علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره ده، دی ماه ۹۹

اثر تغییر اقلیم بر کاربری اراضی و عملکرد بخش کشاورزی استان مازندران

علیرضا کیخا[1*]

alirezakeikha@uoz.ac.ir

احمد خانلری[2]

احمد علی کیخا[3]

محمود صبوحی[4]

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۱۶ **تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۳۱**

چکیده

زمینه و هدف: تغییر اقلیم معضل امروز و بحران فردا است. در این تحقیق اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات منتخب و کاربری اراضی در چهار ناحیه از استان مازندران مورد مطالعه قرارگرفت.

روش بررسی: برای این منظور ابتدا روند تغییرات سری زمانی متغیرهای دما و بارش طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۶۰ مورد مطالعه قرارگرفت. هم‌چنین با استفاده از تحلیل های رگرسیونی اثر متغیرهای متوسط دمای سالانه و بارش سالانه به عنوان شاخص‌های تغییر اقلیم بر عملکرد و سطح زیرکشت محصولات گندم، جو و برنج در سال‌های زراعی ۱۳۹۰-۱۳۶۰ مورد بررسی واقع گردید. در مرحله بعد با استفاده از نتایج تحلیل رگرسیونی و لحاظ نمودن آن‌ها در مدل برنامه ریزی ریاضی مثبت PMP، اثر سناریوی ۱ درجه افزایش دما و ۱ میلی‌متر کاهش بارش بر کاربری اراضی و عملکرد محصولات کشاورزی تجزیه و تحلیل شد.

یافته ها: نتایج تحلیل های رگرسیونی نشان داد که دمای هوا روند افزایشی محسوس و بارش روند کاهشی تقریباً محسوسی داشته، و تغییر اقلیم اثر معنی‌داری بر عملکرد برنج، گندم و جو دارد. نتایج تحلیل‌های مدل PMP مشخص کرد که کاربری در جهت افزایش کشت اراضی برنج و جو تغییر یافت.

بحث و نتیجه گیری: یافته ها نشان داد که اثر تغییر اقلیم بر همه محصولات الزاماً منفی نیست و لذا می‌توان به جنبه‌های مثبت تغییر اقلیم نیز توجه داشت و از آن در جهت بهره‌برداری بهینه از منابع و امکانات منطقه استفاده کرد

واژه های کلیدی : برنامه ریزی ریاضی مثبت، تغییر اقلیم، کاربری اراضی، مازندران.

۱- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل، ایران.*(مسوول مکاتبات)

۲- کارشناس ارشد اقتصاد کشاورزی، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۳- دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۴- استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.10, January, 2021

The effect of climate change on land usage and agricultural sector performance in Mazandaran province

Alireza Keikha[1]*
alirezakeikha@uoz.ac.ir
Ahmad Khanlary[2]
Ahmad Ali Keikha[3]
Mahmood Sabouhi[4]

Admission Date:August 22, 2015 Date Received: November 7, 2014

Abstract

Background and Objective: Climate change is today's problem and tomorrow's crisis. In this study, the effect of climate change on selected products and land usage was investigated in four regions in Mazandaran province.

Method: Firstly, time series variables of temperature and rainfall were examined during 1981-2012. Also we study the effect of annual mean temperature and rainfall, as the proxies of climate change, on the performance of under-cultivation wheat, barley and rice farms by using regression analysis from 1981 to2012. In the next step, the scenario effect of increasing 1-degree temperature and deceasing 1-mm precipitation on land usage and performance of agricultural crops were analyzed using regression analysis and considering them in Positive Math Programming model (PMP).

Findings: The results of regression analysis showed that there was a noticeable temperature increase and rainfall decrease. In addition, they showed that climate change has a significant effect on wheat, barley and rice performance.

Discussion and Conclusion: The results of PMP model analysis showed a change in land use to increase rice and barley cultivation. The findings show that the climate change effect is not necessarily negative on all crops, so we can pay attention to the positive effects as well and utilize them in optimum exploitation of resources and the region's facilities.

Keywords: Positive mathematical programming, climate change, land use, Mazandaran.

1- Assistant professor at department of agricultural economics, university of Zabol, Zabol, Iran.* (Corresponding Author)
2- Ms of agricultural economics, department of agricultural economics, university of Zabol, Zabol, Iran.
3- Associated professor of agricultural economics, department of agricultural economics, university of Zabol, Zabol, Iran
4- Professor of agricultural economics, ferdowsi university Mashhad, Mashhad, Iran.

مقدمه

عوامل مختلفی باعث بر هم خوردن شرایط حاکم بر اجزای مختلف سیستم اقلیم کره زمین می‌شود که می‌تواند تاثیراتی را بر اجزای دیگر بگذارد. این عوامل شامل عوامل داخلی ناشی از کنش های متقابل بین اجزای سیستم اقلیم و عوامل خارجی طبیعی ناشی از تابش خورشیدی، فعالیت های آتشفشانی و افزایش غیرطبیعی گازهای گلخانه‌ای می‌باشند. بررسی وضعیت انتشار این گازها نشان می دهد که پس از انقلاب صنعتی در نیمه قرن ۱۸، به دلیل افزایش روزافزون صنایع و به واسطه آن افزایش استفاده از سوخت های فسیلی، توازن مقادیر گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر زمین برهم خورده و مقادیر آن به‌خصوص میزان گاز دی اکسید کربن افزایش یافته است. این افزایش سبب می‌شود تا امواج مادون قرمز ساطع شده به زمین بیش از پیش توسط گازهای گلخانه‌ای جذب شده و باعث گرم‌تر شدن اتمسفر کره زمین شود. گرمتر شدن کره زمین نیز به نوبه خود بر وضعیت اجزای دیگر سیستم اقلیم تاثیر گذاشته و پدیده تغییر اقلیم را موجب می‌گردد (۱). به‌طور کلی می‌توان گفت که پدیده تغییر اقلیم متاثر از دو عامل دما و میزان بارش است که با تغییر هر یک از این عوامل، تغییرات آب و هوایی اتفاق می‌افتد و به دنبال آن چگونگی زندگی انسان ها نیز تغییر می‌کند و یکی از مهم‌ترین اثرات آن آسیب های ایجاد شده در بخش کشاورزی است (۲). امروزه بررسی تغییرات اقلیم، یک موضوع تمام عیار جهانی شده است. تغییر جهانی اقلیم موضوعی است که در طی چند دهه گذشته توجه متخصصین و پژوهش‌گران را در کشورهای مختلف جهان به خود جلب کرده است (۳). حاصل این مطالعات انتشار مقالات و کتاب های متعدد در مورد علل تغییر اقلیم و پی آمد های ناشی از آن می باشد. با وجود این و علی رغم اهمیت تغییرات جهانی اقلیم، منابع علمی موجود در ایران که به نحوی با اثرات این پدیده مرتبط باشد بسیار اندک است. شواهد حاکی از آن است که تلاش های بسیاری جهت اندازه گیری اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصول صورت گرفته است و بیش‌تر این مطالعات بر مبنای مدل های گردش عمومی و مدل های رگرسیونی در قالب تابع تولید مطرح شده اند(۴). لازم به یادآوری است که برآورد اثر اقلیم بر عملکرد محصولات و اراضی کشاورزی هدف اصلی این مقاله است که از اهمیت بیش‌تری برخوردار بوده و معدود مطالعات داخلی و خارجی این پدیده را با مدل های رگرسیونی و تابع تولید، مورد بررسی قرار داده‌اند.

بر اساس مطالعه‌ی واثقی و اسماعیلی، با استفاده از روش ریکاردین[1] به اندازه‌گیری اثرات اقتصادی تغییر اقلیم بر تولید محصول گندم در ایران و اثرات تغییر اقلیم بر درآمد خالص پرداختند. نتایج نشان داد که متغیرهای اقلیمی آثار معنی داری بر درآمد خالص به ازای هر هکتار کشت گندم دارند. هم‌چنین، افزایش دما و کاهش بارندگی تا ۱۰۰ سال آینده (به علت افزایش انتشار گازهای گل‌خانه ای) باعث ۴۱ درصد کاهش در بازده (۷۷۷هزار ریال به ازای هر هکتار) کشت گندم در کشور می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر اثر تغییر اقلیم روی محصولات کشاورزی آفریقای جنوبی در قالب یک الگوی ریکاردین بررسی شد. در این راستا برای پذیرش کشاورزان به تغییر اقلیم، یک رگرسیون از درآمد خالص روی متغیرهای اقلیمی و غیراقلیمی برآورد گردید.در این مطالعه در نهایت اثر چهار سناریوی اقلیمی (با توجه به دو برابر شدن Co2) روی رانت زمین برآورد شد. نتایج نشان داد که تولید به تغییر نهایی دما نسبت به بارندگی بیش‌تر حساس است (۵). طی مطالعه‌ای در کشور سوییس با به‌کارگیری روش جامع که از داده‌های شبیه سازی شده زیست محیطی در مدل اقتصادی استفاده شده به تجزیه و تحلیل اثر اقلیم بر تولید محصولات ذرت و گندم زمستانه پرداخته شد. نتایج نشان داد که فعالیت کشاورزان و عملکرد محصولات به تغییر اقلیم و قیمت محصولات حساس است (۶). در مطالعه‌ای دیگر درکشور لهستان ، پیامدهای تغییرات اقلیم با تأکید بر دوران نامطلوب بر تولید کشاورزی طی سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۵۱ بررسی شد. نتایج مشخص نمود که درجه حرارت بالای تابستان به همراه بارندگی نامناسب موجب بروز دوره‌های خشک و نیز خشک‌سالی‌های متوالی طی دو دهه آخر قرن

1- Ricardian Method

بیستم شده و این امر باعث کاهش دوره رشد و در نتیجه کاهش میزان تولید محصول غلات شده است (۷). طی تحقیقی با استفاده از مدل زراعی-اقتصادی[1] و تحت دو سناریو" آزاد سازی کامل" و "حفاظت کامل"، اثر تغییرات اقلیم بر درآمد کشاورزان منطقه دانوب (جنوب آلمان)[2] بررسی شد. نتایج نشان داد که درآمد کشاورزان در سناریو آزادسازی کامل به-شدت کاهش می‌یابد. سناریوهای "آزادسازی کامل" شامل افزایش قابل توجه درجه حرارت و "حفاظت کامل" شامل افزایش درجه حرارت در حد متوسط بود (۸). در ادامه لازم به ذکر است که بررسی اثر اقلیم بر محصولات کشاورزی با استفاده از مدل رگرسیونی و مدل برنامه ریزی ریاضی، برای نخستین بار در این مطالعه صورت گرفت. هم‌چنین 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 به‌ویژه ایران به تغییر اقلیم آسیب پذیرتر می‌باشد، زیرا این کشورها نسبت به تغییر تکنولوژی و سرمایه انعطاف پذیری پایین تری دارند. منطقه مطالعاتی در تحقیق حاضر استان مازندران می‌باشد که اقلیم آن شامل معتدل خزری و آب و هوای کوهستانی است. وجود اقلیم‌های سرد و کوهستانی در بخش بزرگی از استان و بروز سرمازدگی و خشکسالی خصوصاً طی ده های اخیر و بهره برداری نامناسب از اراضی کشاورزی، از مشکلات و چالش های اقلیمی در بخش کشاورزی استان است. لذا هدف اصلی مطالعه حاضر بررسی اثر اقلیم به‌خصوص پارامتر های دما و بارش بر کاربری اراضی و عملکرد محصول در استان مازندران است. با این اهداف فرض بر این است که متغیرهای دما و بارش اثر معناداری بر کاربری اراضی و عملکرد محصول دارند.

روش بررسی

در بخش اول مطالعه، با به‌کارگیری روش حداقل مربعات معمولی[3] روند تغییر و معناداری هر یک از متغیرهای دما و بارش را با متوسط عملکرد محصول y_g ، در هر منطقه (رامسر، نوشهر، قایمشهر و بهشهر) طی ۳۰ سال یعنی ۱۳۹۰-۱۳۶۰ با استفاده از بسته نرم افزاری EViews 5 بررسی می‌شود، تا روند تأثیر دو متغیر اقلیمی (دما و بارش) بر متوسط عملکرد محصولات محاسبه و در مرحله بعد جهت بررسی اثر اقلیم بر کاربری اراضی، از سناریویی که توسط مدل رگرسیونی ارایه می شود، در مدل برنامه ریزی ریاضی جهت بررسی اثر تغییر اقلیم بر کاربری اراضی استفاده شد. لازم به ذکر است که منظور از کاربری اراضی در این مطالعه، متغیر تصمیم کشاورز در نوع کشت محصول از بین سه محصول منتخب (برنج، گندم و جو) در این تحقیق می‌باشد. از طرفی جهت بررسی اثر اقلیم بر کاربری اراضی ابتدا اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصول و سپس اثر تغییر عملکرد بر کاربری اراضی بررسی می‌شود که این اثر همان اثر تغییر اقلیم بر کاربری اراضی است.

$$\forall g = 1,....,4 \quad y_g = f\left(T_g, P_g\right) \qquad (۳-۱)$$

در معادله رگرسیونی (۱-۳)، ۴ ناحیه (رامسر، نوشهر، قراخیل قایم‌شهر و بهشهر) می‌باشد. هم‌چنین در رابطه بالا y_g بردارمتوسط عملکرد محصول در ناحیه g، T_g و P_g به ترتیب بردار متوسط دما و بارش سالانه در ناحیه g می‌باشد. با توجه به داده های موجود، بهترین برازش با استفاده از یک مدل اقتصاد سنجی صورت می‌گیرد و بدین ترتیب یک رابطه معنی-داری بین پارامترهای تغییر اقلیم و میزان عملکرد در واحد سطح محصولات به‌دست می‌آید.

$$y = c(1) + c(2) * R + c(3) * T + \left[AR(1) = c(4)\right] \qquad (۳-۲)$$

رابطه (۲-۳)، بهترین برازش را بین متغیرهای دما (T)، بارش (R) و عملکرد (Y) نشان می‌دهد. C1، c2، c3 و c4 ضرایب تابع خودرگرسیونی (۲-۳) هستند. هم‌چنین برای رفع مشکل خودهمبستگی از فرآیند خودرگرسیون مرتبه اول AR(۱) استفاده شد. فرآیند خودرگرسیونی بیان‌گر این است که پیش-بینی متغیر وابسته در زمان t، نسبتی از مقدار آن در زمان (t-1)، به‌علاوه یک شوک تصادفی یا جمله اخلال در زمان t است.

1- Agro-Economic model
2- Danube
3- Ordinary Least Squares (OLS)

برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)

PMP دارای سه مرحله به شرح زیر می‌باشد:

مرحله‌ی اول: محاسبه‌ی قیمت‌های سایه‌ای با استفاده از یک برنامه‌ریزی خطی کمکی

$$Max \quad Z = GM'X \qquad (۳-۳)$$

S. to

$$A\ X \ \le b \qquad [\pi] \qquad (۳-۴)$$

$$X \ \le (X^0 + e) \qquad [\lambda] \qquad (۳-۵)$$

$$X \ \ge 0 \qquad (۳-۶)$$

که در این روابط، Z مقدار تابع هدف است که باید حداکثر شود. X بردار فعالیت‌ها، GM بردار بازده ناخالص (حاصل‌ضرب قیمت در عملکرد منهای هزینه‌های متغیر) محصولات می‌باشد که برای هر فعالیت از طریق رابطه زیر به‌دست می‌آید:

رابطه (۳-۴)، محدودیت منابع و رابطه (۳-۵)، محدودیت واسنجی نام دارد. محدودیت منابع در چهار منطقه مطالعاتی (بهشهر، قایم‌شهر، نوشهر و رامسر)، زمین، آب آبیاری، مواد شیمیایی و سرمایه در نظر گرفته شد. اضافه کردن محدودیت‌های واسنجی باعث می‌شود که جواب بهینه برنامه‌ریزی خطی دقیقاً سطح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه را به دست دهد (۹).

مرحله‌ی دوم: محاسبه‌ی تابع هزینه‌ی غیرخطی واسنجی شده

در مرحله‌ی دوم PMP، مقادیر λ برای به‌دست آوردن یک تابع هزینه‌ی متغیر غیرخطی مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً برای آسانی محاسبه و فقدان دلایل قوی برای انتخاب توابع دیگر، از تابع هزینه متغیر درجه دوم زیر استفاده می‌گردد (۱۰):

$$C^v = d'x + \frac{1}{2}x'Qx \qquad (۳-۸)$$

که در آن:

C^v هزینه‌ی متغیر، d یک بردار (n×1) از فراسنجه‌های مربوط به جزء خطی تابع هزینه، Q یک ماتریس متقارن مثبت معین (n×n) از فراسنجه‌های مربوط به جزء درجه دوم تابع هزینه است. این تابع هزینه‌ی متغیر غیرخطی با این شرط که هزینه متغیر نهایی فعالیت‌ها با مجموع هزینه حسابداری فعالیت‌ها (c) و متغیر دوگان محدودیت واسنجی (λ) برابر باشد، به‌دست می‌آید. بنابراین فراسنجه‌های تابع هزینه بایستی با شرط زیر محاسبه شوند:

$$MC^v = \frac{\partial C^v(x^0)}{\partial x} = d + Qx^0 = c + \lambda \qquad (۳-۹)$$

در رابطه‌ی (۳-۷)، باید n فراسنجه برای بردار d و به علت متقارن بودن Q، n(n+1)/2 فراسنجه برای Q محاسبه گردند. یعنی در کل باید مقدار عددی n+n(n+1)/2 فراسنجه محاسبه گردد. با این فرض که بردار مشاهده شده هزینه هر واحد فعالیت برابر با هزینه متوسط تابع هزینه متغیر است، آن‌گاه رابطه (۳-۹) را می‌توان با قراردادن $q_{ii} = \frac{2p_i}{x_i^0}$ و $d_i = c_i - p_i$ به‌دست آورد.

مرحله‌ی سوم: ساختن مدل برنامه‌ریزی نهایی

در مرحله‌ی سوم PMP، با استفاده از تابع هزینه‌ی غیرخطی واسنجی شده و محدودیت‌های منابع، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به‌صورت روابط (۳-۱۰) ساخته می‌شود.

$$\text{Max } Z = GM'x - d'x - x'Qx/2$$

S. to

$$Ax \le b \qquad (۳-۱۰)$$

$$x \ge 0$$

جواب این مدل نهایی در شرایط سال پایه، دقیقاً سطوح فعالیت سال پایه خواهد بود و می‌توان با تغییر شرایط و تعریف سناریوهای مختلف با استفاده از این مدل به تحلیل سیاست پرداخت.

محاسبه تابع تولید با کشش جانشینی ثابت

در مدل برنامه ریزی ریاضی استفاده شده در این تحقیق از تابع تولید با کشش جانشینی ثابت به‌صورت رابطه (۳-۱۱) استفاده شد.

$$Y_{gi} = \tau_{gi}\left[\sum_{j}\beta_{gij} D_{gij}^{\rho_i}\right]^{\upsilon/\rho_i} \quad (۳-۱۱)$$

از رابطه (۳-۱۱)، در این مرحله استفاده شد. i محصولات مورد نظر و j نهاده‌ها را نشان می‌دهد و محصولات شامل، گندم، جو و برنج می‌باشد. هم‌چنین در این مطالعه ۴ نهاده زمین، سرمایه، آب و مواد شیمیایی و ۴ منطقه (رامسر، نوشهر، قراخیل قایم-شهر و بهشهر) مورد بررسی قرار می‌گیرد. در رابطه (۳-۱۱)، y_{gi} نشان دهنده میزان محصول i در منطقه g می باشد، از طرفی τ_{gi} پارامتر مقیاس، β_{gij} نشان دهنده سهم هر نهاده در تولید محصول i در منطقه g ، D_{gij} نشان دهنده عوامل تولیدی مصرف شده برای تولید محصول i در منطقهg و σ_i کشش جانشینی محصول i و $\rho_i=(\sigma-1)/\sigma$ می‌باشند. هم‌چنین υنشان دهنده ضریب مقیاس می‌باشد(۱۱).

وارد کردن اقلیم به مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت

دما و بارش بر روی عملکرد و کاربری اراضی (متغیر تصمیم کشاورز در نوع کشت محصول از بین سه محصول منتخب (برنج، گندم و جو) در چهار منطقه (بهشهر، قایم‌شهر، نوشهر و رامسر) در استان مازندران استفاده شد. در ادامه اثر تغییر در عملکرد محصول بر کاربری اراضی بررسی می‌شود که این اثر همان اثر تغییرات اقلیمی بر کاربری اراضی است.

(۳-۱۲)

$$Max = \sum_{g}\sum_{i} yld_{gi} v_{gi} Y_{ig} - \sum_{g}\sum_{i} d'x + 1/2\, x'Qx$$

s.to

$$\forall g = 1,\ldots,4 \qquad Ax_{ig} \le b \quad (۳-۱۳)$$

$$x \ge 0 \quad (۳-۱۴)$$

در رابطه (۳-۱۲)، v_{gi} قیمت هر تن محصول i در منطقه g، yld_{gi} متوسط عملکرد محصول i در منطقه g، x سطح زیرکشت محصولات گندم، برنج و جو در چهار منطقه مطالعاتی و d و Q فراسنجه‌های تابع هزینه غیرخطی هستند. رابطه (۳-۱۳) محدودیت منابع در چهار منطقه مطالعاتی (بهشهر، قایم‌شهر، نوشهر و رامسر)، زمین، آب آبیاری، مواد شیمیایی و سرمایه را نشان می‌دهند. A ماتریس ضرایب فنی و b کل منابع موجود می باشد. اثر اقلیم بر عملکرد در رابطه (۳-۱۲) وارد شده و نتایج حاصل بیان‌گر تغییرات کاربری اراضی است که همان تصمیم کشاورز در انتخاب نوع محصول منتخب از بین سه محصول مورد بررسی می‌باشد.

یافته ها

در این تحقیق، همان‌طور که پیش‌تر نیز عنوان شد، از روش حداقل مربعات معمولی جهت بررسی روند تغییر، معناداری و اثر هر یک از متغیرهای دما و بارش بر متوسط عملکرد محصول در چهار منطقه مطالعاتی استفاده شد.نتایج این مطالعه نشان داد که تغییر اقلیم در شهرستان های مورد مطالعه استان مازندران (بهشهر، قایم‌شهر،نوشهر و رامسر) تاثیر معنی‌داری بر عملکرد محصولات برنج، گندم و جو داشته است. در منطقه رامسر متغیرهای بارش سالانه و متوسط دمای سالانه بر عملکرد برنج و جو اثر مثبت و بر عملکرد گندم اثر منفی نشان دادند. متغیرهای بارش سالانه و متوسط دمای سالانه در منطقه نوشهر، دارای اثر منفی بر عملکرد گندم و اثر مثبت بر عملکرد برنج و جو دارد، هم‌چنین متغیرهای بارش سالانه و متوسط دمای سالانه در منطقه قایم‌شهر دارای اثر منفی بر عملکرد محصول گندم و اثر مثبت بر عملکرد محصولات برنج و جو دارد و در منطقه بهشهر، متغیرهای اقلیمی بر عملکرد محصول گندم اثر منفی و بر عملکرد محصول برنج و جو اثر مثبت داشت.

اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصول در رامسر

با توجه به جدول (۱) ملاحظه می‌شود، متغیرهای بارش سالانه اثر منفی و متوسط دمای سالانه نیز در منطقه رامسر دارای اثر منفی بر عملکرد محصول گندم هستند. بر طبق نتایج، با افزایش یک واحد در بارش سالانه، ۰/۱۱ واحد از میزان عملکرد محصول گندم کاسته می‌شود. هم‌چنین افزایش متوسط دما به میزان یک واحد حدوداً ۰/۰۸ واحد عملکرد محصول گندم را کاهش می‌دهد. از لحاظ آماری، متغیر بارش سالانه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود و متغیر متوسط دما در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد. به عبارت دیگر هر دوی این متغیرهااز لحاظ آماری دارای اثر معنی‌داری بر عملکرد محصول گندم هستند. قدرت توضیح‌دهندگی مدل برآورد شده نیز، تقریبا بالا

بوده و $\overline{R}^2$ تابع برآورد شده برابر ۰/۷۲ می‌باشد. به دیگر سخن، متغیرهای بارش سالانه و متوسط دمای سالانه توانسته‌اند ۷۲ درصد از تغییرات متغیر وابسته (عملکرد محصول گندم) را توضیح دهند. هم‌چنین برای رفع خودهمبستگی از فرآیند خودرگرسیون مرتبه اول AR(۱) استفاده شد. فرآیند خودرگرسیونی بیان‌گر این است که پیش‌بینی متغیر وابسته در زمان t، نسبتی از مقدار آن در زمان (t-1) به‌علاوه یک شوک تصادفی یا جمله اخلال در زمان t است. همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، آزمون دوربین واتسون برای تابع گندم ۲/۱ می‌باشد، یعنی خودهمبستگی بین اجزای اخلال مدل وجود ندارد. از طرفی آزمون دوربین واتسون برای توابع محصول برنج و جو نشان دهنده وجود عدم خودهمبستگی می‌باشد. تابع آزمون F معیار اندازه گیری معنی‌دار بودن کلی رگرسیون می‌باشد. همان‌طور که در جدول (۱) مشخص است، برای محصولات گندم و برنج و جو F محاسباتی بزرگ‌تر از F جدول می‌باشد، (F جدول ۲/۱۱ است)، یعنی کل تابع رگرسیونی انجام شده معنی‌دار است. در تابع مربوط به عملکرد محصول جو در منطقه رامسر، ضریب متغیر بارش سالانه برابر ۰/۳۱ و ضریب متغیر متوسط دمای سالانه برابر ۰/۰۶۵ می‌باشد. از طرفی در این تابع رگرسیونی عرض از مبدا برابر ۰/۵۶ است. از لحاظ آماری ضریب متغیر متوسط دمای سالانه و عرض از مبدا در سطح ده درصد معنی دار بوده و ضریب متغیر بارش در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد. ملاحظه می‌شود که با یک واحد افزایش در بارش سالانه، عملکرد محصول به میزان ۰/۳۱ واحد افزایش پیدا می‌کند. این در حالی است که یک واحد افزایش در دمای متوسط سالانه تنها ۰/۰۶۵ واحد عملکرد محصول جو را افزایش می‌دهد. میزان توضیح دهندگی مدل نیز در حد قابل قبولی می‌باشد، به طوری که متغیرهای توضیحی مدل توانسته‌اند حدود ۷۵ درصد از تغییرات متغیر وابسته را توضیح دهند.آخرین تابعی که برای منطقه رامسر برآورد شد، مربوط به عملکرد محصول برنج می‌باشد. در این تابع، ضریب متغیر بارش برابر ۱/۴۵ و ضریب متغیر متوسط دمای سالانه برابر ۰/۱۴ می‌باشد. ضریب هر دو متغیر از لحاظ آماری متفاوت از صفر بوده و دارای اثر معنی‌دار بر عملکرد محصول برنج در منطقه رامسر هستند. ضریب تعیین تعدیل شده این تابع برابر ۰/۸۱ است، به عبارت دیگر مدل تا حدودی دارای قدرت توضیح‌دهندگی بالایی است و ۸۱ درصد از تغییرات متغیر عملکرد محصول برنج توسط دو متغیر بارش سالانه و متوسط دمای سالانه توضیح داده می‌شود.

جدول ۱- اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصول در رامسر

Table 1. the effect of climate change on product performance in Ramsar

متغیر	برنج	جو	گندم
عرض از مبدا	۲/۶	۰/۵۶*	۰/۳۷
بارش	۱/۴۵***	۰/۳۱**	-۰/۱۱**
دما	۰/۱۴***	۰/۰۶۵*	-۰/۰۸***
$\overline{R}^2$	۰/۸۱	۰/۷۵	۰/۷۲
dw	۱/۸	۱/۹	۲/۰۱
F	۱۰۵	۷۳	۳۵
AR	۰/۶۹**	۰/۷۵**	۰/۵۸***

مآخذ: یافته های تحقیق * : معنی دار در سطح ۱۰ درصد ** : معنی دار در سطح ۵ درصد ***: معنی دار در سطح ۱ درصد

اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصول در نوشهر

جدول (۲) اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصول در نوشهر را نشان می دهد.متغیرهای بارش سالانه و متوسط دمای سالانه در منطقه نوشهر دارای اثر منفی بر عملکرد گندم و اثر مثبت بر عملکرد برنج و جو می‌باشند.

جدول۲- اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصول در نوشهر

Table 2. the effect of climate change on product performance in Noshahr

متغیر	برنج	جو	گندم
عرض از مبدا	۱/۵۲	۱/۴۱*	-۱/۷*
بارش	۰/۲۶***	۰/۷۷**	-۰/۲۷**
دما	۱/۲۱**	۰/۰۳**	-۰/۰۴۹
$\overline{R}^2$	۰/۸۵	۰/۹۰	۰/۸۱
dw	۱/۸	۱/۹	۱/۷
F	۵۵	۱۲۷	۳۶
AR	۰/۷۱***	۰/۵۷***	۰/۶***

مآخذ: یافته های تحقیق * : معنی دار در سطح ۱۰ درصد ** : معنی دار در سطح ۵ درصد *** : معنی دار در سطح ۱ درصد

اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصول در قایم‌شهر

جدول (۳) اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصول در قایم‌شهر را نشان می دهد. متغیرهای بارش سالانه و متوسط دمای سالانه در منطقه قایم‌شهر دارای اثر منفی بر عملکرد گندم و اثر مثبت بر عملکرد برنج و جو هستند.

جدول ۳- اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصول در قراخیل قایم‌شهر

Table 3. the effect of climate change on product performance in Ghaemshahr

متغیر	برنج	جو	گندم
عرض از مبدا	-۲/۵**	۶/۶**	۲/۳
بارش	۰/۸**	۰/۹**	-۱/۴۷***
دما	۰/۲۲**	۰/۱۸*	-۰/۰۵***
$\overline{R}^2$	۰/۸۶	۰/۷۵	۰/۸۳
DW	۱/۹	۱/۷	۱/۸
F	۸۴	۳۰	۶۵
AR	۰/۶۵**	۰/۵۹**	۰/۷۳***

مآخذ: یافته های تحقیق * : معنی دار در سطح ۱۰ درصد ** : معنی دار در سطح ۵ درصد *** : معنی دار در سطح ۱ درصد

اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصول در بهشهر

جدول (۴) اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصول در بهشهر را نشان می‌دهد. در منطقه بهشهر، متغیرهای اقلیمی بر عملکرد محصول گندم اثر منفی و بر عملکرد محصول برنج و جو اثر مثبت دارند.

جدول ۴- اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصول در بهشهر

Table 4. the effect of climate change on product performance in Behshahr

متغیر	برنج	جو	گندم
عرض از مبدا	۰/۰۵**	-۹/۳	-۴/۲*
بارش	۰/۰۹***	۰/۲۱**	-۰/۷۵*
دما	۰/۰۱۹	۰/۰۸***	-۰/۱۱***
$\overline{R}^2$	۰/۹۰	۰/۸۱	۰/۷۹
DW	۲	۱/۹	۱/۸
F	۸۵	۷۶	۳۰
AR	۰/۶۳ *	۰/۷۲ ***	۰/۶۶**

مآخذ: یافته های تحقیق * : معنی دار در سطح ۱۰ درصد ** : معنی دار در سطح ۵ درصد *** : معنی دار در سطح ۱ درصد

سناریو برای تغییر اقلیم و اثر آن بر عملکرد محصولات منتخب

با توجه به جدول (۵) ملاحظه می‌شود، با سناریوهای یک درجه افزایش دما و یک میلی‌متر کاهش بارش درشهرستان رامسر، ۲/۵ درصد عملکرد برنج و ۱۵ درصد عملکرد جو افزایش می-یابد. هم‌چنین عملکرد گندم به اندازه ۳۳درصد کاهش می‌یابد. متغیرهای اقلیم در شهرستان نوشهر عملکرد برنج و جو را به ترتیب، ۱۵ و ۲ درصد افزایش و عملکـرد گنـدم را ۲ درصـد کاهش می دهد. متغیرهای اقلیمی در شهرستان قـایم‌شـهر عملکرد محصول برنج و جو را ۲۵ درصد افـزایش و عملکـرد گندم را ۲/۸ درصد کاهش می‌دهند.

از طرفی سناریوهای اقلیمی بعد از ۱ درجه افزایش دمـا و ۱ میلی‌متر کاهش بارش در منطقه بهشهر عملکرد هر دو محصول برنج و جو را به‌ترتیب به اندازه ۵ و ۴ درصد افزایش و عملکرد محصول گندم را ۱۳ درصد کاهش می‌دهد.

جدول ۵- اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصول بعد از ساخت سناریو

Table 5. the effect of climate change on product performance after scenario generating

نام متغیر	برنج	جو	گندم
رامسر	۰/۰۲۵	۰/۱۵	-۰/۳۳
نوشهر	۰/۱۵	۰/۰۲	-۰/۰۲
قایم‌شهر	۰/۲۵	۰/۲۵	-۰/۰۲۸
بهشهر	۰/۰۵	۰/۰۴	-۰/۱۳

مآخذ: یافته های تحقیق

نتایج حاصل از مدل PMP در چهار منطقه مورد مطالعه (جداول ۶تا ۹) نشان داد که در شهرستان رامسر، سطح زیر کشت برنج بعد از اعمال سناریوی ۱ درجه افزایش دما و ۱ میلی‌متر کاهش بارش، ۳۱ درصد افزایش می‌یابد و از ۳۵۴۰ هکتار به ۴۶۵۷ هکتار می‌رسد. هم‌چنین سطح زیرکشت جو بعد از اعمال سناریو، ۳ درصد افزایش یافت و از ۱۱۵۰ هکتار به ۱۵۰۳ هکتار رسید. گندم با ۵۱ درصد کاهش سطح زیر کشت مواجه شد و از ۲۸۵۰ هکتار به ۱۳۸۰ هکتار کاهش

یافت. نتایج نشان داد که بر اثر تغییر اقلیم، کشاورزان بیش‌تر به کاشت برنج و جو تمایل پیدا می‌کنند. در شهرستان نوشهر، سطح زیرکشت برنج با ۱۸ درصد افزایش مواجه شد و از ۲۹۲۰ هکتار به ۳۴۶۵ هکتار رسید. هم‌چنین، جو بعد از اعمال سناریو ۳/۲ درصد افزایش سطح زیرکشت را نشان داد و از ۳۷۵۰ هکتار به ۳۸۷۰ هکتار رسید. گندم در نوشهر بعد از اعمال سناریو با ۴۴ درصد کاهش مواجه شد و از ۱۵۰۰ هکتار به ۸۳۵ هکتار رسید. نتایج حاکی از آن است که بر اثر تغییر اقلیم کشاورزان به کاشت دو محصول برنج و جو توجه بیش‌تری نسبت به محصول گندم دارند. در شهرستان قایم‌شهر، افزایش سطح زیرکشت برنج و جو به ترتیب ۲۹ و ۳۳ درصد است. این در حالی است که گندم با ۴۹ درصد کاهش سطح زیرکشت مواجه شد. نتایج نشان داد در قایم‌شهر، بر اثر تغییر اقلیم کشاورزان از کاشت گندم به سمت کاشت جو و برنج متمایل می‌شوند. در شهرستان بهشهر، برنج و جو بعد از اعمال سناریو به ترتیب با ۷ و ۲۵ درصد افزایش و گندم در بهشهر ۲۴ درصد کاهش می‌یابد.

جدول ۶- نتایج حاصل از مدل‌سازی برنامه ریزی ریاضی مثبت (رامسر)

Table 6. The result of positive mathematic programing (Ramsar)

متغیر	مقادیر واقعی اراضی مشاهده شده (هکتار)	مقادیر سال پایه PMP	سناریو			تغییرات سطح زیرکشت بعد از اعمال سناریو (هکتار)	درصد تغییرات سطح زیرکشت
			افزایش دما(C)	کاهش بارش(mm)	درصد تغییرات عملکرد		
برنج	۳۵۴۰	۳۵۴۰	۱	۱	۲/٪۵	۴۶۵۷	٪۳۱
جو	۱۱۵۰	۱۱۵۰	۱	۱	٪۱۵	۱۵۰۳	٪۳۰
گندم	۲۸۵۰	۲۸۵۰	۱	۱	-٪۳۳	۱۳۸۰	-٪۵۱

مآخذ: یافته های تحقیق

جدول۷- نتایج حاصل از مدل‌سازی برنامه ریزی ریاضی مثبت (نوشهر)

Table 7. the result of positive mathematic programing (Noshahr)

متغیر	مقادیر واقعی اراضی مشاهده شده (هکتار)	مقادیر سال پایه PMP	سناریو			تغییرات سطح زیرکشت بعد از اعمال سناریو (هکتار)	درصد تغییرات سطح زیرکشت
			افزایش دما(C)	کاهش بارش(mm)	درصد تغییرات عملکرد		
برنج	۲۹۲۰	۲۹۲۰	۱	۱	٪۱۵	۳۴۶۵	٪۱۸
جو	۳۷۵۰	۳۷۵۰	۱	۱	٪۲	۳۸۷۰	٪۳/۲
گندم	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۱	۱	-۲/٪۸	۸۳۵	-٪۴۴

مآخذ: یافته های تحقیق

جدول ۸- نتایج حاصل از مدل‌سازی برنامه ریزی ریاضی مثبت (قایم‌شهر)

Table 8. the result of positive mathematic programing (Ghaemshahr)

متغیر	مقادیر واقعی اراضی مشاهده شده (هکتار)	مقادیر سال پایه PMP	سناریو			تغییرات سطح زیرکشت بعد از اعمال سناریو (هکتار)	درصد تغییرات سطح زیرکشت
			افزایش دما(C)	کاهش بارش (mm)	درصد تغییرات عملکرد		
برنج	۲۵۴۰	۲۵۴۰	۱	۱	٪۲۵	۳۲۸۸	٪۲۹
جو	۲۰۹۰	۲۰۹۰	۱	۱	٪۲۵	۲۷۹۰	٪۳۳
گندم	۲۹۰۰	۲۹۰۰	۱	۱	-۲/٪۸	۱۴۵۲	-٪۴۹

مآخذ: یافته های تحقیق

جدول۹- نتایج حاصل از مدل‌سازی برنامه ریزی ریاضی مثبت (بهشهر)

Table 6. the result of positive mathematic programing (Behshahr)

متغیر	مقادیر واقعی اراضی مشاهده شده (هکتار)	مقادیر سال پایه PMP	سناریو			تغییرات سطح زیرکشت بعد از اعمال سناریو (هکتار)	درصد تغییرات سطح زیرکشت
			افزایش دما(C)	کاهش بارش(mm)	درصد تغییرات عملکرد		
برنج	۳۷۴۰	۳۷۴۰	۱	۱	٪۵	۴۰۱۲	٪۷
جو	۲۳۲۰	۲۳۲۰	۱	۱	٪۴	۲۹۰۰	٪۲۵
گندم	۳۵۰۰	۳۵۰۰	۱	۱	٪۱۳	۲۶۴۸	-٪۲۴

مآخذ: یافته های تحقیق

بحث و نتیجه‌گیری

همان‌طور که نتایج تجزیه و تحلیل چهار منطقه مطالعاتی نشان داد، در اثر تغییر اقلیم، در مجموع در چهار منطقه مورد بررسی، کشاورزان از کاشت گندم به سمت کاشت جو و برنج متمایل می‌شوند. به عبارت دیگر، تغییر اقلیم، تصمیم‌گیری کشاورزان را تحت تاثیر قرارداده و باعث می‌شود تا کشاورزان میزان زمین تخصیص داده شده به جو و برنج را افزایش داده و از میزان زمین اختصاص داده شده به محصول گندم بکاهند. یافته های این مطالعه نشان داد که اثر تغییر اقلیم بر همه محصولات الزاماً منفی نیست و لذا می‌توان به جنبه‌های مثبت تغییر اقلیم نیز توجه داشت و از آن در جهت بهره‌برداری بهینه از منابع و امکانات منطقه استفاده کرد. هم‌چنین در بخش برنج استان، سیاست‌های حمایتی از این محصول به گونه‌ای باید صورت گیرد تا کشاورزان کشت برنج را در اولویت و با کارایی بیش‌تر انجام دهند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از تمام اعضا هیات علمی گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل که جهت بهبود نتایج این تحقیق همکاری داشته‌اند و هم‌چنین از دانشگاه زابل جهت پشتیبانی مالی از این تحقیق تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

Reference

1. Hejazizadeh, z, shirkhani, a, 2005, statistical analysis and forecasting of drought and short-run cyclical drought in Khorasan province, geographic research; 37:13-31. (In Persian)
2. Vaseghi, a, esmaeili, a, 2008, investigating the effect of climate change on the agricultural sector in Iran; ricardian approach, Science and technology of agriculture and natural resources; 45:696-685. (In Persian)
3. Somborok, v, bazaz, a, nasiri, m, rezvani, p, 2006, the effect of climate change on agricultural product, ferdowsy university of Mashhad. (In Persian)
4. Koochaki, a, 2006, Investigating the effects of climate change on crop characteristics of root crops under Tabriz conditions, second climate change regional conference of Iran Meteorological Organization, Tehran, Iran. (In Persian)
5. Gbetibouo, G.A.and R.M. Hasan, 2005, measuring the economic impact of climate change on major South African field crops: a Ricardian approach, Global and Planetary Change; 47: 143-152.
6. Finger, R.and Schmid, S, 2008, modeling agricultural production risk and the aadaptation to climate change, Agricultural Finance Review; 103: 25-41.
7. Zmudzka, E. 2004, the climatic background of agricultural production in Poland, Miscellanea Geographic; 11: 127-137.
8. Henseler, M., Wirsig, A., Herrmann, S., Krimly, T., Dabbert, S, 2009, Modeling the impact of global change on regional agricultural land use through an activity-based non-linear programming approach, Agricultural Systems;100: 31-42.
9. Howitt, R.E, 1995. Positive mathematical programming .American Journal of Agricultural Economics, American Journal of Agricultural Economics; 77:329-342.
10. 10- Heckelei, T, 2002, Calibration and Estimation of Programming Models for Agricultural Supply Analysis, University of Bonn.
11. Bates, B.,Kundzewicz, Z.W., Wu, Sh. and Palutikof, J, 2008, Climate Change and Water. Intergovernmental Panel on Climate Change, Intergovernmental Panel on Climate Change; 88:197-206.