feiveson

⁴ Feasible Generalized Least Squares (FGLS)

⁵ Cabas

ب- مبانی نظری تحقیق:

روش‌های ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر کشاورزی را می‌توان به دو گروه عمده‌ی مدل‌سازی ارزیابی یکپارچه و مدل‌های تحلیل تعادل جزئی تقسیم کرد. مدل‌سازی ارزیابی یکپارچه نوعی مدل‌سازی علمی است که اغلب در راستای علوم زیست محیطی و تجزیه و تحلیل سیاست‌های محیط زیست کاربرد دارد. مدل‌های گسترده اقتصادی یا تحلیل تعادل عمومی زیر مجموعه‌ای از این مدل‌ها هستند. در این چارچوب، از دیدگاه اقتصادی و با فرض اینکه پاسخ به شوک‌ها وابسته به ساختار اقتصاد کلان یک اقتصاد است، امکان مقایسه اثرات تغییرات اقلیم بر رشد کل اقتصاد فراهم می‌شود. زمانی که تغییرات اقلیم بر بخش‌های گوناگون اقتصاد به طور مستقیم یا غیر مستقیم اثرگذار باشند، آنگاه جهت ارزیابی تاثیرات تغییرات اقلیم بر کشاورزی می‌توان برهمکنش بین بخش‌های گوناگون را بررسی کرد (بزیبه^۱ و همکاران، ۲۰۱۱). هر چند این روش‌ها مزایایی همچون ارتباط بین بخشی را در نظر می‌گیرند و امکان گنجاندن و تعریف نظری سازگاری کشاورزان با تغییرات اقلیم در بخش کشاورزی وجود دارد، اما ابعاد تحلیلی اثرات تغییرات اقلیم بر عملکرد محصولات کشاورزی را پوشش نمی‌دهند. در واقع زمینه لحاظ تطبیق کشاورزان با تغییرات اقلیم در سطوح خرد نیز فراهم نیست. مسئله‌ی دیگر تنظیم یا کالیبره کردن مدل و تعریف معادلات به ویژه در مدل‌های پویا است که نیازمند مهارت فراوان و دانش کافی است و لذا با وجود چارچوب نظری قدرتمند، با توجه به وجود فرض‌های فراوان و کمیت و کیفیت داده‌های گردآوری شده به ویژه در کشورهای در حال توسعه امکان وجود نتایج اریب، گمراه کننده و به دور از واقعیت وجود دارد. مدل‌های تحلیل تعادل جزئی را می‌توان در دو گروه آینده‌نگر و گذشته‌نگر جای داد. زیربنای دیدگاه آینده‌نگر بر این فرض استوار است که یک رویداد در آینده اتفاق خواهد افتاد. در این رویکرد بعد از مدل‌سازی عملکرد محصول این موضوع بررسی می‌شود که با تغییر پارامترهای اقلیمی عملکرد محصول چگونه تغییر خواهد کرد. می‌توان مدل‌سازی‌ها در این رویکرد را به دو گروه "مدل‌سازی بر پایه رشد محصول^۲ یا مدل‌های آگرو-اکنومیک (رهیافت تابع تولید)" و "رهیافت برزندگی محصول"^۳ تقسیم کرد. روش اول ابزار قالب ارزیابی اثرات تغییرات اقلیم بر عملکرد محصولات کشاورزی است (هرتل و راش^۴، ۲۰۱۰). در این روش، مدل‌سازی رشد محصول بر اساس روابط اقلیمی و بر پایه شبیه‌سازی‌های آزمایشگاهی کنترل شده شکل می‌گیرد. این روش قادر است پیش‌بینی کند که چطور یک محصول نسبت به تغییرات شرایط محیطی عکس‌العمل نشان می‌دهد. رهیافت برزندگی محصول توسط فائو (۱۹۹۲) معرفی شد و برزندگی زمین‌های مختلف را با کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی، با توجه به مشخصه‌های بیوفیزیکی برای تولید محصول ارزیابی می‌کند و مانند مدل آگرونومیک وابسته به روابط علم طبیعی است (فیشر^۵ و همکاران، ۲۰۰۵). در واقع این روش یک مدل فرآیندسازی اکوفیزیولوژیکی است و به جای عملکرد محصول اندازه‌گیری شده از شبیه‌سازی عملکرد محصول استفاده می‌کند (مندلسون^۶، ۲۰۰۰ نقل از

¹ Bezabih

² Crop-Based Models (CBM)

³ Agro-Ecological Zone (AEZ)

⁴ Hertel and Rosch

⁵ Fischer

⁶ Mendelsohn

سارکر^۱، ۲۰۱۲ (ص ۱۸). زیربنای دیدگاه گذشته‌نگر بر اساس حقایق و دانش گذشته است. در این رویکرد فرض می‌شود یک رویداد در گذشته اتفاق افتاده است و سپس به بررسی آثار تاثیر این رویداد پرداخته می‌شود. در این رویکرد بر اساس مشاهدات گذشته با استفاده از روابط رگرسیونی، تاثیر تغییر پارامترهای اقلیمی بر عملکرد، بهره‌وری، ارزش زمین و یا سود محصولات کشاورزی سنجیده می‌شود. مدل‌های آماری که برای کالیبره کردن معادلات رگرسیونی به نسبت ساده استفاده می‌شود، یک جایگزین معمول برای مدل‌های بر پایه فرآیند را فراهم می‌کنند (لوبل و برک^۲، ۲۰۱۰). بر مبنای مطالعات انجام شده، روش‌های گوناگونی را می‌توان برای رویکرد گذشته‌نگر متصور شد که بنای همگی آنها تکنیک‌های آماری است. سه دسته از این مدل‌ها را می‌توان در ادبیات تحقیق یافت. دسته اول مدل‌های سری زمانی هستند که در آنها معمولاً رابطه بین بازده و متغیرهای اقلیمی برای تخمین اثرات بالقوه تغییرات اقلیم بر سطح عملکرد محصول بررسی می‌شود (چودری^۳، ۲۰۱۵). مدل‌های سری زمانی عموماً این مزیت را دارا هستند که رفتار ویژه برای یک منطقه داده شده را در برمی‌گیرند. در مجموع مدل‌های سری زمانی هرچند برای پیش‌بینی دما محدودند اما ابزار قابل اعتمادی برای پیش‌بینی تغییرات بارندگی هستند (لوبل و برک، ۲۰۱۰). دسته دوم روش‌های بر پایه تغییرات مکانی یا مقطعی هستند. مدل‌های مقطعی به طور قابل توجهی نسبت به مدل‌های سری زمانی در پیش‌بینی دما بهتر عمل می‌کنند (همان منبع)؛ هرچند روش‌های مقطعی مانند روش ریکاردین (هدانیک) در معرض خطای حذف متغیرهایی همچون کیفیت خاک و نهاده‌های کود هستند که به طور فضایی تغییر می‌کنند. لذا در این مدل‌ها امکان کنترل عوامل غیر قابل مشاهده وجود ندارد. به طور خلاصه مدل‌های مقطعی بهترین پیش‌بینی را برای دما و ضعیف‌ترین پیش‌بینی را برای بارندگی دارند (همان منبع). دسته‌ی سوم مدل‌های بر پایه توام تغییرات فضا و زمان یا روش‌های پانل هستند. در این مدل‌ها داده‌های سری زمانی و مکانی با یکدیگر ترکیب می‌شوند. دو نمونه از زیرمجموعه‌های این روش‌ها، ریکاردین تعمیم یافته و تابع تولید تصادفی جاست و پاپ^۴ (۱۹۷۸ و ۱۹۷۹) هستند. رهیافت ریکاردین تعمیم یافته بر پایه مدل‌های هدانیک^۵ و تئوری رانت ریکاردو^۶ است که توسط گرین‌استون و دیشنز^۷ (۲۰۰۷) برای داده‌های پانل هم بکار گرفته شده است. بر خلاف روش‌های قبل، در رهیافت تابع تولید تصادفی علاوه بر اطلاعات تابع میانگین امکان محاسبه و استخراج اطلاعات مفید از تابع واریانس (ریسک) محصول وجود دارد. مطالعات نشان می‌دهند تغییر اقلیم نه تنها بر عملکرد که بر واریانس عملکرد نیز تاثیر می‌گذارد (پالانیسامی^۸ و همکاران، ۲۰۱۱؛ چنو همکاران، ۲۰۰۴؛ چن و چانگ^۹، ۲۰۰۵؛ ایزاک و دوادوس، ۲۰۰۶) و لذا با توجه به اینکه واریانس عملکرد محصول می‌تواند منجر به نوسانات عملکرد، ناپایداری قیمت و بنابراین ریسک

¹ sarker

² Lobell and Burke

³ Chowdhury

⁴ Just and Pope

⁵ Hedonic approach

⁶ Ricardian Rent Theory

⁷ Deschenes and Greenstone

⁸ Palanisami

⁹ Chen and Chang

بزرگ‌تر بازار شود (کیم و پنگ^۱، ۲۰۰۹)، لذا بایستی هنگام مقداری کردن تاثیرات تغییرات اقلیم هر دوی این اثرات به طور همزمان برآورد شود. بنابراین در پژوهش حاضر برای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد و ریسک گندم از این رویکرد استفاده شده است. طبق مشاهدات نویسندگان، در این زمینه مطالعه‌ی حاضر اولین پژوهش انجام شده در ایران به شمار می‌رود. نوآوری این پژوهش نسبت به سایر مطالعات مرتبط خارجی، استفاده از الگوریتم فایوسن (۲۰۱۲) است که به منظور انتخاب بهترین متغیرهای اقلیمی در مدل، به کار گرفته شده است. مطالعات گذشته نشان می‌دهند که میانگین دمای فصلی، بارش کل، انحراف دما، انحراف بارش، حداقل دما، حداکثر دما و بسیاری سنجه‌های اقلیمی دیگر بر عملکرد محصول موثر هستند. اما در مطالعات پیشین انتخاب متغیرهای اقلیم به صورت اختیاری و با تصمیم محقق بوده است. در این مقاله، با استفاده از این الگوریتم بهینه موثرترین سنجه‌های اقلیمی به طور هوشمندانه در مدل‌سازی بکار گرفته شده است.

یافته‌های تحقیق

بعد از تحلیل داده‌ها و به کار بردن آزمون‌های ایستایی، با استفاده از الگوریتم فایوسن (۲۰۱۲)، موثرترین متغیرها شناسایی گردید و تابع تولید تصادفی جاست-پاپ هر یک از محصولات راهبردی منتخب برای مناطق اقلیمی چهارگانه برآورد شدند. برای تشخیص داده‌های پرت^۲، از آزمون دامنه میان چارکی^۳ لرنس و همیلتون^۴ و برای بررسی خصوصیات مانایی متغیرهای مدل پانل از آزمون فیشر استفاده شده است. نتایج نشان دادند که در هر چهار منطقه اقلیمی فرض صفر ریشه واحد برای تمام متغیرها را نمی‌توان پذیرفت. لذا از آن‌ها می‌توان در تابع تولید تصادفی جاست و پاپ استفاده کرد. نتایج نهایی الگوریتم فایوسن^۵ در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: انتخاب موثرترین متغیرهای پیش‌بین برای تابع جاست-پاپ

منطقه‌ی اقلیمی	بهترین متغیرهای پیش‌بین*
سرد	سطح زیر کشت، بارش، حداقل دما، روند، وقفه تولید
گرم و خشک	سطح زیر کشت، انحراف دما، وقفه تولید، انحراف بارش، روند
گرم و مرطوب	سطح زیر کشت، انحراف دما، تبخیر و تعرق، وقفه بارش، روند
معتدل و مرطوب	سطح زیر کشت، انحراف بارش، حداقل دما، وقفه دما، روند

* همه متغیرها بجز روند و شاخص خشکی، از نوع تبدیل لگاریتمی کاکس-باکس هستند.

پس از تخمین اولیه‌ی توابع عملکرد و ریسک، آزمون‌های ناهمسانی واریانس عمومی وایت^۶ (۱۹۸۰) و کوک و ویسبرگ^۷ (۱۹۸۳)، خودهمبستگی درون‌گروهی ولدریج^۸ (۲۰۰۲، صص ۲۸۲-۲۸۳) و خود همبستگی برون‌گروهی

¹ Kim and Pang

² Outliers

³ Interquartile Range (IQR)

⁴ Lawrence-Hamilton

⁶ White

⁷ Cook and Weisberg

⁸ Wooldridge

^۵ برای اجرای الگوریتم فایوسن از پکیج "tryem" نرم‌افزار استاتا استفاده شد.

پسران^۱ (۲۰۰۴) نشان دادند که در بیشتر پانل‌ها، خطاهای معیار استاندارد برآورد شده‌ی نامعتبر هستند. لذا در برآورد نهایی ضرایب، از برآوردگر مستحکم^۲ پارکز^۳ (۱۹۶۷) و کمنتا^۴ (۱۹۸۶) استفاده شد.

جدول ۳: برآورد ضرایب تابع جاست و پاپ برای محصولات گندم در مناطق سرد و گرم و خشک

برآورد ضرایب			متغیر		میانگین تابع	مناطق سرد
احتمال	آماره z	انحراف استاندارد	ضرایب	سطح کشت		
0.0000	24.04	0.024933	0.599459	سطح کشت	میانگین تابع	مناطق سرد
0.0000	3.9	0.009792	0.038222	بارش		
0.0000	5.05	0.038738	0.195437	حداقل دما		
0.0000	11.81	0.000476	0.005617	روند		
0.0000	5.58	0.02696	0.150519	وقفه تولید		
چی دو والد(۱۸)=۲۹۲۶,۳۵؛ احتمال=۰,۰۰۰۰						
0.0000	1302.47	0.000061	0.078988	سطح کشت	میانگین تابع	مناطق سرد
0.0000	486.75	0.000016	0.007904	بارش		
0.0000	484.59	0.000072	0.034692	حداقل دما		
0.0000	516.66	0.000001	0.000741	روند		
0.0000	788.23	0.000054	0.042249	وقفه تولید		
چی دو والد(۱۸)=۵۳۲۳۱۹۳؛ احتمال=۰,۰۰۰۰						
0.0000	11.34	0.076521	0.867597	سطح کشت	میانگین تابع	مناطق گرم و خشک
0.0000	-5.22	0.140516	-0.73291	انحراف دما		
0.0000	5.65	0.047647	0.26933	وقفه تولید		
0.0550	-1.92	0.045892	-0.08824	انحراف بارش		
0.0000	5.65	0.002068	0.011677	روند		
چی دو والد(۱۰)=۴۰۳۸,۳۷؛ احتمال=۰,۰۰۰۰						
0.0000	70.57	0.002256	0.159172	سطح کشت	تابع آرانس	مناطق گرم و خشک
0.0000	28.16	0.004697	0.13227	انحراف دما		
0.0000	35.39	0.001433	0.050692	وقفه تولید		
0.0000	12.97	0.001391	0.01804	انحراف بارش		
0.0000	33.53	6.64E-05	0.002226	روند		
چی دو والد(۱۰)=۱۳۱۵۶۹,۸۸؛ احتمال=۰,۰۰۰۰						

در تابع عملکرد گندم در مناطق سرد، متغیرهای وقفه‌ی تولید، سطح زیرکشت، مجموع بارش سالیانه، میانگین حداقل دما و روند همگی در سطح ۹۹٪ معنادار هستند. با توجه به تبدیل لگاریتمی انجام شده، این ضرایب به طور مستقیم کشش‌های متغیرهای اقلیمی را نشان می‌دهند. به عنوان مثال ضریب برآورد شده متغیر بارش حاکی از آن است که یک درصد افزایش مجموع بارش سالیانه در این مناطق می‌تواند سطح تولید گندم را تا ۰,۰۵ درصد افزایش

¹ Pesaran

² Robust

³ Parks

⁴ Kmenta

دهد. این نتیجه مطابق نتایج پژوهش‌های چن و همکاران (۲۰۰۴)، ایزاک و دوادوس (۲۰۰۶) و مک‌کارل و همکاران (۲۰۰۸) است (آنها نتیجه گرفتند که اثر بارش بر عملکرد محصولات گندم زمستان و ذرت معنادار و مثبت هستند). با توجه به آب و هوای استان‌های قرار گرفته در این زون اقلیمی، نتایج به دست آمده دور از انتظار نیستند. یک درصد افزایش متغیر میانگین حداقل دما نیز باعث افزایش ۰٫۲۳ درصدی محصول گندم در مناطق سرد می‌گردد. ضرایب برآورد شده تابع ریسک تولید گندم در مناطق از ریسک فزاینده بودن متغیرهای اقلیمی حکایت دارد. به بیان دیگر، هرچند اثر متغیرهای اقلیمی بر تابع عملکرد مثبت است، اما اثر تغییرپذیری این متغیرها بر واریانس تولید گندم در مناطق سرد مثبت است.

جدول ۴: برآورد ضرایب تابع جاست و پاپ برای محصولات گندم در مناطق گرم و مرطوب و معتدل و مرطوب

برآورد ضرایب				متغیر	مناطق گرم و مرطوب
احتمال	آماره z	انحراف استاندارد	ضرایب		
0.0000	12.47	0.075422	0.940737	سطح زیرکشت	تابع میانگین ^۱
0.1170	-1.57	0.094465	-0.14801	انحراف دما	
0.0900	1.69	0.148751	0.252037	تبخیر و تعرق	
0.0120	2.52	0.07862	0.198353	وقفه بارش	
0.0000	6.81	0.003851	0.026241	روند	
چی دو والد(۷)=۳۸۴۱٫۶۳؛ احتمال=۰٫۰۰۰۰					
0.0000	64.93	0.003485	0.226278	سطح زیرکشت	تابع واریانس ^۱
0.0000	4.48	0.006452	0.0289	انحراف دما	
0.0000	4.41	0.008882	0.039178	تبخیر و تعرق	
0.0000	-5.61	0.00592	-0.0332	وقفه بارش	
0.0000	11.22	0.000285	0.003197	روند	
چی دو والد(۷)=۲۸۱۸۴٫۰۵؛ احتمال=۰٫۰۰۰۰					
0.0000	28.48	0.036852	1.049426	سطح کشت	تابع میانگین ^۱
0.4550	0.75	0.195741	0.146092	انحراف بارش	
0.1450	1.46	0.104981	0.153133	حداقل دما	
0.4950	-0.68	0.733894	-0.50084	وقفه دما	
0.1830	1.33	0.004147	0.005527	روند	
چی دو والد(۷)=۷۴۰۵٫۷۹؛ احتمال=۰٫۰۰۰۰					
0.0000	44.84	0.006339	0.284203	سطح کشت	تابع واریانس ^۱
0.5430	0.61	0.036726	0.022349	انحراف بارش	
0.0000	3.68	0.021861	0.080431	حداقل دما	
0.2440	-1.16	0.154357	-0.17978	وقفه دما	
0.0030	-2.99	0.000841	-0.00251	روند	
چی دو والد(۷)=۱۱۹۹۳٫۱۷؛ احتمال=۰٫۰۰۰۰					

برآورد ضرایب جزء میانگین تابع جاست و پاپ نشان می‌دهد که با افزایش انحراف استاندارد دمای فصلی و بارش سالیانه، سطح تولید گندم آبی در مناطق گرم و خشک کاهش می‌یابد. این نتایج قابل قیاس با یافته‌های مک‌کارل و همکاران (۲۰۰۸) و هوانگ و خانان^۱ (۲۰۱۰) است که نشان دادند افزایش تغییرپذیری اثر منفی بر عملکرد تمام محصولات مورد بررسی آنها داشته است. ضریب روند زمانی تاثیر مثبت سالیانه‌ی یک درصدی را نشان می‌دهد. به علاوه مطابق انتظار، افزایش انحراف استاندارد دماهای فصلی و بارش‌های سالیانه عاملی ریسک فزآینده در تولید گندم آبی شناخته شده‌اند.

یافته‌های برآورد تابع جاست و پاپ گندم آبی در مناطق گرم و مرطوب نیز مطابق انتظار است. افزایش انحرافات دمایی به احتمال کمی کمتر از ۹۰٪ اثر نامساعدی بر میانگین سطح تولید گندم آبی گذاشته است. در حالی که بارندگی‌ها اثر نامساعد افزایش انحرافات دمایی را کاملاً جبران می‌کنند. به دیگر سخن، با وجود اینکه افزایش انحرافات دمایی به میزان یک درصد، حدود ۰,۱۵ درصد عملکرد گندم آبی را در مناطق گرم و مرطوب کاهش می‌دهند اما اثر افزایش بارش به احتمال بسیار قوی ۰,۲ درصد عملکرد این محصول را افزایش می‌دهد. در این زمینه میرزابایو^۲ (۲۰۱۳) نتیجه می‌گیرد که اثر افزایش تغییرپذیری آب و هوایی بر عملکرد و ریسک محصولات کشاورزی در آسیای مرکزی بسیار جزئی هستند. کاباس و همکاران (۲۰۱۰) نیز معتقدند که با وجود اینکه توزیع عملکرد با دماهای بالاتر افزایش می‌یابد اما اثر آن با بارش‌های اولیه جبران می‌شود. به علاوه، متغیر روند تابع جاست و پاپ گندم آبی در این مناطق نشان می‌دهد که اثرات تکنولوژیکی و نهادی هر ساله به میزان ۰,۰۳ درصد تولید این محصول را افزایش داده است. در مطالعه کاباس و همکاران (۲۰۱۰) نیز متغیر روند به عنوان مهمترین عامل غیراقلیمی تاثیر گذار بر عملکرد گندم زمستانی گزارش شده است که اثری معادل ۱٪ افزایش سالانه در عملکرد را در پی دارد. بررسی جزء تصادفی تابع جاست-پاپ این محصول نشان می‌دهد که در این مناطق بجز وقفه‌ی بارش که عاملی ریسک کاهنده است، سایر سنجه‌های انحراف دما و تیخیر و تعرق سالیانه ریسک فزآینده هستند و با افزایش آنها واریانس عملکرد گندم آبی نیز افزایش می‌یابد.

اثر تغییرات سنجه‌های اقلیمی بر میانگین تولید گندم آبی در مناطق معتدل و مرطوب معنادار نیست. با این وجود حداقل دمای فصلی بر ریسک تولید گندم آبی در این مناطق مثبت گزارش شده است. یک درصد افزایش حداقل دمای میانگین فصلی، ۰,۰۸ درصد واریانس تولید را افزایش داده است. همچنین با وجود آن که متغیر روند در تابع میانگین اثر معناداری نشان نمی‌دهد، اما اثر آن بر ریسک تولید کاهنده است (هرچند اثر آن بر تولید بسیار ضعیف است).

¹ Huang and Khanna

² Mirzabaev

نتایج و بحث

این سوال مطرح است که برداشت کلی از برآورد تابع تولید تصادفی جاست و پاپ برای چهار منطقه‌ی اقلیمی کشور چیست؟ در پاسخ باید اشاره کرد که اثر خالص تغییرات متغیرهای اقلیمی روی عملکرد گندم، هرچند متفاوت اما معنادار است. استفاده از نهاده‌های غیراقلیمی همچون افزایش سطح زیرکشت نیز افزایش واریانس عملکرد را به دنبال داشته است که سازگار با یافته‌های پژوهش‌های قبلی است (کاباس و همکاران، میرزابایو، ۲۰۱۳). در مطالعات چن و همکاران (۲۰۰۴)، ایزاک و دوادوس (۲۰۰۶)، مک‌کارل و همکاران (۲۰۰۸)، کاباس و همکاران (۲۰۱۰)، میرزابایو (۲۰۱۳) و پودل و کوتانی (۲۰۱۳) نیز اثر متغیرهای اقلیمی بر عملکرد و ریسک محصولات کشاورزی بررسی شده است. هر چند هر یک از این پژوهش‌ها در شرایط اقلیمی کاملا متفاوت انجام شده‌اند، اما در مجموع یافته‌های این پژوهش‌ها نیز تاکید می‌کنند که اثر اغلب شاخص‌های اقلیمی بر سطح تولید معنادار بوده است. به عنوان مثال در مطالعه‌ی چن و همکاران (۲۰۰۴)، مجموع بارش سالیانه و میانگین دمای فصلی بر تولید گندم زمستانی ایالت‌های امریکا در سطح ۹۵٪ معنادار هستند. ایزاک و دوادوس (۲۰۰۶) با تایید این نتایج از طریق بررسی داده‌های ۶۲ سال پهنه‌های اقلیمی ایالت آیداهوی ایالات متحده امریکا بدین نتیجه رسیدند که بارش و دما هر دو تاثیر نامساعدی بر عملکرد محصول گندم دارد. هرچند یافته‌های آنها نشان داد که با وجود افزایش ریسک تولید در گذر زمان، اثر تغییرپذیری دما و بارش بر ریسک محصول معنادار نیستند. نتایج مطالعه‌ی کاباس و همکاران (۲۰۱۰) در جنوب غربی آنتاریای کانادا برای محصول گندم زمستانی و ذرت نیز نشان داده است که متغیرهای اقلیمی اثر عمده‌ای بر میانگین عملکرد و افزایش ریسک تولید این محصولات دارند. متغیر روند در مطالعه‌ی حاضر تقریبا در هر چهار معادله، معنادار و تاثیری مثبت بر تولید گندم داشته است. این نتایج مشابه یافته‌های مک‌کارل و همکاران (۲۰۰۸)، هوانگ و خان (۲۰۱۰)، ویتسانو و مک‌کارل^۱ (۲۰۱۱) و میرزابایو (۲۰۱۳) است. به طور کلی، متغیر روند را به عنوان پیشرفت تکنولوژی^۲ و یا اثرات نهادی^۳ تفسیر می‌کنند. در صورت پذیرش این فرضیه، نتایج نشان می‌دهند که برای محصولات تحت بررسی، تغییرات فنی در تکنولوژی تولید (از جمله معرفی رقم‌های جدید و فعالیت‌های ترویجی و مدیریتی)، عملکرد محصولات را بهبود می‌بخشد و می‌تواند تا حدودی اثرات نامساعد تغییرات اقلیم را جبران کند.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، تاثیر مهم‌ترین سنجه‌های اقلیمی بر تولید و ریسک گندم کشور بررسی گردید. در مجموع، یافته‌ها نشان دادند که شاخص‌های دما و بارش، و زمین‌های زیر کشت گندم کشور با توجه به شرایط اقلیمی متفاوت، به طور متفاوتی تحت تاثیر این سنجه‌های اقلیمی قرار می‌گیرند. ناچیز بودن اثرات افزایش تغییرپذیری بر عملکرد و ریسک گندم در برخی مناطق اقلیمی را می‌توان احتمالا چنین توجیه کرد که تولیدات بخش قابل توجهی از این فعالیت‌ها

¹ Witsanu, and McCarl

² Technological progress

³ Institutional effect

در شرایط آب و هوایی نه چندان ایده‌آل صورت می‌گیرد. بیشتر پهنه‌ی ایران، هم اکنون در معرض آب و هوای به نسبت خشک و با تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد قرار دارد و رخداد‌های دماهای حدی سالیانه و تغییرات نامنظم بارش در طول سال‌های گذشته سازگاری نسبی کشاورزان را با چنین شرایطی فراهم کرده است. از لحاظ تغییرات سالیانه‌ی آب و هوایی، بیشتر کشاورزان با شرایط نامطلوب روبرو بوده‌اند. لذا می‌توان چنین برداشت کرد که کشاورزانی که در چنین شرایط پراسترس محیطی فعالیت می‌کنند، می‌توانند تجربه بیشتری را در مواجهه با تغییر اقلیم آتی نیز داشته باشند. به عبارت دیگر، رویارویی احتمالی با محیط متغیر و نامنظم‌تر، از طریق سازگاری پویای فعالیت‌های کشاورزی، امید مواجهه با اثرات محتمل نامساعد تغییر اقلیم را همچنان زنده نگه خواهد داشت. با این وجود، نظر به اینکه فلات ایران در نتیجه‌ی استقرار کمربند پرفشار جنب حاره‌ای^۱، گستره‌ی زیادی از نواحی خشک و نیمه خشک را دربرمی‌گیرد، اثر تغییر اقلیم بر تمام مناطق اقلیمی کشور کاملاً معنادار است و با توجه به ریسک مخاطرات طبیعی، سازگار شدن کشاورزان با تغییر اقلیم نیازمند حمایت و سرمایه‌گذاری‌های بیشتر است. لذا با نگاهی به افزایش اثرات مثبت بالقوه و کاهش اثرات نامساعد، سرمایه‌گذاری بیشتر در این زمینه توجیه اقتصادی دارد؛ از جمله‌ی این سرمایه‌گذاری‌ها می‌توان به توسعه ارقام مقاوم به خشکی و هدایت هدفمند تحقیقات کشاورزی و فعالیت‌های ترویجی اشاره کرد (میرزابایو، ۲۰۱۳). به علاوه، با توجه به علامت و اندازه‌ی ضرایب متغیر روند برآورد شده، در مقایسه با کشورهایی چون ایالات متحده آمریکا (طبق نتایج مطالعات چن و همکاران (۲۰۰۴)، ایزاک و دوادوس (۲۰۰۶)، مک کارل و همکاران (۲۰۰۸) و کوردوا^۲ (۲۰۱۰)، کانادا (طبق نتایج مطالعه کاباس (۲۰۱۰)، آسیای مرکزی (طبق نتایج مطالعه‌ی میرزابایو (۲۰۱۳)) و چین (طبق یافته‌های هولست و همکاران (۲۰۱۳)) سرمایه‌گذاری بیشتر در این زمینه منطقی است.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از راهنمایی آقایان دکتر علیرضا موقری و دکتر محمدرضا منصوری دانشور در سنجش شاخص‌های اقلیمی و تحلیل یافته‌های پژوهش قدردانی می‌گردد.

منابع

آبایی بهنام؛ سهرابی تیمور؛ میرزایی فرهاد؛ رضوردی نژاد وحید؛ کریمی بختیار (۱۳۸۹). اثر تغییر اقلیم بر عملکرد گندم و تحلیل ریسک ناشی از آن (مطالعه موردی: منطقه روددشت اصفهان)، دانش آب و خاک (دانش کشاورزی)، شماره ۳، صص ۱۳۵-۱۵۰.

^۱ نزول هوای گرم ناشی از این کمربند پرفشار سبب می‌شود که در آسمان، ابری تشکیل نشده و هوای صعود یافته سطحی، قدرت کافی برای نفوذ به لایه‌های بالایی جو و رسیدن به سطوح تغییر فاز بخار آب نداشته باشد (ریوندی و همکاران، ۱۳۹۲).

^۲ Cordova

- ریوندی امیر؛ میررکنی مجید؛ محمدیها امیر (۱۳۹۲). بررسی تشکیل و انتشار طوفان‌های گرد و خاک ورودی به غرب و جنوب‌غرب ایران با استفاده از مدل پخش لاگرانژی ذرات HYSPLIT. پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، شماره ۱۳، صص ۱-۱۶.
- زرعکانی فاطمه؛ کمالی غلامعلی؛ چیدری امیرحسین (۱۳۹۳). اثر تغییر اقلیم بر اقتصاد گندم دیم (مطالعه موردی خراسان شمالی). بوم‌شناسی کشاورزی، شماره ۲، صص ۳۰۱-۳۱۰.
- فرج‌زاده‌اصل منوچهر؛ کاشکی عبدالرضا؛ شایان سیاوش (۱۳۸۸). تحلیل تغییرپذیری عملکرد محصول گندم دیم با رویکرد تغییرات اقلیمی (منطقه مورد مطالعه: استان خراسان رضوی). برنامه‌ریزی و آمایش فضا (مدرس علوم انسانی)، شماره ۳، صص ۲۲۷-۲۵۶.
- کوچکی علیرضا؛ نصیری محلاتی مهدی (۱۳۸۷). تاثیر تغییر اقلیم همراه با افزایش غلظت CO2 بر عملکرد گندم در ایران و ارزیابی راهکارهای سازگاری، مجله پژوهش‌های زراعی ایران، شماره ۱، صص ۱۳۹-۱۵۳.
- نصیری محلاتی مهدی؛ کوچکی علیرضا (۱۳۸۴). اثر تغییر اقلیم بر شاخص‌های آگروکلیماتیک مناطق کشت گندم دیم در ایران. پژوهش‌های زراعی ایران، شماره ۳، صص ۲۹۱-۳۰۳.
- گنجی محمدحسن (۱۳۸۲). تقسیمات اقلیمی ایران، بولتن علمی مرکز ملی اقلیم‌شناسی، جلد سوم، شماره اول، صص ۴۱.
- مسعودیان سید ابوالفضل (۱۳۹۱). آب و هوای ایران، ویرایش اول؛ اصفهان: شریعه توس.
- Barnwal, P., & Kotani, K. (2013). Climatic impacts across agricultural crop yield distributions: An application of quantile regression on rice crops in Andhra Pradesh, India. *Ecological Economics*, 87, 95-109. doi:10.1016/j.ecolecon.2012.11.024
- Bezabih, M., Chambwera, M., & Stage, J. (2011). Climate change and total factor productivity in the Tanzanian economy. *Climate Policy*, 11(6), 1289-1302.
- Cabas, J., Weersink, A., & Olale, E. (2010a). Crop yield response to economic, site and climatic variables. *Climatic Change*, 101(3-4), 599-616. doi:10.1007/s10584-009-9754-4
- Cabas, J., Weersink, A., & Olale, E. (2010b). Crop yield response to economic, site and climatic variables. *Climatic Change*, 101(3-4), 599-616.
- Chen, C. C., McCarl, B. a., & Schimmelpfennig, D. E. (2004). Yield variability as influenced by climate: A statistical investigation. *Climatic Change*, 66(1/2), 239-261. doi:10.1023/B:CLIM.0000043159.33816.e5.
- 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. *Agricultural economics*, 33(s3), 503-511.
- Chowdhury, I. U. A., & Khan, M. A. E. (2015). The impact of climate change on rice yield in Bangladesh: a time series analysis. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 40(4).
- Cook, R. D., & Weisberg, S. (1983). Diagnostics for heteroscedasticity in regression. *Biometrika*, 70(1), 1-10.
- Cordova, X. (2010). Essays on the effect of climate change on agriculture and forestry. Texas A&M University.
- Deschenes, O., Greenstone, M., & No, R. (2007). The Economic Impacts of Climate Change: Evidence from Agricultural Profits and Random Fluctuations of Weather. *The American Economic Review*, 97(1), 354-385. doi:10.2139/ssrn.876929
- Efroymson, M. A. (1960). Multiple regression analysis. *Mathematical methods for digital computers (Vol. 1)*. Wiley: New York.
- Feiveson, A. (2012). TRYEM: Stata module to run all possible subset regressions. *Statistical Software Components*.
- Fischer, G., Shah, M., Tubiello, F. N., & Van Velhuizen, H. (2005). Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990-2080. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1463), 2067-2083.
- Gornall, J., Betts, R., Burke, E., Clark, R., Camp, J., Willett, K., & Wiltshire, A. (2010). Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 365(1554), 2973-2989.
- Hatfield, J. L., & Prueger, J. H. (2015). Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*, 10, Part A, 4-10. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001
- Hertel, T. W., & Rosch, S. D. (2010). Climate change, agriculture, and poverty. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 32(3), 355-385.
- Holst, R., Yu, X., & Grün, C. (2013). Climate Change, Risk and Grain Yields in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 12(7), 1279-1291. doi:10.1016/S2095-3119(13)60435-9
- Huang, H., & Khanna, M. (2010). An econometric analysis of US crop yield and cropland acreage: implications for the impact of climate change. Selected Paper Prepared for Presentation at the Agricultural & Applied Economics Association, 25-27.
- Isik, M., & Devadoss, S. (2006). An analysis of the impact of climate change on crop yields and yield variability. *Applied Economics*, 38(7), 835-844. doi:10.1080/00036840500193682

- Johansson, R., Luebehusen, E., Morris, B., Shannon, H., & Meyer, S. (2015). Monitoring the impacts of weather and climate extremes on global agricultural production. *Weather and Climate Extremes*, 10, Part A, 65–71. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.wace.2015.11.003>
- Just, R. E., & Pope, R. D. (1978). Stochastic Specification of Production Functions and Economic implications. *Journal of Econometrics*, 7(488), 67–86. doi:10.1016/0304-4076(78)90006-4
- Just, R. E., & Pope, R. D. (1979). Production function estimation and related risk considerations. doi:10.2307/1239732
- Kang, Y., Khan, S., & Ma, X. (2009). Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security—A review. *Progress in Natural Science*, 19(12), 1665–1674.
- Kim, M. K., & Pang, A. (2009). Climate change impact on rice yield and production risk. *Journal of Rural Development*, 32(2), 17-29.
- Kmenta, J. (1986). *Elements of econometrics*. New York: Macmillan New York.
- Lobell, D. B., & Burke, M. B. (2010). On the use of statistical models to predict crop yield responses to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(11), 1443–1452. doi:10.1016/j.agrformet.2010.07.008.
- MansouriDaneshvar, M.R., Bagherzadeh, A., Khosravi, M. (2013). Assessment of drought hazard impact on wheat cultivation using standardized precipitation index in Iran. *Arab. J. Geosci.* 6, 4463–4473. doi:10.1007/s12517-012-0695-2.
- McCarl, B. A., Villavicencio, X., & Wu, X. (2008). Climate Change and Future Analysis: Is Stationarity Dying? *American Journal of Agricultural Economics*, 90(5), 1241–1247. doi:10.1111/j.1467-8276.2008.01211.x
- Moradi, A. M., Akhtarkavan, M., Ghiasvand, J., & Akhtarkavan, H. (2008). Assessment of Direct Adverse Impacts of Climate Change on Iran. *earth*, 11, 16.
- Mirzabaev, A. (2013). *Climate volatility and change in Central Asia: Economic impacts and adaptation*. Universitäts-und Landesbibliothek Bonn.
- Palanisami, K., Ranganathan, C. R., Kakumanu, K. R., & Nagothu, U. S. (2011). A Hybrid Model to Quantify the Impact of Climate Change on Agriculture in Godavari Basin, India. *Energy and Environment Research*, 1(1), 32.
- Parks, R. W. (1967). Efficient estimation of a system of regression equations when disturbances are both serially and contemporaneously correlated. *Journal of the American Statistical Association*, 62(318), 500-509.
- Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels (No. No. 0435). CESifo working paper series.
- Sarker, M. A. R., Alam, K., & Gow, J. (2014). Assessing the effects of climate change on rice yields: An econometric investigation using Bangladeshi panel data. *Economic Analysis and Policy*, 44(4), 405–416. doi:10.1016/j.eap.2014.11.004
- Wang, J., Mendelsohn, R., Dinar, A., Huang, J., Rozelle, S., & Zhang, L. (2009). The impact of climate change on China's agriculture. *Agricultural Economics*, 40(3), 323–337.
- Witsanu Attavanich, & McCarl, B. A. (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. In *Agricultural & Applied Economics Association's 2011 AAEA & NAREA Joint Annual Meeting*, Pittsburgh, Pennsylvania, July 24-26. Pittsburgh, Pennsylvania. Retrieved from <http://econpapers.repec.org/RePEc:ags:aaea11:103324>
- White, H. (1980). A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 817-838.
- Wooldridge, J. M. (2002). *Econometric analysis of cross section and panel data*. MIT press.
- Yu, X. (2012). Productivity, efficiency and structural problems in Chinese dairy farms. *China Agricultural Economic Review*, 4(2), 168–175.
- Yu, X., & Zhao, G. (2009). Chinese agricultural development in 30 years: A literature review. *Frontiers of Economics in China*, 4(4), 633–648.

The Impacts of Climate Change on Wheat Production: A Stochastic Production Function Approach

Javad Shahraki*¹, Mahmood Sabouhi², Morteza Yaqubi³

1- Department of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan Zahedan, Iran

Email: j.shahraki@eco.usb.ac.ir

2- Department of Agricultural Economics, Ferdowsi University of Mashhad, Azadi Square, Mashhad, Iran

3- Department of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan Zahedan, Iran

Received: 2016.08.30

Accepted: 2017.03.05

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the impacts of climate variables on yield and risk of Iran's wheat production. In this context, crop year data were collected from 1982-83 to 2014-15. Considering crop season, monthly data were aggregated into seasonal data. Iran was divided into four climatic zones. To optimal selection of predictor variables, Feiveson algorithm was applied. To test the effect of climate variables on wheat production, a Just-Pope stochastic production function was used for each zone. To estimate the panel with fixed effect model, considering the volume of data, Feasible Generalized Least Squares (FGLS) approach was applied. Overall, the results showed that the effects of temperature and precipitation indices are regional; these zones are differently affected by climate indices. Yearly climatic variability has created adverse conditions; However, in some zones, these impacts are negligible; Iran is in the exposure of relatively dry climate with hot summers and cold winters, and extreme temperatures annual events and irregular rainfall changes over the past years have made these farmers more resilient and adaptable.

Keywords: Stochastic Production Function, risk, climate change, wheat, agriculture