نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۳، ص. ۳۱۰-۳۰۱

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 2, Summer 2014, p. 301-310

اثر تغییر اقلیم بر اقتصاد گندم دیم (مطالعه موردی خراسان شمالی)

فاطمه زرعکانی[۱*]، غلامعلی کمالی[۲] و امیرحسین چیذری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۱

چکیده

تغییر اقلیم پدیده‌ای است که در عصر حاضر بیشترین نگرانی‌ها را در میان جوامع و مراجع تصمیم‌گیری در سراسر دنیا به وجود آورده است. این پدیده تاثیرات مهمی در جنبه‌های مختلف زندگی بشر داشته است. یکی از مهمترین محصولات کشاورزی که تحت تأثیر این پدیده قرار دارد، گندم است. با توجه به این موضوع، برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصول گندم در استان خراسان شمالی، بر اطلاعات موجود در این استان تکیه شده است. به این منظور داده‌های اقلیم شناسی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بجنورد از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۸۹ و همچنین اطلاعات اقتصادی گندم دیم در منطقه خراسان شمالی موجود در وزارت جهاد کشاورزی برای تحلیل وضعیت گذشته و آشکارسازی تغییر اقلیم و تعیین رابطه بین متغیرهای اقتصادی و اقلیمی گندم مورد استفاده قرار گرفته است. برای تعیین رابطه میان اقتصاد گندم دیم و اقلیم منطقه، پارامترهای دمای کمینه و بیشینه و بارندگی سالانه و همچنین هزینه، قیمت گندم و جو و سطح زیر کشت به عنوان متغیرهای مستقل و عملکرد و درآمد گندم دیم به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. همچنین برای پیش‌بینی مقدار پارامترهای اقلیمی در سال‌های آینده از مدل اقلیمی LARS-WG و HADCM استفاده شده است. نتایج نشان داد که تغییر اقلیم در ۳۰ سال گذشته در این استان اتفاق افتاده و رابطه معنی‌داری بین لگاریتم پارامترهای دمای کمینه، دمای بیشینه و بارندگی سالانه با عملکرد گندم دیم مشاهده شد. با استفاده از معادله به دست‌آمده برای عملکرد و درآمد محصول گندم و نتایج پیش‌بینی مدل عددی اقلیمی که نشان‌دهنده افزایش دمای کمینه (۰/۵ درجه سلسیوس) و بیشینه (۰/۵ درجه سلسیوس) و افزایش بارندگی (۲۵ میلیمتر) از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ در این منطقه بود، افزایش نسبی در میزان عملکرد محصول گندم دیم (۱۰ تن در هکتار) و درآمد به دست آمده (۲۵۰۰۰۰ تن/هزار ریال) در ۳۰ سال آینده در این منطقه مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی اقلیمی، خراسان شمالی، عملکرد اقتصادی گندم دیم

مقدمه

اقلیم را می‌توان از اساسی‌ترین ساختار سیاره زمین دانست که تأثیر گسترده‌ای بر تمام جهان هستی به‌ویژه بخش کشاورزی و اقتصاد آن دارد. رشد صنایع و کارخانه‌ها و رشد مصرف سوخت‌های فسیلی به منظور تامین انرژی از یک طرف و جنگل‌زدائی و تخریب محیط زیست از طرف دیگر باعث افزایش روزافزون گازهای گلخانه‌ای در سطح کره زمین طی دهه‌های اخیر شده است. تحقیقات مختلف نشان از تأثیر این افزایش بر روی اقلیم کره زمین دارد. مهم‌ترین اثر این افزایش بر روی دمای اتمسفر کره زمین بوده که در نوشته‌های علمی از آن به عنوان گرم‌شدن جهانی یاد می‌کنند. تأثیر این افزایش تنها بر میزان دمای اتمسفر زمین نبوده و دیگر متغیرهای اقلیمی را نیز تحت تأثیر خود قرار داده که پدیده تغییر اقلیم را شکل می‌دهد. تأثیرات منفی این پدیده در آینده به سبب نگرش جوامع بر توسعه سریع صنعت و توجه کمتر به محیط زیست می‌تواند شدت گرفتن آن را به‌دنبال داشته و پدیده‌های اقلیمی مانند سیل، خشکسالی و... را در مناطق مختلف دنیا باعث می‌شود. تغییر اقلیم و همچنین گرم شدن زمین در دهه‌های اخیر اثرات زیادی را بدنبال داشته که نمی‌توان اثر بر محصولات کشاورزی را نادیده گرفت.

کشاورزی یکی از بخش‌های مهم جامعه و تأمین‌کننده تولیدات غذایی جامعه است و با تأثیرپذیری از شرایط اقلیمی هر منطقه

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات، تهران
۲- دانشیار گروه هواشناسی دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات، تهران
۳- دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول Email: f_zarakani@yahoo.com)

می‌تواند بر اقتصاد منطقه تأثیر بگذارد. اما تغییرات عوامل اقلیمی از جمله دما و بارش و عوامل دیگر می‌تواند به طور مستقیم محصولات کشاورزی را تحت الشعاع قرار داده و حتی فعالیت‌های انسانی و اقتصاد منطقه را دستخوش تغییرات نماید. متاسفانه علی‌رغم اهمیت این موضوع، آن‌گونه که باید، در سطح کشور به آن پرداخته نشده است. از این‌رو آمادگی برای مقابله با اثرات این پدیده می‌تواند نقش موثری در کاهش زیان‌های احتمالی این پدیده داشته باشد.

یکی از اهداف مهم سیاست‌گذاری‌های دولت‌ها در بخش کشاورزی، افزایش تولید است. ازآنجا که عملکرد، تابع عوامل متعددی است، بنابراین علاوه بر عوامل اقتصادی عوامل دیگری نیز بر افزایش عملکرد و در نتیجه افزایش تولید محصول مؤثرند. این عوامل ابزارهای سیاست‌گذاری کشاورزی به حساب می‌آیند (Nassiri, 2002).

تغییر در پارامترهای اقلیمی ازجمله بارندگی و دما باعث تغییر در عملکرد برخی محصولات کشاورزی می‌گردد و این تغییر در عملکرد باعث می‌شود که عرضه محصولات تغییرکند و در نتیجه درآمد کشاورزان دستخوش تغییر گردد. از این رو مشخص است که پارامترهای اقلیمی و تغییرات آن، بر روی متغیرهای اقتصادی و درآمد اثرات مستقیم و غیر مستقیم برجا می‌گذارد.

از جمله مهمترین محصولات کشاورزی کشور ما گندم است که کشت آن خصوصاً به صورت دیم وابستگی شدیدی به اقلیم و شرایط منطقه زیر کشت دارد. بنابراین لازم است به تولید این محصول که از تولیدات مهم غذایی بوده و تأثیر مستقیمی بر اقتصاد کشاورزی و کشور دارد، توجه بسزایی صورت گیرد. لذا شناخت عوامل موثر بر عملکرد آن ابزار مناسبی برای اعمال سیاست‌های کارآمد در بخش کشاورزی است.

مطالعات مختلفی در رابطه با تغییر اقلیم و اثرات آن بر کشاورزی در دنیا و کشور انجام شده است. واثقی (Vaseghi, 2008) از روش ریکاردین برای اندازه‌گیری اثرات اقتصادی تغییر اقلیم بر تولید محصول گندم در ایران و اثرات تغییر اقلیم آینده بر درآمد خالص استفاده نمود. نتایج این تحقیق نشان داد که متغیرهای اقلیمی آثار معنی‌دار و غیرخطی بر درآمد خالص به‌ازای هر هکتار کشت گندم دارند. همچنین نتایج نشان داد که افزایش دما و کاهش بارندگی تا ۱۰۰ سال آینده (به علت افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای) باعث ۴۱ درصد کاهش در بازده (۷۷۷ هزار ریال به ازای هر هکتار) کشت گندم در کشور می‌گردد. نجفی (Nadjafi, 2009) تأثیر پارامترهای اقلیمی بر عملکرد گندم دیم در مراغه را با مدل لگاریتمی بررسی نمود و تغییرات رفاه را با در نظرگرفتن روند تغییر اقلیم تا سال ۱۴۰۴ پیش-بینی نمود. او نتیجه گرفت که اگر تا افق ۱۴۰۴ تغییرات به همین صورت ادامه داشته باشد، رفاه جامعه بیش از بیست و یک میلیارد ریال کاهش خواهد یافت. کاظمی زاد (Kazemizad, 1998) به منظور تعیین مناطق مستعد و مناسب‌ترین تاریخ‌های کشت گندم دیم درآذربایجان غربی با استفاده از توزیع دما و بارندگی به این نتایج رسید که مناطقی برای کشت گندم دیم مستعد هستند که در مرحله حساس سنبله‌رفتن و گرده‌افشانی گندم دارای بیشترین میزان بارندگی و کمترین فراوانی وقوع دمای ۲۵ درجه می‌باشند. ذرین (Zarin, 2000) پارامترهای اقلیمی موثر در میزان عملکرد محصول گندم دیم در استان آذربایجان غربی را مطالعه کرده و با ایجاد مدل‌هایی رگرسیون چندمتغیره با روش‌های مختلف، روابط موجود بین بازده محصول و پارامترهای اقلیمی را بررسی کرده، در نهایت مدل‌هایی جهت پیش‌بینی میزان بازده محصول گندم دیم در استان آذربایجان غربی ارائه نمود.

خراسان شمالی به دلیل شرایط و ویژگی‌های خاص اقلیمی و همچنین نقش آن در تولید گندم کشور دارای اهمیت خاصی است که تاکنون مطالعات اقلیمی در آن کمتر صورت گرفته است. در این تحقیق سعی شده است که با استفاده از دو عنصر دما و بارش، اثر تغییر اقلیم را بر اقتصاد گندم دیم این منطقه مورد بررسی قرار داد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، برای این‌که اثرات تغییر اقلیم بر میزان عملکرد گندم دیم در خراسان شمالی بررسی و پیش‌بینی گردد، سه مرحله اساسی طی شد:

۱- آشکارسازی اثرات تغییر اقلیم در ۳۰ سال گذشته

۲- پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی برای ۳۰ سال آینده با استفاده از مدل عددی اقلیمی HADCM

۳- تعیین رابطه میان متغیرهای اقلیمی با متغیرهای اقتصادی به روش اقتصادسنجی

در این تحقیق با استفاده از تکنیک ریزمقیاس‌نمایی آماری (مدل LARS-WG)، خروجی‌های مدل گردش عمومی جو HADCM، برای دوره زمانی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ ریزمقیاس گردیدند و نتایج آن بر روی

ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان شمالی تجزیه و تحلیل شدند. سناریوی فرضی در مدل HADCM سناریوی انتشار A_2 می باشد. دقت فضایی مدل HADCM، ۸/۲ ×۸/۲ درجه، معادل ۳۰۰ × ۳۰۰ کیلومتر می‌باشد. در نهایت با قراردادن مقدار پیش‌بینی شده متغیرهای اقلیمی در رابطه بدست آمده، مقدار متغیرهای اقتصادی کشت گندم دیم در این منطقه در ۳۰ سال آینده پیش‌بینی گرفت. در این تحقیق دو دسته داده مورد استفاده قرار گرفت. دسته اول، داده‌های اقلیمی مورد استفاده شامل پارامترهای دمای کمینه، دمای بیشینه و بارش سالانه ایستگاه هواشناسی بجنورد در دوره زمانی ۱۳۶۳ تا ۱۳۸۹ بود که این داده‌ها برای آشکارسازی اقلیمی و اقتصادسنجی منطقه مورد استفاده قرار گرفت. دسته دوم، داده‌های اقتصادی گندم شامل اطلاعات سطح زیر کشت، مقدار عملکرد گندم دیم، هزینه کشت و قیمت گندم و جو منطقه سیساب در سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۸۹ بود که از وزارت جهاد کشاورزی تهیه گردید و برای اقتصادسنجی و پیش‌بینی مقدار عملکرد و درآمد محصول مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

در زمینه مدل‌سازی اثرات تغییر اقلیم بر کشت گندم دیم و استفاده از مدل‌های اقلیمی تحقیقات متعددی صورت گرفته است. کمالی و کوچکی (Kamali & Koocheki, 2005) با استفاده از مدل عددی اقلیمی UKMO و روش‌های تحلیلی PCA و HCA و استفاده از داده‌های ۳۶ ایستگاه سینوپتیک در ایران اثرات تغییر اقلیم احتمالی بر شاخص‌های کشاورزی را در سال های ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی شبیه‌سازی نمودند. طبق نتایج مدل، افزایش دما و کاهش بارندگی در این دو سال اتفاق افتاده که این منجر به افزایش طول دوره رشد و طول دوره خشک و همچنین کاهش عملکرد گندم خواهد شد. همچنین کمالی و نصیری (Kamali & Nassiri, 2005) اثرات احتمالی تغییر اقلیم بر کشت گندم دیم را با استفاده از مدل عددی اقلیمی UKMO و داده‌های میانگین ماهانه اقلیمی ۱۲ ناحیه عمده کشت گندم دیم را برای سناریوهای مختلف اقلیمی شبیه‌سازی و بررسی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش غلظت گاز CO_2 و دمای میانگین سالانه و همچنین کاهش بارندگی موجب کاهش عملکرد گندم و مساحت زیر کشت گندم دیم در کشور خواهد شد. ارتیز و همکاران (Ortiz et al., 2008) با استفاده از سناریوهای مختلف تغییر اقلیم که اثر افزایش گازهای گلخانه‌ای را بر افزایش دمای جهانی نشان می‌دهند، به این نتیجه رسیدند که به غیر از نقاط محدودی از مناطق زیر کشت گندم دیم در دنیا، سایر نقاط مانند آسیای جنوب شرقی با مشکل افزایش دما و کاهش بارندگی مواجه شده و برای مقابله با آن استفاده از علم ژنتیک و ایجاد گونه‌های مقاوم به خشکی، تغییر روش‌های مدیریت کشت و سیستم‌های آبیاری را پیشنهاد نمودند. ریچتر و همکاران (Richter et al., 2004) با استفاده از مدل تغییر اقلیم $HADCM_2$ اثر تغییر اقلیم را بر کاهش رطوبت خاک، کاهش پتانسیل محصول و مقدار محصول در انگلستان و ولز برای دهه ۲۰۲۰ و ۲۰۵۰ مورد بررسی قرار دادند. این تحقیق نشان داد که علیرغم کاهش بیشتر رطوبت خاک و پتانسیل محصول، تولید خالص گندم به دلیل افزایش CO_2 افزایش پیدا خواهد نمود. ساجدالدین‌حسین و همکاران (Sajeddin Hossein et al., 2006) اثر تغییر اقلیم را بر دو پارامتر درجه روز رشد و طول فصل رشد و تأثیر آن بر عملکرد تولید گندم دیم در مناطق کوهستانی پاکستان مورد بررسی قرار داده ونتیجه گرفتند که با افزایش دمای میانگین، مقدار عملکرد گندم نیز کاهش می‌یابد. سئو (Seo, 2010) شبیه‌سازی اثرات تغییر اقلیم بر کشاورزی جنوب ایالات متحده را بوسیله چهار مدل خودهمبستگی مکانی انجام و نتایج به دست آمده را با یکدیگر مقایسه نموده و نشان داد که این مدل‌ها نتایج نسبتاً قابل قبولی به همراه دارند. قاسمی و بلومی (Ghasemi & Bloumi, 2011) برای مدل-سازی اثرات تغییر اقلیم بر تولید گندم در شمال غرب تونس از شاخص‌های درجه- روز رشد و طول دوره رشد استفاده نموده و نتیجه گرفتند که افزایش دمایی بین ۱/۵ و ۳/۵ درجه سلسیوس منجر به کاهش عملکرد محصول بین ۱۶ تا ۱۹ درصد می‌شود. هوانگ و همکاران (Hwang et al., 2010) تأثیر تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات کشاورزی را با در نظر گرفتن بارندگی فصلی و طول دوره رشد به عنوان پارامترهای اقلیمی و قیمت محصولات را به عنوان پارامتر اقتصادی در نظر گرفته و با استفاده از مدل خود همبستگی، رابطه‌ای را برای پیش‌بینی تأثیر تغییر اقلیم بر محصولات کشاورزی به دست آورد.

آشکارسازی تغییر اقلیم

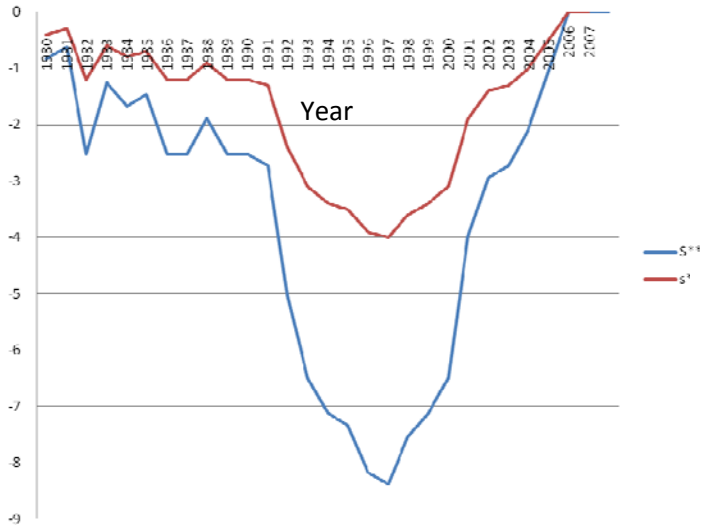
در این تحقیق از برخی از آزمون‌های آماری پیشنهادی سازمان هواشناسی بین‌المللی (WMO[1]) برای بررسی رخداد تغییر اقلیم، استفاده شده است که این آزمون‌ها شامل آزمون همگنی انحرافات تجمعی، آزمون تعیین روند من-کندال و آزمون تعیین جهش من-ویتنی می‌باشند.

آزمون‌های همگنی انحرافات تجمعی و من-کندال برای داده‌های

1- World Meteorological Organization

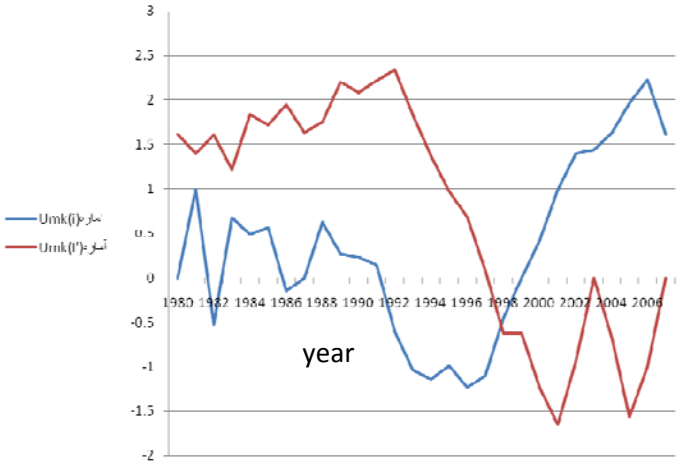
سری زمانی بارش، دمای کمینه و بیشینه انجام شد که با توجه به شکل‌های زیر داده‌های دمای بیشینه دارای ناهمگنی است. با بررسی-های انجام شده این ناهمگنی به علت عوامل طبیعی بود. در ادامه با انجام آزمون من-کندال بر متغیر دمای بیشینه، نتیجه گرفته شد که پارامتر دمای بیشینه دارای روند معنی‌دار می‌باشد که این نتیجه‌گیری با آزمون من- ویتنی نیز مورد بررسی قرار گرفت که نتیجه این آزمون هم جهش در میانگین دمای بیشینه در سال ۱۹۹۷ را تأیید نمود.

در شکل ۱ مقدار آماره انحراف تجمعی (S*K و S**K) برای دمای کمینه ایستگاه بجنورد در دوره زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۷ میلادی رسم گردید. در این شکل، مشاهده می‌شود که یک کمینه در اواسط محور افقی به وجود آمده و نمودارهای رسم شده در دو انتها همدیگر را قطع کرده‌اند که با توجه به عدم تغییر در metadata ایستگاه نشان‌دهنده وقوع ناهمگنی در این ایستگاه در حدود سال ۱۹۹۷ میلادی می‌باشد. علت وقوع این ناهمگنی می‌تواند به پدیده تغییر اقلیم در این منطقه مرتبط باشد. با بررسی متادیتای ایستگاه مشخص شد که هیچگونه تغییر مکان و یا تغییر اساسی در محیط اطراف ایستگاه انجام نشده است و عملاً این ناهمگنی گویای تغییر اقلیم می‌باشد.



شکل ۱- سری انحراف تجمعی دمای میانگین کمینه ایستگاه بجنورد

Fig. 1- Diagram of Cumulative deviation Seri for minimum mean temperature of Bojnourd station



شکل ۲- شکل آماره‌های Umk(i) و Umk(i') مربوط به دمای کمینه سالانه بجنورد

Fig. 2- Diagram of Umk(i) and Umk(i') of yearly minimum temperature in Bojnourd

شکل آماره‌های آزمون من‌کندال (Umk(i) و Umk(i')) برای پارامتر دمای کمینه ایستگاه بجنورد در دوره آماری ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۷ در شکل ۲ آمده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، دو شکل یکدیگر را در سال ۱۹۹۸ میلادی قطع نموده‌اند که این امر نشان‌دهنده وقوع ناهمگنی در این سال بوده و به نوعی نتیجه آزمون قبل را تأیید می‌کند. همچنین مقدار بیشینه آماره آزمون حدود ۲/۵ است که وجود روند در سری زمانی این پارامتر را در سطح معنی‌داری پنج درصد تأیید می‌نماید.

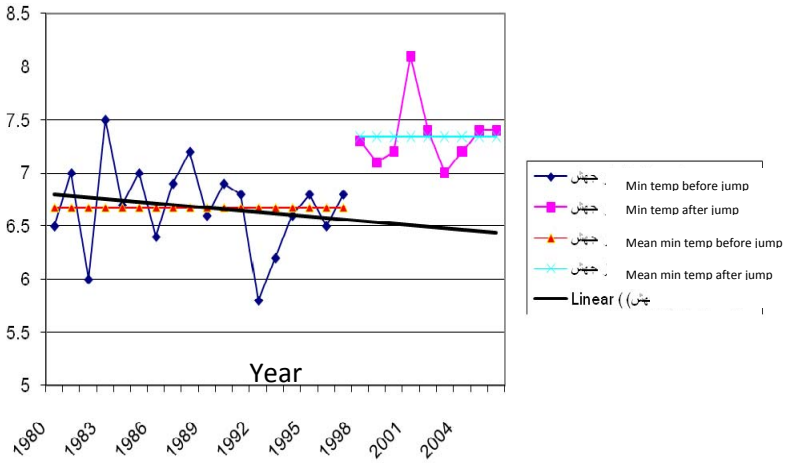
برای تعیین این‌که در سری زمانی پارامترهای اقلیمی ایستگاه بجنورد جهش به وقوع پیوسته، از آزمون من‌ویتنی استفاده گردید. این آزمون ناپارامتریک برای مقایسه دو دسته داده به کار می‌رود و برای تعیین جهش در سری زمانی داده‌های اقلیمی به کار رفته است (Rahimzade, 2011). نتایج بدست آمده نشان داد که تنها در سری زمانی دمای کمینه این جهش به صورت معنی‌دار رخ داده است و زمان وقوع آن سال ۱۹۹۹ میلادی می‌باشد. شکل ۳ جهش در سری زمانی دمای کمینه را تأیید می‌نماید.

نتایج مدل اقلیمی

برای پیش‌بینی مقدار عملکرد گندم دیم، ابتدا نیاز به پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی در سال‌های آتی است. بنابراین مقدار دمای کمینه، دمای بیشینه و بارندگی بجنورد برای سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ میلادی از خروجی مدل اقلیمی REGCM و ریزمقیاس‌نمایی آن با مدل LARS-WG استخراج گردید. روند مقادیر پیش‌بینی‌شده این سه عنصر اقلیمی در شکل‌های ۴ تا ۶ آمده است که نشان می‌دهد عناصر اقلیمی دمای کمینه و بیشینه روند خطی افزایشی داشته در حالی‌که بارندگی دارای روند خطی کاهشی می‌باشد.

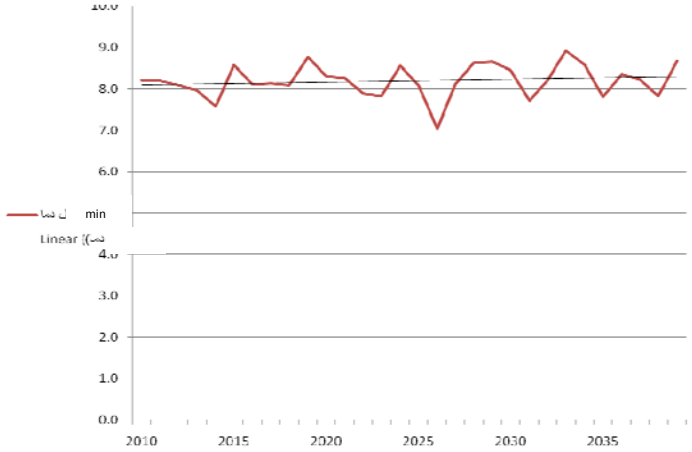
شکل تغییرات دمای کمینه بجنورد در سال های ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۹ میلادی در شکل ۶ آمده است. مشاهده می‌شود که محدوده تغییرات این عنصر اقلیمی بین ۷ تا ۹ درجه سانتی‌گراد بوده و نحوه تغییرات زمانی آن به شکل تقریباً متناوب می‌باشد. روند تغییرات این عنصر با گذشت زمان صعودی بوده و به تدریج افزایش می‌یابد. در مقایسه با تغییرات رخ داده در دمای کمینه طی ۳۰ سال گذشته، مشاهده شد که مقدار میانگین دمای کمینه از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۹ میلادی حدود یک درجه افزایش یافته ولی میزان پراکندگی یا انحراف معیار آن کاهش یافته است که این مسأله علاوه بر نشان دادن افزایش دمای جهانی، روند معتدل‌تر شدن آب و هوای این منطقه را نشان می‌دهد. همچنین شیب روند خطی شکل دمای کمینه در ۳۰ سال آینده (بر اساس نتایج مدل LARS) نسبت به ۳۰ سال گذشته کمتر شده است که این مسئله به نوعی تأثیر این عنصر اقلیمی را در ایجاد تغییر در عملکرد محصول گندم کم‌رنگ‌تر می‌کند.

شکل تغییرات دمای بیشینه بجنورد در سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۹ میلادی در شکل ۵ نشان داده شده است. دامنه تغییرات این پارامتر بین ۲۰ تا ۲۲ درجه بوده و شکل تغییرات آن به صورت موجی نامنظم می‌باشد.



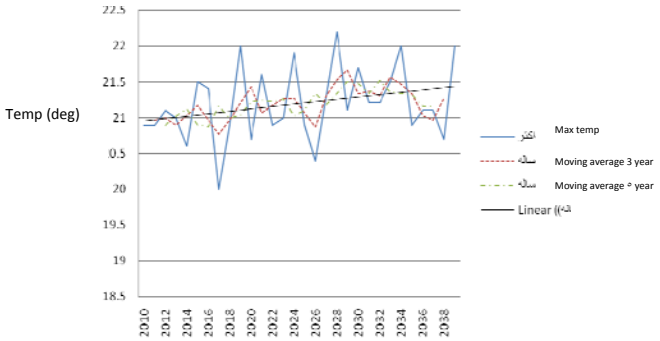
شکل۳- جهش ایجاد شده در شکل دمای کمینه ایستگاه بجنورد

Fig. 3- Jumping in the diagram of minimum temperature of Bojnourd station



شکل ٤- روند مقادیر پیش‌بینی کمینه دمای بجنورد

Fig. 4- Trend of forecast for minimum temperature of Bojnourd

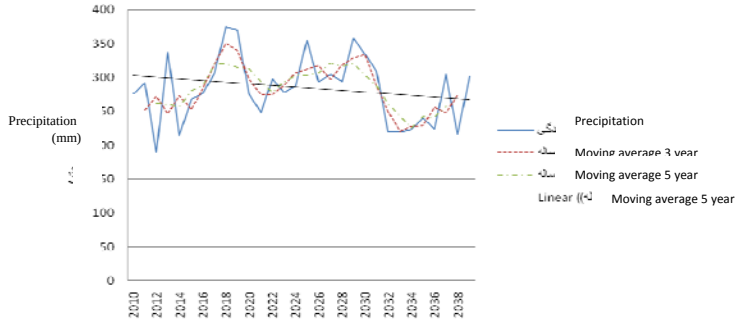


شکل ٥- روند مقادیر پیش‌بینی بیشینه دمای بجنورد

Fig. 5- Trend of forecast for maximum temperature of Bojnourd

روند خطی این عنصر اقلیمی در طی سال‌های آتی صعودی بوده و مقدار آن در سال‌های آینده افزایش می‌یابد. در مقایسه با سری زمانی دمای بیشینه در ۳۰ سال گذشته، مقدار میانگین ۳۰ سال آینده بیش از یک درجه سلسیوس افزایش یافته است، ولی مقدار انحراف معیار آن تفاوت چندانی با گذشته ننموده است. این امر گرم‌تر شدن تدریجی این منطقه را نشان داده و به نوعی بر ادامه روند فعلی افزایش دما در منطقه دلالت دارد.

مقدار پیش‌بینی شده پارامتر بارندگی سالانه بجنورد برای سال-های ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۹ میلادی در شکل ۶ آمده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، دامنه تغییرات این پارامتر بین ۲۰۰ تا ۳۸۰ میلی‌متر بوده و شکل تغییرات آن به صورت نامنظم می‌باشد. روند تغییرات این پارامتر نزولی بوده و نشانگر کاهش این پارامتر به گذشت زمان است. اگر مقادیر بدست آمده بارش از مدل عددی پیش‌بینی اقلیمی را با مقادیر ۳۰ سال گذشته مقایسه کنیم، مشاهده می‌شود که مقدار میانگین این پارامتر نسبت به گذشته حدود ۵۰ میلی‌متر افزایش یافته است و مقدار انحراف معیار این پارامتر نیز نسبته به گذشته اندکی افزایش پیدا نموده است که این می‌تواند نمایانگر نامنظم‌تر شدن وقوع پدیده بارش در منطقه باشد که خود از نشانه‌های وقوع تغییر اقلیم است. در مورد روند تغییرات زمانی بارش، می‌توان گفت که یک اختلاف عمده بین گذشته و آینده در این منطقه وجود دارد و آن وجود روند افزایشی میزان بارش در ۳۰ سال گذشته و روند میزان کاهشی در ۳۰ سال آینده در این منطقه است. با این حال، در شکل ۶ مشاهده می‌شود که روند ۲۰ سال اول پیش‌بینی افزایشی بوده (۷۵ میلی‌متر) و این مقدارکاهش بارندگی در ۱۰ سال انتهایی دوره پیش‌بینی (۱۰۰ میلی‌متر) است که مقدار روند را برای کل دوره پیش‌بینی، کاهشی می‌نماید و این مورد می‌تواند ناشی از خطای مدل باشد.



شکل ٦- روند مقادیر پیش‌بینی بارندگی بجنورد
Fig. 6- Trend of forecast for precipitation of Bojnourd

جدول ۱- نتایج تخمین تابع عملکرد
Table 1- Results for estimation of yield function

پارامترهای مدل Model parameters	مقدار ضریب Coefficient amount	مقدار t Amount of t
عرض از مبدأ Intercept	5.7	(1.3) **
لگاریتم دمای بیشینه Log of max temperature	0.95	(0.76) ***
لگاریتم مقدار بارش Log of precipitation	0.14	(2.04) *
لگاریتم دمای کمینه Log of min temperature	0.95	(0.69)***
لگاریتم سطح زیر کشت Log of surface tillage	0.21	(2.1)*

اعداد داخل پرانتز نشان دهنده مقدار t است.
Data in parentheses shows the amount of t.
*، ** و ***: به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱، ۵ و ۰/۱ درصد
*,**,***: significant at 5%, 1% and 0.1%, respectively

نتایج مدل اقتصادی

برای تعیین ضرایب معادله عملکرد گندم دیم بر حسب پارامترهای اقلیمی و انجام آزمون‌های صحت‌سنجی معادله به دست آمده از نرم‌افزار EVIEWS استفاده گردید که نتیجه آن در جدول ۱ آمده است. برای تکمیل معادله مورد استفاده در مدل اقتصادی، سطح زیر کشت و یک متغیر موهومی برای اعمال خشکسالی به متغیرهای دیگر اضافه گردیده است و ایستایی متغیرهای مورد بررسی با استفاده از آزمون دیکی فولر تعمیم یافته انجام پذیرفت.

نتایج بررسی جمله اخلال معادله تخمین زده شده نشان می‌دهد که از درجه صفر ایستاست. در نتیجه همگرایی معادله فوق تأیید شده و ضرایب قابل اطمینان هستند.

با توجه به نتایج بالا می‌توان گفت که شاید بهترین مدل برای برازش پارامترهای اقلیمی بر روی عملکرد، استفاده از مدل لگاریتمی است که حاصل نتایج تخمین آن به صورت زیر است:

معادله (۱)

$$lnyw = 5.7 - 0.20lnaw + 0.14lnp - 0.13lntmin + 0.95lntmax - 0.9D$$

در معادله (۱)، پیشوند ln: تابع لگاریتم نپری و پارامترهای yw: عملکرد گندم دیم، aw: مساحت زیر کشت گندم دیم، p: مقدار بارندگی، tmin: دمای حداقل، tmax: دمای حداقل و D: وجود یا عدم وجود خشکسالی می‌باشد.

تخمین زده شده است که معناداری کل معادله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است، یعنی به احتمال ۹۹ درصد صحت مدل مورد تأیید است. از آن‌جایی که اثر اقتصادی پارامترهای اقلیمی بر درآمد کشاورزان تأثیر می‌گذارد، با استفاده از پارامتر درآمد به عنوان متغیر وابسته و عملکرد و قیمت گندم و جو (محصول رقیب) و هزینه تولید و متغیر زمان به عنوان متغیرهای مستقل تابع درآمد در جدول ۲ تخمین زده شد:

جدول ۲- نتایج تخمین تابع درآمد

Table 2- Results for estimation of income function

مقدار t Amount of t	مقدار ضریب Amount of coefficient	پارامترهای مدل Model parameters
(-0.49)***	0.92	عرض از مبدأ Intercept
(6.12)*	0.89	لگاریتم عملکرد گندم دیم Log of rain fed wheat yield
(-0.42)*	0.15	لگاریتم قیمت جو Log of barley cost
**(2.66)	0.94	لگاریتم قیمت گندم Log of wheat cost

اعداد داخل پرانتز نشان دهنده مقدار t است.

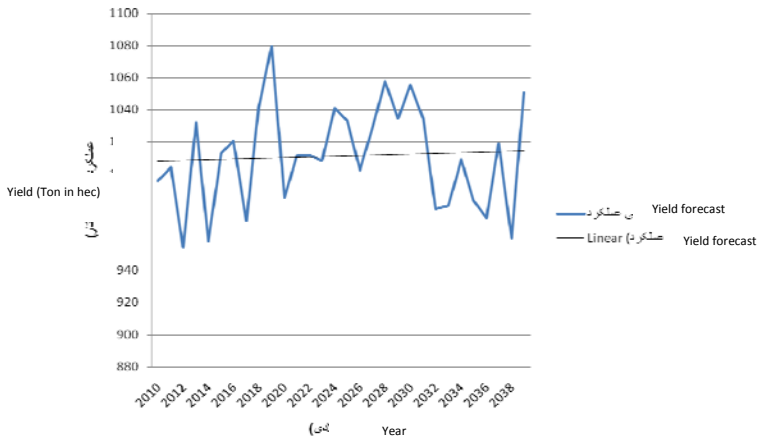
Data in parentheses shows the amount of t.

*، ** و ***: به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱، ۵ و ۰/۱ درصد

*,**,***: significant at 5%, 1% and 0.1%, respectively

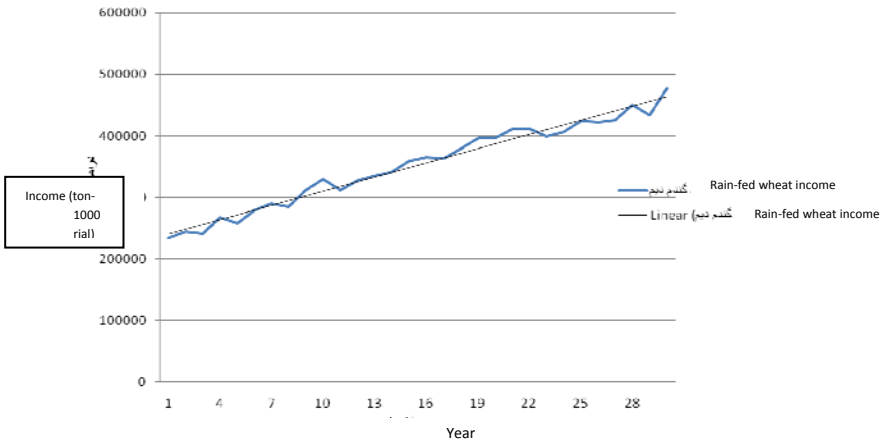
نتایج بررسی جمله اخلال معادله تخمین زده شده، نشان می‌دهد که از درجه صفر ایستاست. در نتیجه همگرایی معادله فوق تأیید شده و ضرایب قابل اطمینان هستند. بر اساس معادلات به دست آمده و نتایج خروجی مدل پیش‌بینی عددی اقلیمی برای ۳۰ سال آینده، مقدار عملکرد محصول و درآمد برای سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ میلادی پیش‌بینی گردید. در محاسبه این مقادیر، سطح زیر کشت گندم دیم ثابت فرض شده و میزان قیمت گندم و جو و همچنین هزینه‌های کشت بر اساس نرخ تورم موجود تخمین زده شد.

مقادیر پیش‌بینی شده عملکرد گندم دیم در منطقه خراسان شمالی در شکل ۷ نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود مقادیر پیش‌بینی شده بین ۹۶۰ تا ۱۰۸۰ تن در هکتار بوده و شکل تغییرات آن به صورت نامنظم می‌باشد. همچنین روند تغییرات آن صعودی بوده که نشان دهنده افزایش عملکرد گندم دیم در سال‌های آتی می‌باشد. اگر این شکل را با شکل پیش‌بینی بارش مقایسه کنیم، می‌بینیم که شکل تغییرات دو شکل تقریبا مشابه است که این تأثیر زیاد بارش بر عملکرد کشت گندم دیم را نشان می‌دهد و این امری آشکار در کشت به روش دیم است و به نوعی صحت معادله را نشان می‌دهد. با این حال، بر خلاف بارندگی، مقدار عملکرد روند افزایش را داشته که این امر می‌تواند به دلیل تأثیر افزایش دمای بیشینه و به تبع آن کاهش طول دوره رشد گندم باشد.



شکل ۷- پیش‌بینی عملکرد گندم دیم در خراسان شمالی

Fig. 7- Yield forecasting for rain fed wheat in Northern Khorasan



شکل ۸- پیش‌بینی درآمد گندم دیم در خراسان شمالی

Fig. 8- Forecasting of rain fed wheat income in Northern Khorasan

با توجه به این که مقدار سطح زیر کشت برای دوره پیش‌بینی ثابت فرض شده است، بنابراین تمام تغییرات به وجود آمده به تغییر اقلیم منطقه وابسته خواهد بود. افزایش عملکرد گندم دیم طی سال-های آتی می‌تواند نشان‌دهنده سازگاری این محصول با تغییرات اقلیمی آینده در منطقه خراسان شمالی باشد.

مقادیر پیش‌بینی شده درآمد گندم دیم در خراسان شمالی در سال‌های آتی نیز در شکل ۸ آمده است. برای محاسبه مقادیر پیش-بینی درآمد گندم دیم، مقدار قیمت گندم و جو در ۳۰ سال آینده با نرخ تورم فعلی پیش‌بینی نموده و مقادیر به دست آمده به همراه مقدار پیش‌بینی شده عملکرد در معادله درآمد جاگذاری گردید. تغییرات این پارامتر بسیار نزدیک به حالت خطی بوده و از ۲۰۰۰۰۰ تن هزار ریال تا ۵۰۰۰۰۰ تن هزار ریال تغییر می‌کند. روند تغییرات این پارامتر نیز صعودی بوده و نشان دهنده افزایش درآمد حاصله از کشت این محصول در سال‌های آینده می‌باشد. البته تأثیر نرخ تورمی قیمت گندم و افزایش عملکرد بیشترین تأثیر را در افزایش درآمد گندم دارند که با توجه به نرخ شیب تندتر قیمت گندم، تأثیر آن را می‌توان بیشتر دانست. نوسانات موجود در شکل پیش‌بینی درآمد را می‌توان به نوسانات عملکرد مرتبط دانست که با توجه به تأثیر مستقیم تغییرات اقلیمی، این نوسانات را می‌توان به نوسان اقلیمی در منطقه نسبت داد. نتایج به دست آمده در این تحقیق ممکن است با نتایج به‌دست آمده از تحقیقات دیگر در مورد اثرات تغییر اقلیم متفاوت باشد که این تفاوت می‌تواند ناشی از تفاوت در طول دوره اقلیمی، تفاوت در منطقه مورد مطالعه، تفاوت در کمیت‌های مورد استفاده و ایستگاه‌ها، و تفاوت در اهداف اقتصادی مدل‌های مورد استفاده باشد. ذکر این مورد نیز ضروری است که منطقه مورد مطالعه کاملا منحصر بفرد بوده که بین دو ارتفاع قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری

پس از بررسی نتایج به دست آمده از محاسبات و تحلیل آماری داده‌ها، موارد زیر به عنوان نتیجه تحقیق ارائه می‌گردد:

پدیده تغییر اقلیم باعث ایجاد ناهمگنی در داده‌های طبیعی می-شود و این عدم همگنی، اغلب از وجود روندهای دراز مدت در این داده‌ها می‌باشد. بنابراین، بهتر است برای بررسی وجود روند در یک-سری زمانی که ممکن است به علت وقوع پدیده تغییر اقلیم باشد، ابتدا همگنی آن سری مورد بررسی قرار گیرد که در این تحقیق به این موضوع پرداخته شد و نتایج بدست آمده نشان دادند سری‌های زمانی ناهمگن دارای روند معنی‌دار هستند. بنابراین وقوع تغییر اقلیم در منطقه خراسان شمالی با احتمال بالای آماری آشکارسازی گردید.

بررسی دو مورد آماری دیگر، یعنی وجود روند و جهش در سری زمانی پارامترهای اقلیمی منطقه خراسان شمالی نشانه دیگری از وقوع تغییر اقلیم در این منطقه بود که بر نتیجه به دست آمده در بالا صحه می‌گذارد. همچنین استفاده از خروجی مدل‌های عددی پیش‌بینی بلندمدت اقلیمی در این منطقه، افزایشی یا کاهشی بودن روند تغییرات پارامترهای اقلیمی را مورد تأیید قرار می‌دهد.

در این تحقیق نشان داده شد که میزان عملکرد گندم با پارامترهای اقلیمی دمای کمینه و بیشینه و بارندگی سالانه در منطقه

مورد کشت همبستگی دارد کـه بـرای منطقـه خراسـان شـمالی ایـن همبستگی به صورت لگاریتمی دارای سطح معنی‌داری مناسـبی مـی-باشد.

رابطه میان میزان درآمد حاصل از کشت گندم دیم با عملکـرد و قیمت‌های جو و گندم نیز بررسی و رابطه‌ای برای آن به دست آمد که ارتباط میان درآمد و پارامترهای اقلیمی را به واسـطه عملکـرد نشـان می‌دهد.

با توجه بـه بـالابودن سـهم دمـای بیشـینه در رابطـه عملکـرد و همچنین روند افزایشی آن با توجه به پیش‌بینی اقلیمی، میزان عملکرد و بالطبع میزان درآمد کشت گندم دیم در منطقه مورد مطالعه افـزایش می‌یابد.

منابع

Ghasemi, F., Mahdia, I., Belloumi, M., Sousse, I. 2011. Climate change impacts on wheat yields in Tunisia: An econometric analysis" politics and economics development, ERF 17thConference, Renaissance beach resort & Spa, Turkey, 20-22 March 2011, p. 123-141.

Haixiao Huang, H., and Madhu Khanna, M.2010. An Econometric Analysis of U.S. Crop Yield and Cropland Acreage: Implications for the Impact of Climate Change, Agricultural and Applied Economics Association, Agricultural & Applied Economics Association 2010, AAEA, CAES, & WAEA Joint Annual Meeting, Denver, Colorado, July 25-27, 2010, p. 325-356

Kamali, G.A, and Koocheki, A. 2005. Potential impacts of climate change on agro climatic indicators in Iran. Arid land research and management 20: 245-259.

Kamali, G.A, and Nassiri, M. 2005. Potential impact of climate change on rainfed wheat production in Iran. Agronomy and Soil Science 52: 113-124.

Kazemizad, M. 1998. Determining the best time and region for rain-fed wheat in West Azerbaijan based on temperature and precipitation, MSc Thesis, Tarbiat Moallem University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Nadjafi, H., Chizari, A.H., and Kamali, G.A. 2009. Study on economic effect of climate change on rain-fed wheat (Case study: Maraghe), MSc Thesis, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Nigol, S. 2008. Assessing relative performance of econometric models in measuring the impact of climate change on agriculture using spatial autoregression. Southern Regional Science Association 38(2): 195–209.

Ortiz R. 2008. Climate change: can wheat beat the heat? Agriculture Ecosystem & Environment 46-58.

Rahimzade, F. 2011. Statistical methods in meteorological and climatological study, Seyed Bagher Hosseini Publication. (In Persian)

Richter, G.M., and Semenov, M.A. 2005. Modeling impacts of climate change on wheat yields in England and Wales: assessing drought risks. Agricultural Systems 85(1): 77-97.

Seyed Sajidin, H. 2007. Prospects for wheat production under changing climate in mountain areas of Pakistan– An econometric analysis. Agricultural Systems 94: 494-501.

Vaseghi, E., and Esmaeeli, A.K. 2008. Study of economical effect of climate change on Iran's agriculture (Case Study: wheat), Agricultural science and technology 45: 685-696.

Zarin, A. 2000. Modeling of rain-fed wheat yield according to agricultural climatology criteria in West Azerbayjan, MSc Thesis, Tarbiat Modarres University. Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)