

## تحلیل اقتصادی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات، الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان (مطالعه موردی: دشت قزوین)

\* ابوالفضل محمودی<sup>۱</sup>، ابوذر پرهیزکاری<sup>۲</sup>

۱. استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه پیام نور، ایران

۲. دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه پیام نور

(دریافت: ۱۳۹۴/۹/۲۷ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۵)

## Economic Analysis of the Climate Change Impacts on Products Yield, Cropping Pattern and Farmer's Gross Margin (Case Study: Qazvin Plain)

\* Abolfazl Mahmoodi<sup>1</sup>, Aboozar Parhizkari<sup>2</sup>

1. Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Payame Noor University (PNU) Tehran, IRAN.

2. Ph.D. Student in Agricultural Economics, Payame Noor University

Received: 18/Dec/2015

Accepted: 24/Feb/2016

### Abstract:

In this study, climate change impact on product yield and farmer's gross profit of Qazvin plain were studied. In this regard, first the trend of variables of temperature and precipitation changes during 1991-2011 were reviewed. Then, using regression analysis effect of temperature and precipitation variables on yield and acreage of wheat, barley, corn, canola, tomatoes, beets and alfalfa was investigated. Then, by entering the results of regression analysis in the positive mathematical programming model, the scenario of one degree increase in temperature and one mm decrease of rainfall on crop yield were analyzed. Results of regression analysis showed that during the study period, the increase in temperature and the decrease in precipitation. Also, results of regression analysis showed that changes in temperature and precipitation in Qazvin plain has a significant effect on products yield. Results of PMP model showed that with one degree increase in temperature and one mm decrease of rainfall, the yield of barley, corn, beet and alfalfa respectively 15, 24, 13 and 17 percent increase and the yield of wheat, tomatoes and canola respectively 29, 20 and 23 percent decrease. Also, farmer's gross profit compared to the base year 10/5 percent increases. In the end, due to prematurity of climate change in regional planning, to increase agricultural production in the Qazvin plain it was proposed that the first it should be considered the performance improve operating in per unit area (ha) and development the under cultivation of crops such as corn, beet and alfalfa be placed at the next priority.

**Keywords:** Climate Change, Regression Analysis, Positive Mathematical Programming, Products Yield, Qazvin Plain.

**JEL:** Q15, Q25, Q54.

### چکیده:

در این تحقیق اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات منتخب و سود ناخالص کشاورزان دشت قزوین مورد مطالعه قرار گرفت. برای این منظور، ابتدا روند تغییرات متغیرهای دما و بارش طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۷۰ بررسی شد. سپس، با استفاده از تحلیل‌های رگرسیونی اثر متغیرهای متوسط دما و بارش سالانه بر عملکرد و سطح زیرکشت محصولات گندم، جو، ذرت، کلزا، گوجه‌فرنگی، چغندر و یونجه مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله بعد، با لحاظ نمودن نتایج تحلیل‌های رگرسیونی در مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، اثر سناریوی یک درجه افزایش دما و ۱۰ میلی‌متر کاهش بارش بر عملکرد محصولات عمده کشاورزی تجزیه و تحلیل شد. نتایج تحلیل‌های رگرسیونی نشان داد که طی دوره مورد مطالعه، دمای هوا روند افزایشی و بارش روند کاهشی تقریباً محسوس دارد. همچنین، نتایج تحلیل رگرسیونی نشان داد که تغییرات دما و بارش اثر معنی‌داری بر عملکرد محصولات منتخب دشت قزوین دارد. نتایج تحلیل‌های مدل PMP نشان داد که با اعمال سناریوی یک درجه افزایش دما و ۱۰ میلی‌متر کاهش بارش، عملکرد جو، ذرت، چغندر و یونجه به ترتیب ۱۵، ۲۴، ۱۳ و ۱۷ درصد افزایش و عملکرد گندم، گوجه‌فرنگی و کلزا به ترتیب ۲۹، ۲۰ و ۲۳ درصد کاهش می‌یابد. سود ناخالص کشاورزان نیز نسبت به سال پایه ۱۰/۵ درصد افزایش می‌یابد. در پایان نیز با توجه به ناپهنگامی تغییرات اقلیمی در برنامه‌ریزی منطقه‌ای، برای افزایش میزان تولید محصولات کشاورزی در دشت قزوین پیشنهاد شد که ابتدا به عامل بهبود عملکرد در واحد سطح پرداخته شود و توسعه سطح زیر کشت محصولاتی چون ذرت، چغندر و یونجه در اولویت بعدی قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** تغییر اقلیم، تحلیل رگرسیونی، برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، عملکرد محصولات، دشت قزوین.

**طبقه‌بندی JEL:** Q15, Q25, Q54.

\* نویسنده مسئول: ابوالفضل محمودی  
E-mail: A.mahmoodi@pnu.ac.ir

## ۱. مقدمه

گرم شدن آب و هوای زمین و تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی جهان است. با آغاز انقلاب صنعتی در اوایل قرن نوزدهم میلادی و رشد روز افزون تحولات بشری، تغییرات گوناگونی نیز در زندگی انسان‌ها رخ داده است. نیاز بشر به انرژی و مصرف انواع سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی سبب افزایش شدید گازهایی مانند دی‌اکسید کربن ( $CO_2$ ) در اتمسفر شده است (باتیس و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸: ۱۹۸). افزایش جمعیت کره زمین که باعث تغییر کاربری اراضی، تخریب جنگل‌ها، افزایش فعالیت‌های کشاورزی و دامداری و تولید ضایعات جامد و مایع شده، تبعات مختلفی به همراه داشته است. پدیده تغییر اقلیم یکی از این تبعات است که از مسائل مهم در بخش تولید محصولات کشاورزی می‌باشد (آنگل<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸: ۴۰۲).

پدیده تغییر اقلیم همان طوری که از فعالیت‌های گوناگون انسانی تأثیر می‌پذیرد، اثرات مختلفی بر فعالیت‌های انسانی بر جای می‌گذارد. یکی از عوامل مهم تغییرات اقلیمی در دهه‌های اخیر افزایش فشار فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست کره خاکی می‌باشد (نجف پور، ۱۳۸۵: ۱۱۹). نگاهی گذرا به نقشه جهانی بارش نشان می‌دهد که مقدار بارندگی در سطح کره زمین تغییرات زمانی و مکانی زیادی را به همراه دارد. بر اساس تحقیقات صورت گرفته، میانگین سالانه بارندگی در سطح کره زمین ۷۰۰ الی ۹۰۰ میلی‌متر تخمین زده شده است. این در حالی است که برخی از بیابان‌ها چه بسا سال‌های متمادی هیچ گونه بارشی را دریافت نکرده‌اند و مناطق دیگری مانند کوه‌های وایالیال در هاوایی سالانه ۱۲۰۰۰ میلی‌متر و یا منطقه چراپونچی در خلیج بنگال ۱۱۰۰۰ میلی‌متر بارش دریافت می‌کنند (رامشت، ۱۳۷۵: ۳۵).

به طور کلی، انسان از گذشته با دو مشکل مهم در ارتباط با تغییر اقلیم روبه‌رو بوده که یکی داشتن مازاد آب و وقوع سیلاب‌های مخرب در فصول سرد (ناشی از تغییرات بارش) و دیگری کمبود آب و وقوع خشکسالی در فصول گرم (ناشی از تغییرات دما) بوده است (نجف پور، ۱۳۸۵: ۱۲۰). در کشور ما نیز با توجه به ناپایداری شرایط اقلیمی، عدم توزیع یکنواخت زمانی-مکانی بارش و تغییرات نابسامان دمای هوا، توجه به پایداری منابع آب، چگونگی تولید محصولات کشاورزی، تغییرات کاربری اراضی و شیوه‌های مقابله با خشکی و

خشکسالی ضروری است (غیور و مسعودیان، ۱۳۷۶: ۵۶). استان قزوین نیز با قرارگرفتن در حوزه مرکزی ایران از این امر مستثنی نبوده و دارای میانگین بارش سالانه ۲۳۴/۱ میلی‌متر می‌باشد که این میزان حدود ۸ درصد کمتر از متوسط بارندگی در سطح کشور است. طی سال‌های اخیر، تغییرات کاهشی بارش و افزایش دمای هوا در این استان مشکلات عدیده‌ای را در بخش کشاورزی و در تولید محصولات زراعی به ویژه در محدوده مطالعاتی دشت قزوین به وجود آورده است. نظر به اینکه در اغلب نقاط این استان آب‌های سطحی از طریق بارندگی و تشکیل رودخانه‌های فصلی حاصل می‌شوند، در فصول گرم سال کاهش بارندگی و عدم وجود این منابع موقت (رودخانه‌های فصلی) سبب شده تا آب آبیاری مورد نیاز برای کشاورزان از طریق برداشت آب‌های زیرزمینی تأمین شود. این عامل در طول زمان باعث افت سطح آب‌های زیرزمینی و منفی شدن بیلان آب در اغلب نقاط استان، به ویژه در بخش‌های جنوبی دشت قزوین شده است (صبوخی و پرهیزکاری، ۱۳۹۲: ۳۴۲). گرم شدن دمای هوا نیز سبب شده تا فعالیت‌های کشاورزی در دشت‌های مستعد این استان به ویژه در دشت قزوین تحت تأثیر قرار بگیرد. به عنوان مثال، زراعت برخی از محصولات زراعی (مانند محصولات صیفی بهاره) به دلیل تغییر اقلیم به وجود آمده با دو بار کشت در هر سال زراعی در سطح اراضی منطقه مورد نظر صورت می‌گیرد. اگرچه که این امر در نگاه اول بسیار سودآور و مناسب به نظر می‌رسد، اما با ادامه این وضعیت احتمال اینکه در آینده‌ای نه چندان دور با پدیده فرسایش خاک، کمبود شدید منابع آبی (تا حدی که منابع آب آشامیدنی نیز تهدید شوند)، کاهش تولید محصولات زراعی و همچنین زیان‌های اقتصادی ناشی از تهدید بخش کشاورزی (مانند کاهش صادرات، افزایش واردات، کاهش ارزش آوری و مشکلات بنیادی سرمایه‌گذاری برای تولید در کشاورزی) در سطح استان قزوین و در نهایت در کشور مواجه شویم، هست. لذا، با توجه به قابلیت‌ها و محدودیت‌های ذکر شده برای محدوده مطالعاتی دشت قزوین، انجام تحقیقاتی در زمینه اثرات تغییرات اقلیم و اتخاذ سیاست‌های مدیریتی مناسب در جهت سازگاری بیشتر بخش کشاورزی در این دشت با شرایط جدید اقلیمی ضروری به نظر می‌رسد. در زمینه تحلیل اثرات تغییر اقلیم ناشی از کاهش بارش و افزایش دما نیز لازم است که قبل از اتخاذ سیاست‌های مناسب در بخش کشاورزی استان قزوین، اثرات احتمالی این پدیده بر میزان عملکرد

1. Bates et al. (2008)

2. Angel (2008)

بود (کونور و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۸۳۴). سانچیس و فیجوبلو در مطالعه‌ای تغییر اقلیم و اثرات نهایی آن را بر بخش کشاورزی اروپا، با استفاده از الگوی تصمیم‌گیری چند معیاره مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که اثرات تغییر اقلیم نه تنها از نظر اقتصادی و محیطی سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی را کاهش داده، بلکه به لحاظ اجتماعی نیز سبب ایجاد بیکاری در بخش کشاورزی شده است (سانچیس و فیجوبلو، ۲۰۰۹: ۸۹۹). تراینهام و همکاران در مطالعه‌ای اثرات تغییر اقلیم را بر سامانه منابع آب منطقه پیوجت سوند<sup>۷</sup> مورد بررسی قرار دادند. برای ارزیابی تأمین آب منطقه در افق ۷۵ ساله، سه مدل گردش جهانی و دو نمایشنامه انتشار به کار گرفته شد. نتایج نشان داد که تغییر اقلیم، آینده مطمئن سامانه را در منطقه مورد مطالعه طی دوره‌های آبی کاهش خواهد داد و لازم است سیاست‌های بهره‌برداری برای تأمین تقاضای آب در افق آبی تغییر کند (تراینهام و همکاران، ۲۰۱۱: ۳۲۲). در ایران نیز عزیزی و یاراحمدی در پژوهشی با استفاده از برآورد مدل‌های رگرسیونی به بررسی ارتباط پارامترهای اقلیمی و عملکرد گندم در دشت سیلاخور استان لرستان پرداختند. نتایج نشان داد که متغیر اقلیمی بارش بر روی عملکرد گندم در منطقه مورد مطالعه اثر مثبت دارد (عزیزی و یاراحمدی، ۱۳۸۲: ۲۵). علیزاده و کمالی در تحقیقی به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر افزایش مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد پرداختند. بدین منظور، پتانسیل افزایش نیاز آبی در اثر بالارفتن دمای هوا برای محصولات مختلف در الگوی کشت موجود بررسی شد. به طور کلی، افزایش نیاز آبی در این مطالعه تحت سه سناریوی افزایش دما (۲، ۴ و ۶ درجه سانتی‌گراد) بررسی و روش‌های سازگاری با آن به نحوی که مصرف آب کشاورزی در وضعیت کنونی ثابت بماند، مطالعه شدند. نتایج نشان داد که در صورت افزایش دمای هوا به میزان ۲ درجه سانتی‌گراد نیاز خالص آبیاری با الگو و ترکیب کشت کنونی ۶ درصد نسبت به وضعیت نرمال افزایش خواهد داشت. میزان افزایش نیاز آبی به ازای ۴ و ۶ درجه افزایش دما نیز به ترتیب ۱۱ و ۱۷ درصد برآورد شد (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۴: ۱۹۷). شکیب و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی اثرات احتمالی تغییرات اقلیمی و میزان تأثیر تغییرات بارندگی بر حوضه آبخیز جاجرود

محصولات، تغییرات الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان پیش‌بینی شود تا برنامه‌ریزان بخش را در اتخاذ سیاست‌های مطلوب یاری رساند.

به طور کلی امروزه با توجه به توسعه علوم مرتبط با بخش کشاورزی و نشر یافته‌های حاصل از تحقیقات انجام شده در این بخش، اثر تغییر اقلیم در بسیاری از نقاط دنیا برای گیاهان زراعی مختلف مشخص شده است (آنتل<sup>۱</sup>، ۱۹۹۶: ۷۱). افزون بر این، با توجه به اهمیت موضوع مورد بحث (اثر تغییر اقلیم در بخش کشاورزی) مطالعات و پژوهش‌های متعددی طی سال‌های اخیر در اقصی نقاط دنیا صورت گرفته است که به مهم‌ترین آنها اشاره می‌شود:

نورود در مورد کشت گندم در دشت‌های بزرگ ایالت کانزاس آمریکا مطالعاتی را انجام داد. او تأثیر پارامترهای اقلیمی را در مناطق کشت گندم مورد بررسی قرار داد و با تحلیل داده‌های اقلیمی بارندگی، دما، تبخیر و رطوبت خاک، نواحی مناسب برای کشت گندم را شناسایی کرد و به این نتیجه رسید که تبخیر و بارندگی نسبت به سایر عوامل اقلیمی، بیشترین تأثیر را در طول مراحل رشد این محصول دارند (نورود<sup>۲</sup>، ۲۰۰۰: ۱۵۱). وستکات و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی واکنش عملکرد محصول ذرت دانه‌ای به بارندگی‌های تخمین‌زده شده توسط سرویس آب و هوایی ملی در ۹ ایالت از ایالت‌های مرکزی آمریکا پرداختند تا از این طریق اطلاعاتی را در ارتباط با ایجاد تنش در عملکرد این محصول در اثر کاهش و یا افزایش بارندگی در تابستان فراهم آورند. آنها بیان داشتند که عملکرد محصول به بارندگی‌های زیاد و بارندگی‌های کم در ماه جولای نسبت به بارندگی‌های متوسط در این ماه از همبستگی بالایی برخوردارند (وستکات و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۵: ۱۶۷۴). کونور و همکاران<sup>۴</sup> در مطالعه‌ای به بررسی اثرات تغییرات اقلیم بر آبیاری حوضه پایین ماری استرالیا<sup>۵</sup> با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی پرداختند. نتایج نشان داد که استراتژی‌های کم هزینه برای کاهش دسترسی به آب وجود دارند و در نتیجه هزینه‌های مربوط به این کاهش نسبتاً کم خواهد بود. در سناریوهای تغییر اقلیم شدیدتر، هزینه‌های بیشتری برآورد شده و تغییر از کشت محصولات سالیانه به دائمی در این حالت سودمندتر خواهد

1. Antle (1996)
2. Norwood (2000)
3. Westcott et al. (2005)
4. Connor et al. (2008)
5. Australia Murray Basin

6. Sanchis and Feijoo-Bello (2009)

7. Puget Sound

8. Traynham et al. (2011)

همکاران، ۱۳۹۲: ۷۶).

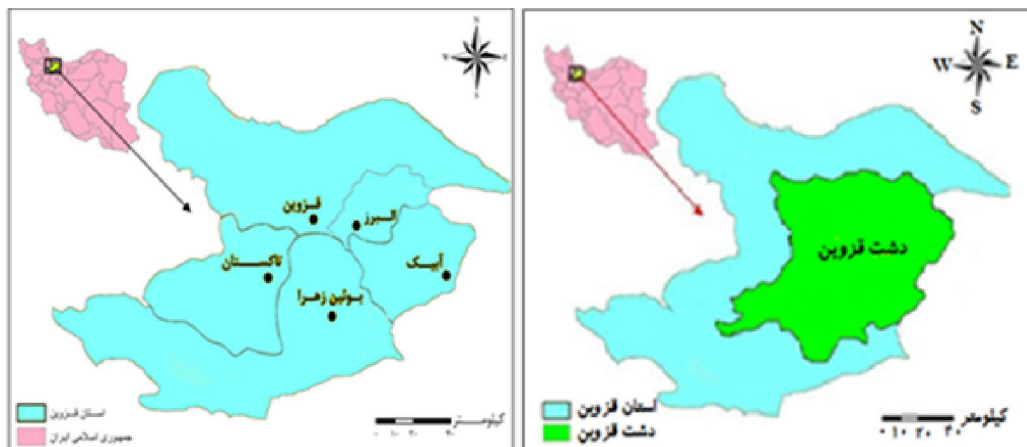
مطالعات بررسی شده نشان می‌دهند که تغییر اقلیم ناشی از کاهش بارش و افزایش دما تا حد زیادی میزان تولیدات کشاورزی و درآمد کشاورزان را دستخوش تغییر قرار می‌دهد. با توجه به اهمیت این موضوع، در مطالعه حاضر ابتدا روند تغییرات یا الگوی رفتاری متغیرهای اقلیمی دما و بارش طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۷۰ در محدوده مطالعاتی دشت قزوین بررسی شد. در ادامه، از توابع عملکرد تخمینی به کمک روش‌های اقتصادسنجی و سیستم مدل‌سازی جامع مشتعل بر مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی برای تحلیل اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات، الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان دشت قزوین استفاده شد.

## ۲. روش تحقیق

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

استان قزوین در حوزه مرکزی ایران با مساحتی معادل ۱۵۸۲۱ کیلومتر مربع، بین ۴۸ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. از شمال با استان‌های مازندران و گیلان، از غرب با استان‌های همدان و زنجان، از جنوب با استان مرکزی و از شرق با استان تهران هم‌جوار می‌باشد و به علت موقعیت منحصر به فرد دشت قزوین یکی از مناطق مستعد کشور برای تولید محصولات زراعی و باغی است (ناصری و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۹۴). این دشت شامل بخش‌های از شهرستان‌های قزوین، آبیک، تاکستان، البرز و بوئین‌زهرا می‌باشد و سهم تخلیه بخش کشاورزی از آبخوان‌های آن در حدود ۱۳۵۳ میلیون مترمکعب می‌باشد که حدود ۸۵۸ میلیون مترمکعب آن در بخش زراعی، برای تولید محصولات عمده‌ای چون گندم، جو، ذرت، کلزا، گوجه‌فرنگی، چغندر و یونجه مصرف می‌شود (پرهیزکاری و صبوحی، ۱۳۹۱: ۷). میانگین بارش باران نیز در این دشت ۲۳۴/۱ میلی‌متر بوده که حدود ۸ درصد کمتر از متوسط بارندگی در کشور است (اداره هواشناسی استان قزوین، ۱۳۹۲). شکل (۱)، موقعیت منطقه مورد مطالعه را در استان قزوین نشان می‌دهد:

پرداختند. نتایج این تحقیق وجود دوره‌های کم‌آبی و پرآبی را در منطقه مطالعاتی نشان داد، با این تفاوت که فاصله زمانی حاکمیت دوره‌های کم‌آبی نسبت به دوره‌های پرآبی بیشتر بوده است. علاوه بر آن، ارتباط معنی‌داری بین بارندگی و دبی در منطقه مشاهده شد (شکیبا و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۲۹). واثقی و اسماعیلی در پژوهشی با استفاده از روش ریکاردین<sup>۱</sup> به اندازه‌گیری اثرات اقتصادی تغییر اقلیم بر تولید محصول گندم و درآمد خالص گندم‌کاران کشور پرداختند. نتایج نشان داد که متغیرهای اقلیمی اثرات معنی‌داری 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 گلخانه‌ای) سبب کاهش ۴۱ درصدی بازده کشت گندم (۷۷۷ هزار ریال در هر هکتار) در کشور می‌شود (واثقی و اسماعیلی، ۱۳۸۷: ۴۰). عزیزی و روشنی در تحقیقی به بررسی و تحلیل اثرات تغییر اقلیم بر دما و تقویم زراعی محصول برنج در گیلان پرداختند. نتایج نشان داد که دمای حداقل مطلق در این استان برای دوره زمانی ۲۰۰۳-۱۹۸۰ روند افزایشی داشته و در فصول چهارگانه سال افزایش یافته است، به نحوی که آثار آن بر محیط زیست منطقه کاملاً مشهود بوده و نوعی جابه‌جایی فصلی در حال ظهور و تقویم زراعی متغیر را برای کشت محصول برنج در پی دارد (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۸: ۱۵۰). آب‌بایی و همکاران در مطالعه‌ای سری زمانی روزانه پارامترهای اقلیمی منطقه رود دشت اصفهان را تحت سناریوهای تغییر اقلیم  $A_2$  (۸۵۷ ppm غلظت  $CO_2$  و افزایش دما ۳/۸ درجه) و  $B_1$  (۵۳۸ ppm غلظت  $CO_2$  و افزایش دما ۲ درجه) با استفاده از نتایج مدل گردش عمومی برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ ارزیابی نمودند. نتایج حاکی از آن بود که در منطقه مورد مطالعه، میانگین بارش سالانه در طول دوره رشد گیاه و متوسط دمای روزانه تحت هر دو سناریوی تغییر اقلیم افزایش خواهند یافت (آب‌بایی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۴۷). پرهیزکاری و همکاران در مطالعه‌ای با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی و داده‌های تابلویی به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد پنبه آبی در استان‌های منتخب کشور پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش دما در طول فصل رشد بر عملکرد پنبه آبی اثر منفی می‌گذارد، به طوری که میزان عملکرد در هکتار به ازای افزایش یک درجه دما، به میزان ۰/۳۸ درصد کاهش پیدا می‌کند (پرهیزکاری و



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی دشت قزوین

یونجه و کلزا)،  $T_i$  بردار متوسط دما و  $S_i$  بردار متوسط بارش سالانه می‌باشد. با توجه به داده‌های موجود، بهترین برازش با استفاده از یک مدل اقتصادسنجی صورت می‌گیرد و یک رابطه معنی‌داری بین پارامترهای تغییر اقلیم و میزان عملکرد در واحد سطح محصولات به دست می‌آید. این رابطه را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

(۲)

$$Y_i = Q(1) + Q(2) * S + Q(3) * T + [R(1) = Q(4)]$$

رابطه (۲)، بهترین برازش ممکن را بین متغیرهای توضیحی دما (T) و بارندگی (S) و متغیر وابسته عملکرد محصول ( $Y_i$ ) نشان می‌دهد.  $Q(1)$ ،  $Q(2)$ ،  $Q(3)$  و  $Q(4)$  ضرایب تابع خودرگرسیون رابطه (۲) هستند (ابریشمی، ۱۳۸۳: ۸۵). برای رفع خودهمبستگی تابع ارائه شده‌ی فوق از فرایند خودرگرسیون مرتبه اول  $R(1)$  استفاده شد. فرایند خودرگرسیون بیانگر این است که پیش‌بینی متغیر وابسته در زمان  $t$ ، نسبتی از مقدار آن در زمان  $(t-1)$ ، به علاوه یک شوک تصادفی یا جمله‌ی اختلال در زمان  $t$  است (نوفرستی، ۱۳۷۸: ۱۱۶).

#### ۲-۴- مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)

نتیجه اعمال یک سیاست و اثرگذاری آن تا حد زیادی وابسته به نحوه عکس‌العمل بهره‌برداران نسبت به سیاست اعمال شده می‌باشد. عکس‌العمل بهره‌برداران نیز تحت تأثیر شرایط مزرعه، نگرش و ویژگی‌های فردی آنها قرار دارد. با توجه به اینکه امکان آزمون سیاست‌های مختلف در محیط آزمایشگاهی وجود ندارد، هر فرد سیاست‌گذار در بخش کشاورزی به دنبال آن است که بتواند با اطمینان بالایی از نتایج اجرای سیاست‌های

#### ۲-۲- سیستم مدل سازی جامع مبتنی بر روش‌های اقتصادسنجی و برنامه‌ریزی ریاضی

در این بخش ابتدا به منظور ارزیابی اثرات متغیرهای اقلیمی دما و بارش (به عنوان شاخص‌های تغییر اقلیم) بر عملکرد محصولات منتخب دشت قزوین طی سال‌های زراعی ۱۳۹۲-۱۳۷۰ از تحلیل رگرسیونی و روش حداقل مربعات معمولی<sup>۱</sup> (OLS) استفاده شد. در ادامه به منظور بررسی اثرات سناریوی یک درجه افزایش دما و ۱۰ میلی‌متر کاهش بارش بر عملکرد محصولات منتخب، الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان دشت قزوین از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، استفاده شد. هر یک از مراحل فوق به صورت زیر تشریح می‌گردد:

#### ۲-۳- تحلیل رگرسیونی با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی (OLS)

در این مرحله، با به کارگیری روش حداقل مربعات معمولی روند تغییر و معنی‌داری هر یک از متغیرهای دما و بارش سالانه و تأثیرات آنها بر متوسط عملکرد محصولات منتخب ( $Y_i$ ) دشت قزوین، طی دوره ۲۲ ساله (۱۳۷۰-۱۳۹۲) با استفاده از بسته نرم‌افزاری Eviews بررسی شد، تا روند تأثیرات دو متغیر اقلیمی فوق بر متوسط عملکرد محصولات محاسبه شود. بر این اساس، تابع عملکرد محصولات به صورت زیر تعریف شد:

$$Y_i = f(T_i, S_i) \quad \forall i = 1, 2, \dots, 7 \quad (1)$$

در معادله رگرسیونی بالا،  $Y_i$  بردار متوسط عملکرد محصول  $i$  (گندم آبی، جو آبی، ذرت دانه‌ای، گوجه‌فرنگی، چغندر قند،

1. Ordinary Least Squares

(هوویت و همکاران، ۲۰۱۲: ۲۴۸). شکل ریاضی این مرحله از مدل PMP را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\text{Max } \Pi = \sum_{i=1}^7 \left( p_i Y_i - \sum_{j=1}^4 a_{ji} c_{ji} \right) x_i \quad (۳)$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^7 a_{ij} x_i \leq b_j \quad \forall j = 1, \dots, 4 \quad [\lambda_i^j] \quad (۴)$$

$$x_i \leq \tilde{x}_i + \varepsilon \quad \forall i = 1, \dots, 7 \quad [\lambda_i^c] \quad (۵)$$

$$x_i \geq 0, \quad \forall i = 1, 2, \dots, 7$$

رابطه (۳) تابع هدف مدل برنامه‌ریزی خطی است که شامل حداکثر کردن مجموع سود ناخالص کشاورزان می‌باشد و در آن،  $\Pi$  سود ناخالص کشاورزان،  $i$  محصولات (گندم آبی، جو آبی، ذرت دانه‌ای، گوجه‌فرنگی، چغندر قند، یونجه و کلزا) و  $j$  نهاده‌ها یا عوامل تولید (آب، زمین، سرمایه و نیروی کار) می‌باشد.  $p_i$  قیمت بازاری محصول،  $Y_i$  عملکرد محصول  $i$ ،  $C_{ji}$  هزینه نهاده  $j$  برای محصول  $i$  در واحد سطح و  $x_i$  سطح زیرکشت محصول  $i$  می‌باشد.  $a_{ij}$  بیانگر ضریب لئوتیف است که نسبت استفاده هر عامل تولید به زمین را نشان می‌دهد و از رابطه  $a_{ij} = \tilde{x}_{ij} / \tilde{x}_{i, land}$  به دست می‌آید (هوویت و همکاران، ۲۰۱۲: ۲۴۸؛ مدلین-آزورا و همکاران، ۲۰۱۰: ۵۶۴۳). رابطه (۴) محدودیت منابع را نشان می‌دهد.

$b_j$  در این رابطه کل منابع در دسترس (آب، زمین، نیروی کار و سرمایه) برای تولید محصولات می‌باشد. رابطه (۵) محدودیت واسنجی مدل است که در آن  $\tilde{x}_i$  مقدار مشاهده شده فعالیت  $i$  در سال پایه و  $\varepsilon$  مقدار مثبت کوچکی را نشان می‌دهد (مدلین-آزورا و همکاران، ۲۰۱۰: ۵۶۴۳). اضافه کردن محدودیت واسنجی به مدل باعث می‌شود که جواب بهینه برنامه‌ریزی خطی دقیقاً سطح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه را به دست دهد (هکلی، ۲۰۰۲: ۱۲۶). پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی برای تعیین قیمت سایه‌ای محدودیت‌های مدل، مقادیر دوگان تعریف می‌شوند.  $\lambda_i^j$  در رابطه (۴) قیمت سایه‌ای محدودیت سیستمی و  $\lambda_i^c$  در رابطه (۵) قیمت سایه‌ای محدودیت واسنجی است. رابطه (۶) نیز بیانگر محدودیت

مورد نظر و عکس‌العمل بهره‌برداران نسبت به آنها آگاه شود (هی و همکاران، ۲۰۰۶: ۳۲۹). امروزه این امر به کمک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) فراهم شده است. به عبارت دیگر، پیش از آنکه تصمیم به سیاست‌گذاری گرفته شود، شبیه‌سازی عکس‌العمل احتمالی کشاورزان از طریق برنامه‌ریزی ریاضی مثبت می‌تواند کمک مؤثری در جهت اتخاذ تصمیمات صحیح‌تر قلمداد شود (هوویت، ۲۰۰۵: ۹۶).

مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط هوویت معرفی شد. این مدل جهت رفع کاستی‌ها و غلبه بر مشکلات موجود در مدل‌های برنامه‌ریزی هنجاری<sup>۳</sup> (NMP) توسعه یافت (پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۷۲).

ایده کلی مدل PMP استفاده از اطلاعات موجود در متغیرهای دوگان<sup>۴</sup> محدودیت‌های واسنجی است که جواب مسئله برنامه‌ریزی خطی را به سطح فعالیت‌های موجود محدود می‌کند. در واقع مقادیر دوگان برای تصریح تابع هدف غیر خطی‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند که سطح فعالیت‌های مشاهده شده را مجدداً از طریق جواب بهینه مسئله برنامه‌ریزی جدیدی که فاقد محدودیت واسنجی است، بازسازی می‌کند (می‌یر و همکاران، ۱۹۹۳: ۱۱۸۳؛ پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۴۵).

واسنجی مدل PMP مورد استفاده در این مطالعه با استفاده از بسته نرم‌افزاری GAMS (نسخه ۲۴/۱) در سه مرحله پیاپی صورت گرفت. در اینجا فرض بر آن است که رفتار حداکثرسازی سود و شرایط تعادلی کوتاه‌مدت منجر به تخصیص منابع مطابق آنچه که در سال پایه مشاهده شده، می‌شود. به طور کلی، مراحل سه‌گانه حل مدل PMP ارائه شده به شرح زیر می‌باشد:

مرحله اول: محاسبه‌ی قیمت‌های سایه‌ای با استفاده از برنامه‌ریزی خطی کمکی

این مرحله شامل حل یک مدل برنامه‌ریزی خطی، جهت حداکثر نمودن سود ناخالص کشاورزان با توجه به محدودیت‌های منابع و واسنجی می‌باشد. همچنین، در این مرحله پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی مقادیر قیمت‌های سایه‌ای برای محدودیت‌های منابع و واسنجی به دست می‌آید

1. He et al. (2006)
2. Howitt (2005)
3. Normative Mathematical Programming
4. Dual Variable
5. Meyer et al. (1993)

6. Medellan-Azuara et al. (2010)

$$\beta_1 = \frac{1}{1 + \frac{h_1^{(-1/\sigma)}}{c_1} \left( \sum_L \frac{c_L}{h_L^{(-1/\sigma)}} \right)} \quad (10)$$

در رابطه (۱۰)،  $h_L$  عامل تولید  $L$  ام و  $c_L$  هزینه عامل تولید  $L$  ام است. برای تخمین سایر پارامترهای لحاظ شده در تابع تولید ارائه شده ( $L \neq 1$ ) نیز می‌توان از روش بالا استفاده کرد. در این صورت می‌توان نوشت:

$$\beta_L = \frac{c_L h_1^{(-1/\sigma)}}{c_1 h_L^{(-1/\sigma)}} \cdot \beta_1 \quad (11)$$

حال با استفاده از تعریف تابع تولید CES، می‌توان پارامتر مقیاس را برای هر محصول محاسبه و هر یک را در سطح پایه ارزیابی نمود (هوویت و همکاران، ۲۰۱۲: ۲۵۰). برای این منظور از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\tau_i = \frac{\left( \frac{Y_i}{x_i} \right) \cdot \tilde{x}_i}{\left[ \sum_{j=1}^4 \beta_j h_j^{\rho} \right]^{v/\rho_i}} \quad (12)$$

در این مرحله از مدل PMP، پس از تخمین تابع عملکرد (تولید) محصولات منتخب، مقادیر دوگان برای به دست آوردن یک تابع هزینه غیرخطی (کوآدراتیک) مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای آسانی محاسبه و فقدان دلایل قوی برای انتخاب توابع دیگر، از تابع هزینه متغیر درجه دوم زیر استفاده می‌شود (هوویت و همکاران، ۲۰۱۲: ۲۵۰؛ مدلین-آزورا و همکاران، ۲۰۱۰: ۵۶۴۴):

$$TC_i(x_{i, Land}) = \alpha_i x_{i, Land} - \frac{1}{2} \gamma_i x_{i, Land}^2 \quad (13)$$

در رابطه فوق،  $TC_i$  هزینه مربوط به نهاده زمین برای تولید محصول  $i$  در منطقه مورد بررسی،  $\alpha_i$  پارامتر رهگیری و  $\gamma_i$  شیب تابع هزینه غیرخطی است (هوویت و همکاران، ۲۰۱۲: ۲۵۰؛ مدلین-آزورا و همکاران، ۲۰۱۰: ۵۶۴۴). برای محاسبه ضرایب تابع هزینه درجه دوم از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$\gamma_i = \frac{p_i Y_i}{\eta_i \tilde{x}_{i, Land}} \quad (14)$$

$$\alpha_i = \omega_{i, Land} + \lambda_{i, Land}^c + \gamma_i \tilde{x}_{i, Land} \quad (15)$$

در روابط فوق،  $\eta_i$  کشش عرضه محصول  $i$   $\omega_{i, Land}$  هزینه نهاده زمین برای تولید محصول  $i$  و  $\lambda_{i, Land}^c$  ارزش دوگان یا قیمت سایه‌ای واسنجی شده برای نهاده زمین در مرحله اول

غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها می‌باشد (هوویت و همکاران، ۲۰۱۲: ۲۴۹).

مرحله دوم: تخمین تابع تولید کشش جانشینی ثابت<sup>۱</sup> (CES) و تابع هزینه نمایی (ECF)

در این مرحله پارامترهای بازده ثابت نسبت به مقیاس تابع تولید CES برای هر محصول به کمک روش توسعه یافته هوویت برآورد می‌شوند. تابع تولید CES این امکان را ایجاد می‌کند که یک نرخ جانشینی ثابت بین نهاده‌های تولید و ضرایب لئونتیف (با نسبتی ثابت) و ضرایب تابع کاب داگلاس (با جایگزینی واحد) به وجود آید (هوویت و همکاران، ۲۰۱۲: ۲۴۹). فرم کلی تابع تولید CES را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$Y_i = \tau_i \left[ \sum_j \beta_j h_{ij}^{\rho_i} \right]^{v/\rho_i}, \quad \forall i = 1, 2, \dots, 7 \quad (7)$$

در این رابطه  $Y_i$  میزان تولید محصول  $i$   $h_{ij}$  عامل تولید برای محصول  $i$  و  $\tau_i$  پارامتر مقیاس است که به کمک رابطه (۱۲) محاسبه می‌شود.  $\beta_j$  پارامتر تولید است که سهم نهاده  $j$  برای تولید محصول  $i$  را نشان می‌دهد.  $v$  ضریب بازده ثابت نسبت به مقیاس می‌باشد و تابع تولید CES مستلزم آن است که این ضریب برابر با یک شود.  $\rho_i$  متغیری است که بر حسب کشش عرضه محصولات ( $\sigma$ ) تعریف می‌گردد و از رابطه  $\rho_i = (\sigma - 1) / \sigma$  به دست می‌آید (هوویت و همکاران، ۲۰۱۲: ۲۴۹). تابع تولید مورد نظر در این مطالعه مطابق با چهار نهاده زمین، آب، نیروی کار و سرمایه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Y_i = \tau_i \left[ \beta_{i1} h_{i1}^{\rho_i} + \beta_{i2} h_{i2}^{\rho_i} + \beta_{i3} h_{i3}^{\rho_i} + \beta_{i4} h_{i4}^{\rho_i} \right]^{v/\rho_i} \quad (8)$$

محدودیت اعمال شده توسط کشش جانشینی ثابت ایجاب می‌کند که ضریب بازده نسبت به مقیاس برابر با یک باشد ( $v=1$ ). در نتیجه برای مجموع پارامترهای تابع تولید می‌توان نوشت:

$$\sum_{j=1}^4 \beta_j = 1 \quad (9)$$

با استفاده از محدودیت تعریف شده در رابطه (۹) می‌توان اولین پارامتر تابع تولید را به صورت زیر برآورد نمود:

1. Constant Elasticity of Substitution

رابطه (۱۷) بیانگر محدودیت سطح زیر کشت محصولات زراعی می‌باشد که در آن  $A$  کل سطح زیر کشت در دسترس است. رابطه (۱۸) محدودیت مربوط به نهاده آب می‌باشد که در آن  $w_i$  نیاز آبی محصول  $i$  و  $w$  کل آب در دسترس در منطقه مورد مطالعه است. رابطه (۱۹) بیانگر محدودیت سرمایه می‌باشد که در آن  $k_i$  ضریب فنی هزینه در واحد سطح محصول  $i$  و  $TK$  کل سرمایه در دسترس است. منظور از سرمایه مجموع نهاده‌های بذر، کود و سم می‌باشد که مقدر آن بر حسب کیلوگرم در هکتار و ارزش آن بر حسب ریال در هکتار بیان می‌شود. در واقع، سمت چپ این محدودیت نیاز فعالیت‌های تولیدی به سرمایه است که معادل هزینه‌های متغیر برای تولید محصول در هر هکتار می‌باشد. سمت راست این محدودیت نیز مجموع میزان کل سرمایه قابل تخصیص به فعالیت‌های زراعی در مناطق مورد مطالعه است. رابطه (۲۰) محدودیت نیروی کار را نشان می‌دهد. در این رابطه  $La_i$  نیروی کار مورد نیاز در تولید محصول  $i$  (بر حسب نفر روز در هکتار) و  $TLa$  کل نیروی کار در دسترس در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. رابطه (۲۱) بیانگر غیر منفی بودن سطح فعالیت‌ها است. این محدودیت تضمین می‌کند که روش مورد استفاده از لحاظ فیزیکی امکان‌پذیر می‌باشد.

### ۳. جامعه آماری و داده‌های مورد نیاز

جامعه آماری مطالعه حاضر شامل کلیه کشاورزان دشت قزوین است که در اراضی فاریاب (آبی) خود به کشت محصولات منتخب زراعی (گندم آبی، جو آبی، ذرت دانه‌ای، چغندر قند، گوجه‌فرنگی و کلزا) می‌پردازند. با توجه به دست بودن داده‌های مورد استفاده به صورت تجمعی یا منطقه‌ای (مجموعه داده‌های اسنادی و ثبت شده در سازمان‌های مربوطه و ذی‌ربط)، در این مطالعه مبادرت به امر نمونه‌گیری نشد و تلاش شد تا اثرات اقلیم به صورت منطقه‌ای بر عملکرد محصولات منتخب، تولیدات بخش کشاورزی و عایدی کشاورزان دشت قزوین ارزیابی شود. بخشی از داده‌های مورد نیاز در تحقیق حاضر که به صورت سری زمانی و مربوط به داده‌های ۲۲ ساله آب و هوا (متغیرهای بارش و دما) می‌باشد، از طریق گزارشات ایستگاه‌های مختلف هواشناسی واقع در محدوده مطالعاتی دشت قزوین و اداره هواشناسی استان قزوین جمع‌آوری شد. بخش دیگری از داده‌ها که به صورت مقطعی بوده (داده‌های مورد نیاز در سال پایه ۱۳۹۱-۱۳۹۰) و مربوط به

می‌باشد. سایر پارامترها نیز در بالا تعریف شده‌اند (هویت و همکاران، ۲۰۱۲: ۲۵۱؛ مدلین-آزورا و همکاران، ۲۰۱۰: ۵۶۴۴).

مرحله سوم: تبیین مدل PMP واسنجی شده نهایی در این مرحله تابع هدف واسنجی شده در یک مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی همراه با محدودیت‌های سیستمی شبیه به مرحله اول حل می‌شود و مدل غیرخطی واسنجی شده سطوح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه و مقادیر دوگان محدودیت‌های سیستمی را بازسازی می‌کند. برای مدل تجربی مورد استفاده در این مطالعه، با استفاده از تابع هزینه نمایی واسنجی شده و محدودیت منابع مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به صورت روابط زیر ساخته شد:

$$\begin{aligned} \text{Max } \Pi &= \sum_{i=1}^7 p_i \varphi_i (\tau_i \\ & [\beta_{i1} h_{i1}^{\rho_i} + \beta_{i2} h_{i2}^{\rho_i} + \beta_{i3} h_{i3}^{\rho_i} + \beta_{i4} h_{i4}^{\rho_i}]^{v/\rho_i} x_{ij} \\ & - \sum_{i=1}^7 (\alpha_i x_{i, Land} - \frac{1}{2} \gamma_i x_{i, Land}^2) - \\ & \sum_{i=1}^7 \sum_{j \neq Land}^4 (\omega_{ij} x_{ij}) \end{aligned}$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^7 x_i \leq A \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^7 w_i x_i \leq W \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^7 k_i . x_i \leq TK \quad (19)$$

$$\sum_{i=1}^7 La_i . x_i \leq TLa \quad (20)$$

$$x_i \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, 7 \quad (21)$$

رابطه (۱۶) تابع هدف غیرخطی مدل می‌باشد. این تابع شامل تابع تولید منطقه‌ای، تابع هزینه کوادراتیک (درجه دوم) برای نهاده زمین و تابع هزینه خطی برای نهاده‌های دیگر (آب، نیروی کار و سرمایه) است. در این رابطه  $Y_i$  که تابع تولید محصول  $i$  می‌باشد و در رابطه (۸) مطرح شده، در تابع هدف لحاظ می‌شود.  $\varphi_i$  میزان تغییرات عملکرد ( $Y_i$ ) می‌باشد که در اثر تغییر در متغیرهای اقلیمی دما و بارش حاصل می‌شود.



دشت قزوین را برای سال پایه ۹۱-۱۳۹۰ در مقایسه با میزان متوسط بارش، دما و تبخیر صورت گرفته در سطح کشور نشان می‌دهد.

جدول (۳)، منابع آبی مختلف (شامل چاه‌های عمیق و نیمه عمیق، کانال‌ها و سدها، رودخانه‌ها، آب‌های تجمع‌یافته، قنات‌ها و چشمه‌ها)، حجم آب‌های سطحی و زیرزمینی، میزان کل آب قابل دسترس حاصل از منابع آبی مختلف و سهم هر یک از منابع تأمین آب را در سال پایه ۹۱-۱۳۹۰ تحت شرایط متفاوت آب و هوایی در سطح دشت قزوین نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، ملاحظه می‌شود که کل منابع آب در دسترس در دشت قزوین طی سال پایه ۹۱-۱۳۹۰ در حدود ۱۸۷/۹۵ میلیون مترمکعب می‌باشد که ۱۰۵/۵۱ میلیون مترمکعب آن مربوط به حجم آب‌های سطحی و مابقی (۸۲/۴۴) میلیون مترمکعب) مربوط به حجم آب‌های زیرزمینی است. افزون بر این، در بین منابع مختلف تأمین آب دشت قزوین، بیشترین سهم تأمین آب ۳۵/۶ درصد است که مربوط به منابع آب تجمع یافته در سطح این دشت و رودخانه شاهرود می‌باشد.

سطح زیرکشت محصولات منتخب، تولیدات کشاورزی، هزینه‌های تولید، میزان مصرف نهاده‌ها و قیمت محصولات منتخب می‌باشد، با مراجعه مستقیم به سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین و داده‌های مربوط به منابع آب در دسترس، از طریق مراجعه به شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین جمع‌آوری شد.

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

جدول (۱)، داده‌ها و اطلاعات مربوط به محصولات منتخب زراعی دشت قزوین را طی سال پایه ۹۱-۱۳۹۰ نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این جدول ملاحظه می‌شود، محصول گندم با ۴۶۷۷ هکتار بیشترین و محصول ذرت با ۱۰۹۰ هکتار کمترین سهم را در الگوی کشت منطقه دارا می‌باشند.

جدول (۲)، میانگین دما، بارش و تبخیر صورت گرفته طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۷۰ را در دشت قزوین و در مقایسه با میانگین دما و بارش سطح کشور نشان می‌دهد.

شکل (۲) نیز میزان بارش، دما و تبخیر صورت گرفته در

جدول ۱. داده‌ها و اطلاعات مربوط به محصولات زراعی دشت قزوین در سال پایه ۹۱-۱۳۹۰

کشش عرضه	نیروی کار (نفر-روز)	سرمایه* (kg/ha)	قیمت (ریال/kg)	نیازآبی (m <sup>3</sup> /ha)	عملکرد (kg/ha)	الگوی سال پایه (ha)	محصول زراعی
۰/۴۰	۱۸	۱۸۶۷	۶۲۵۰	۴۱۷۰	۴۳۴۷	۴۶۷۷	گندم
۰/۳۵	۱۷	۱۱۳۰	۶۱۰۰	۴۰۳۸	۴۵۳۰	۳۴۰۰	جو
۰/۳۷	۲۳	۲۲۴۰	۷۴۰۰	۴۵۶۳	۱۰۳۱۸	۱۰۹۰	ذرت
۰/۸۱	۴۵	۱۶۲۹	۸۳۵۰	۷۵۱۰	۱۷۰۳۴	۲۰۳۱	گوجه‌فرنگی
۰/۷۲	۲۸	۲۰۳۸	۵۵۰۰	۶۱۵۷	۲۴۳۶۷	۱۳۳۷	چغندر
۰/۵۴	۱۶	۱۸۳۷	۴۳۸۰	۸۳۶۲	۱۱۳۷۵	۴۵۲۰	یونجه
۰/۴۸	۲۱	۱۲۸۵	۲۸۵۰۰	۵۷۲۰	۲۸۴۶	۴۵۰۰	کلزا

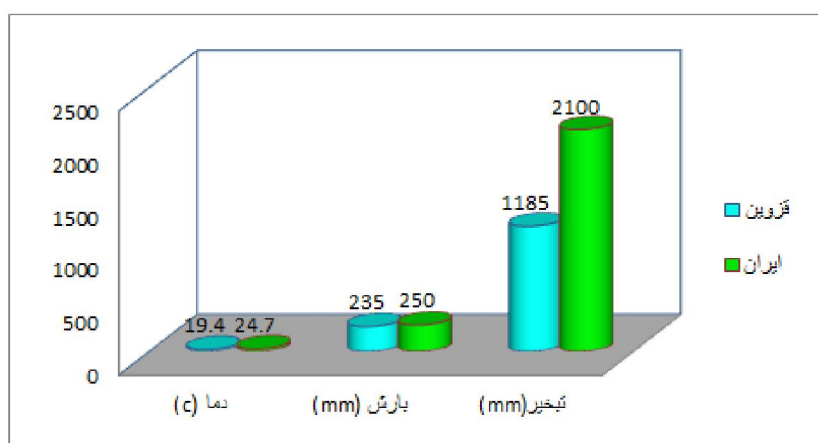
\*: مجموع نهاده‌های کود شیمیایی، سم و بذر است که کشاورز برای کشت در هر هکتار نیاز دارد.

مأخذ: سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین، ۱۳۹۱

جدول ۲. میانگین دما، بارش و تبخیر طی دوره‌های اخیر در دشت قزوین و در مقایسه با کشور

دوره پنج ساله مورد نظر			متغیر اقلیمی	سطح بررسی
۱۳۸۸-۹۲	۱۳۸۲-۸۸	۱۳۷۶-۸۲	۱۳۷۰-۷۶	قزوین
۲۳۳/۵	۲۳۵/۱	۲۳۷/۸	۲۳۹/۲	ایران (mm)
۲۵۱/۲	۲۵۲/۹	۲۵۵/۲	۲۵۷/۸	دما
۱۹/۷	۱۹/۰	۱۸/۲	۱۷/۶	قزوین (C)
۲۴/۱	۲۳/۳	۲۲/۷	۲۱/۸	ایران
۱۰۱۵	۹۹۴	۹۷۹	۹۶۶	قزوین
۲۰۶۷	۱۹۸۵	۱۹۷۱	۱۹۶۳	ایران (mm)

مأخذ: گزارشات سازمان هواشناسی استان قزوین، ۱۳۹۱



شکل ۲. مقایسه میزان متغیرهای اقلیمی در دشت قزوین و سطح کشور طی سال پایه

جدول ۳. منابع آب قابل دسترس در دشت قزوین طی سال پایه (برحسب میلیون مترمکعب)

نوع منبع آب	حجم آب سطحی	حجم آب زیرزمینی	حجم کل آب در- دسترس	سهم منبع آب (درصد)
چاه‌های عمیق شخصی	۰	۲۶/۱۸	۲۶/۱۸	۱۳/۹
چاه‌های نیمه عمیق شخصی	۰	۱۴/۹۶	۱۴/۹۶	۷/۹۶
چاه‌های عمیق دولتی	۰	۱۸/۳۷	۱۸/۳۷	۹/۷۴
کانال‌ها و سدهای انحرافی	۳۸/۶۲	۰	۳۸/۶۲	۲۰/۶
رودخانه و آب تجمع یافته	۶۶/۸۹	۰	۶۶/۸۹	۳۵/۶
قنات و چشمه	۰	۲۲/۹۳	۲۲/۹۳	۱۲/۲
مجموع	۱۰۵/۵۱	۸۲/۴۴	۱۸۷/۹۵	۱۰۰

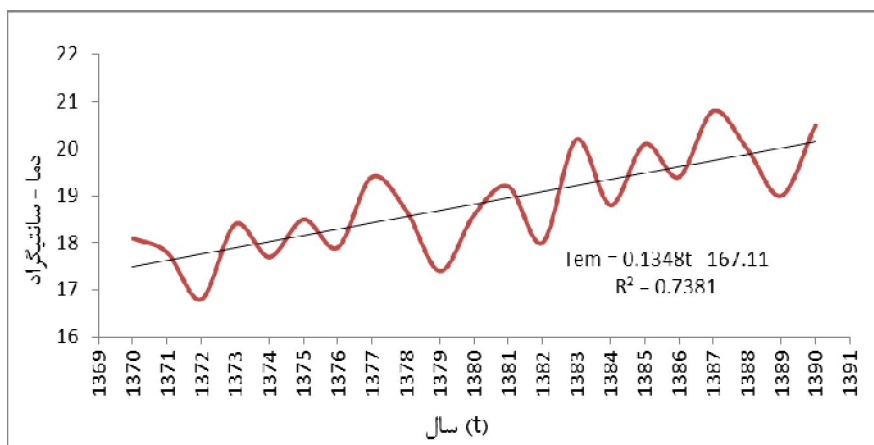
مأخذ: گزارشات سازمان آب منطقه‌ای استان قزوین، ۱۳۹۱

#### ۴-۱- نتایج حاصل از تحلیل‌های رگرسیونی

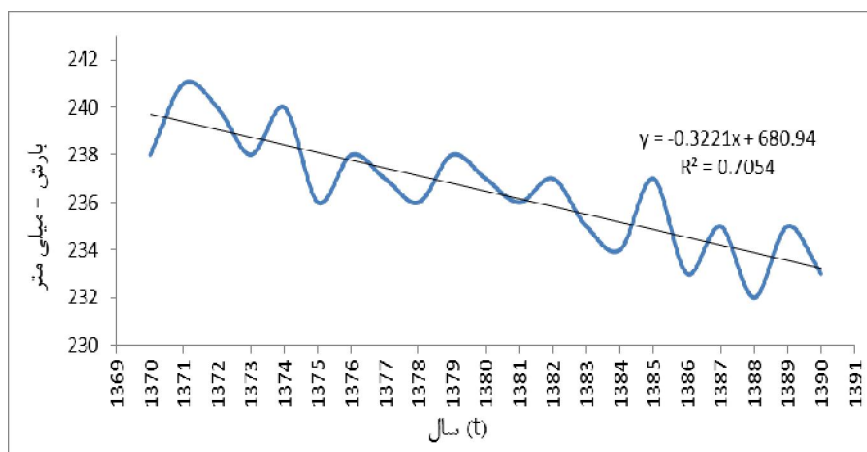
##### الف) روند تغییرات متوسط دما و بارش سالانه در دشت قزوین طی دوره زمانی ۱۳۷۰-۱۳۹۲

همان‌طور که در شکل (۳) ملاحظه می‌شود، متوسط دمای سالانه در دشت قزوین با توجه به خط برازش رسم شده، در حال افزایش می‌باشد. این برازش یک روند صعودی را نشان می‌دهد که حاکی از گرم شدن دمای هوا طی دوره زمانی ۱۳۷۰-۱۳۹۰ در دشت قزوین است. این امر یکی از پارامترهای اصلی تغییر اقلیم در منطقه مورد نظر به شمار می‌رود. افزون بر آن، میزان  $R^2$  تابع رگرسیونی مربوط به دما ۰/۷۴ می‌باشد که نشان‌دهنده خوبی برازش است. نزدیک بودن این مقدار به یک، بیانگر آن است که متغیر توضیحی (زمان) به خوبی متغیر وابسته (دما) را توضیح داده است. همچنین شکل (۴)، تغییرات کم متغیر بارش سالانه را طی دوره زمانی ۱۳۷۰-۱۳۹۰ در دشت قزوین نشان می‌دهد.

با توجه به برازش صورت گرفته، کاهش محسوس میزان بارش در این دشت، طی دوره زمانی مورد نظر مشاهده می‌شود. میزان  $R^2$  تابع تخمین زده شده بارش نیز براساس دوره زمانی (t)، ۰/۷۱ می‌باشد که توضیح بهتر متغیر وابسته (بارش) را توسط متغیر توضیحی (زمان) نشان می‌دهد. به طور کلی، با مقایسه خط برازش دو نمودار دما و بارش مشاهده می‌شود که طی سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۹۰، دما در حال افزایش و بارش در حال کاهش می‌باشد. تفاوت روند دما و بارش در دشت قزوین بیانگر آن است که تغییر اقلیم تقریباً محسوس در این استان مشاهده می‌شود. افزون بر آن، تحلیل رگرسیونی برای دو متغیر اقلیمی دما و بارش نشان می‌دهد که در برخی از سال‌ها با افزایش دما، بارش در همان سال کاهش محسوس داشته است. به عنوان مثال، در سال ۱۳۷۷ و ۱۳۸۳ متوسط دمای سالانه افزایش یافته، در حالی که با توجه به شکل (۴) میزان بارش در این دو سال با کاهش محسوس همراه بوده است.



شکل ۳. روند تغییرات دمای هوا در دشت قزوین طی دوره زمانی ۱۳۷۰-۱۳۹۲



شکل ۴. روند تغییرات بارش در دشت قزوین طی دوره زمانی ۱۳۷۰-۱۳۹۲

جدول ۴. اثر متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر عملکرد محصولات منتخب در دشت قزوین

متغیر	گندم	جو	ذرت	چغندر	کلزا	گوجه‌فرنگی	یونجه
عرض از مبدأ	-۰/۳۸	۱/۴۲*	۱/۵۳	۱/۲۳	۱/۶	-۰/۵۷*	۶/۶**
بارش	-۰/۱۳**	۰/۷۵**	۰/۲۷***	۰/۴۶**	-۰/۲۳**	-۰/۲۵**	۰/۹۵**
دما	-۰/۰۷***	۰/۰۴**	۰/۲۴**	۰/۱۳***	-۰/۰۵***	۰/۳۷*	۰/۱۸*
$\bar{R}^2$	۰/۷۳	۰/۸۶	۰/۸۱	۰/۸۹	۰/۸۰	۰/۷۵	۰/۷۷
D.W	۲/۰۳	۱/۹	۱/۸۳	۱/۷	۱/۷۳	۱/۹	۲/۰
F	۳۶	۱۳۲	۵۴	۸۳	۳۴	۸۴	۳۱
R(۱)	۰/۶۱***	۰/۵۶***	۰/۷۲**	۰/۶۷***	۰/۶۳**	۰/۷۰**	۰/۵۹***

\*: معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد \*\* معنی‌دار در سطح ۵ درصد \*\*\* معنی‌دار در سطح ۱ درصد

مأخذ: یافته‌های تحقیق

قزوین پس از تخمین توابع رگرسیونی مورد نظر و انجام آزمون‌های  $\bar{R}^2$  (ضریب تعیین تعدیل شده)، D.W (دوربین واتسون)، F (آزمون والد) و R(۱) (آزمون خودرگرسیون مرتبه اول)، در جدول (۴) نشان داده شده است.

### ب) اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات منتخب در دشت قزوین

اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات منتخب (معنی‌دار یا عدم معنی‌دار بودن اثر دما و بارش بر عملکرد محصولات) در دشت

محصولات، آماره آزمون F محاسباتی بزرگ‌تر از F جدول است که نشان می‌دهد کل توابع رگرسیونی انجام شده معنی‌دار می‌باشند.

#### ۴-۲- نتایج حاصل از واسنجی مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)

تحلیل توابع رگرسیونی نشان داد که با یک واحد افزایش دما و ۱۰ میلی‌متر کاهش بارش، عملکرد محصولات منتخب در دشت قزوین به طور معناداری تغییر می‌کند. به همین منظور در مطالعه حاضر بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد، سطح زیرکشت محصولات و سود ناخالص کشاورزان دشت قزوین سناریوی افزایش یک درجه دما و کاهش ۱۰ میلی‌متر بارش سالانه در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از اعمال سناریوی تلفیقی فوق در جدول (۵) آورده شده است. با توجه به این جدول، ملاحظه می‌شود که با اعمال سناریوهای اقلیمی یک درجه افزایش دما و ۱۰ میلی‌متر کاهش بارندگی به صورت تلفیقی در دشت قزوین، عملکرد جو، ذرت، چغندر و یونجه به ترتیب ۱۵، ۲۴، ۱۳ و ۱۷ درصد افزایش و عملکرد گندم، گوجه‌فرنگی و کلزا به ترتیب ۲۹، ۱۶ و ۲۳ درصد کاهش می‌یابد. با توجه به تغییرات به وجود آمده در میزان عملکرد محصولات منتخب در اثر اعمال سناریوی اقلیمی و با استفاده از مدل PMP ارائه شده می‌توان میزان تغییرات سطح زیرکشت محصولات و سود ناخالص کشاورزان دشت قزوین را براساس سناریوی اعمال شده شبیه‌سازی نمود. همان‌طوری که در جدول (۵) ملاحظه می‌شود، پس از اعمال سناریوی یک درجه افزایش دما و ۱۰ میلی‌متر کاهش بارش عملکرد محصولات گندم، گوجه‌فرنگی و کلزا به میزان ۲۹، ۱۶ و ۲۳ درصد کاهش می‌یابد. با کاهش عملکرد این محصولات، سطح زیرکشت آنها به میزان ۳۸/۷، ۴/۱ و ۹/۳ درصد کاهش یافته و از ۴۶۷۷، ۲۰۳۱ و ۴۵۰۰ هکتار در سال پایه به ۲۸۶۵، ۱۹۴۷ و ۴۰۸۱ هکتار می‌رسد. اعمال سناریوی یک درجه افزایش دما و ۱۰ میلی‌متر کاهش بارش برای سایر محصولات الگو (جو آبی، ذرت، چغندر و یونجه)، افزایش عملکرد و در نتیجه افزایش سطح زیرکشت را نسبت به سال پایه در پی دارد. افزایش سطح زیرکشت جو ۱۹/۶، ذرت ۱۵/۶، چغندر ۱۶/۸ و یونجه ۱۶/۳ درصد نسبت به سال پایه می‌باشد.

با توجه به جدول (۴) ملاحظه می‌شود که متغیرهای بارش و دمای سالانه در دشت قزوین دارای اثر منفی بر عملکرد محصولات گندم و کلزا می‌باشند. براساس نتایج به دست آمده، با افزایش یک واحد دما و بارش سالانه، میزان عملکرد محصول گندم به ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۰۷ واحد و میزان عملکرد محصول کلزا به ترتیب ۰/۲۳ و ۰/۰۵ واحد کاهش می‌یابد. برای محصول گوجه‌فرنگی افزایش یک واحد بارش سالانه سبب کاهش عملکرد آن به میزان ۰/۲۵ واحد و افزایش یک واحد دمای سالانه سبب افزایش عملکرد آن به میزان ۰/۳۷ واحد می‌شود. برای سایر محصولات منتخب (جو آبی، ذرت، چغندر و یونجه) افزایش دما و بارش سالانه به میزان یک واحد، سبب افزایش عملکرد می‌شود. افزون بر آن، نتایج حاصل از تحلیل رگرسیونی نشان می‌دهند که متغیرهای اقلیمی دما و متوسط بارش سالانه از لحاظ آماری، برای محصولات گندم، چغندر و کلزا به ترتیب در سطح یک و پنج درصد، برای محصولات گوجه‌فرنگی و یونجه در سطح پنج و ده درصد و برای محصول جو در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار شدند. قدرت توضیح‌دهندگی مدل برآورد شده نیز، تقریباً بالا بوده و  $R^2$  توابع عملکرد برآورد شده بر حسب دو متغیر توضیحی دما و بارش سالانه از ۰/۷۳ برای محصول گندم تا ۰/۸۹ برای محصول چغندر تغییر می‌کند. بالا بودن مقدار ضریب تعیین تعدیل شده پس از تخمین توابع، حاکی از آن است که متغیرهای بارش و متوسط دمای سالانه توانسته‌اند درصد بالایی (۷۳ تا ۸۹ درصد) از تغییرات متغیر وابسته (عملکرد محصولات) را توضیح دهند.

در مرحله تحلیل رگرسیونی برای رفع خودهمبستگی از فرایند خودرگرسیون مرتبه اول  $R(1)$  استفاده شد. این فرایند نشان داد که پیش‌بینی متغیر وابسته در زمان  $t$ ، نسبتی از مقدار آن در زمان  $(t-1)$  به علاوه یک شوک تصادفی یا جمله اخلال در زمان  $t$  می‌باشد. مقدار آماره آزمون خود رگرسیون مرتبه اول با توجه به جدول (۴) برای توابع عملکرد محصولات گندم، جو، چغندر و یونجه در سطح یک درصد و برای توابع عملکرد محصولات ذرت، کلزا و گوجه‌فرنگی در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. با توجه به جدول (۴)، آماره آزمون دوربین واتسون برای توابع تخمین زده شده گندم و یونجه به ترتیب ۲/۰۳ و ۲/۰ به دست آمد که حاکی از عدم وجود خودهمبستگی بین اجزای اخلال توابع این دو محصول می‌باشد. آزمون F، معیار اندازه‌گیری معنی‌دار بودن کلی رگرسیون می‌باشد. با توجه به جدول (۴) برای کلیه

جدول ۵. نتایج حاصل از اعمال سناریوی تلفیقی اقلیمی در محدوده مطالعاتی دشت قزوین

تغییرات سطح زیرکشت	تغییرات سطح زیرکشت (هکتار)	تغییرات عملکرد	سناریوی اعمال شده		مقادیر سال پایه (هکتار)	محصولات منتخب
			کاهش بارش	افزایش دما		
-۳۸/۷٪	۲۸۶۵	-۲۹٪	۱۰mm	۱°C	۴۶۷۷	گندم
۱۹/۶٪	۴۰۶۶	۱۵٪	۱۰mm	۱°C	۳۴۰۰	جو
۱۵/۶٪	۱۲۶۰	۲۴٪	۱۰mm	۱°C	۱۰۹۰	ذرت
-۴/۱٪	۱۹۴۷	-۱۶٪	۱۰mm	۱°C	۲۰۳۱	گوجه‌فرنگی
۱۶/۸٪	۱۵۶۲	۱۳٪	۱۰mm	۱°C	۱۳۳۷	چغندر
۱۶/۳٪	۵۲۵۵	۱۷٪	۱۰mm	۱°C	۴۵۲۰	یونجه
-۹/۳٪	۴۰۸۱	-۲۳٪	۱۰mm	۱°C	۴۵۰۰	کلزا

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۶. تغییرات سود ناخالص کشاورزان در هر هکتار از اراضی منتخب پس از اعمال سناریوی تلفیقی اقلیمی

درصد تغییرات سود ناخالص کشاورزان	سود ناخالص پس از اعمال سناریو (۱۰۰ ریال)	سود ناخالص سال پایه (۱۰۰ ریال)	محصول
۶/۴۴	۱۶۸۰۳۸	۱۵۷۸۷۱	گندم
- ۲۱/۳	۱۱۲۷۹۷	۱۴۳۴۱۸	جو
- ۷۸/۵	۱۰۶۸۷۰	۴۹۷۳۸۵	ذرت
۴/۳۴	۹۱۱۳۳۵	۸۷۳۴۳۰	گوجه‌فرنگی
- ۴/۰۰	۸۰۰۴۹۴	۸۳۳۸۷۸	چغندر
۰/۵۰	۳۱۴۲۷۹	۳۱۲۷۱۱	یونجه
۳/۶۰	۵۸۴۷۱۸	۵۶۴۵۱۴	کلزا
۱۰/۵	۹۵۰۵۶۳۶	۸۶۰۳۹۰۵	سود ناخالص الگو

مأخذ: یافته‌های تحقیق

۱۰/۵ درصد افزایش می‌یابد و از ۸۶۰/۳ به ۹۵۰/۶ میلیون ریال می‌رسد.

### ۵. بحث و نتیجه‌گیری

گرم شدن آب و هوای زمین و تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین مسائل زیست محیطی جهان است. تغییر اقلیم اثرات محسوسی بر بخش کشاورزی دارد. بررسی پیامدهای این اثرات می‌تواند برای آینده بخش کشاورزی هر کشوری مفید باشد. هدف اصلی این مطالعه تحلیل پیامدهای تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات کشاورزی و سود ناخالص کشاورزان دشت قزوین است. بدین منظور، در بخش اول این تحقیق از یک تابع رگرسیونی جهت بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات عمده دشت قزوین و در ادامه از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر میزان تغییرات سطح زیر کشت محصولات و سود ناخالص کشاورزان دشت قزوین استفاده شد. تخمین توابع رگرسیونی در محیط نرم‌افزاری Eviews و حل مدل PMP در محیط نرم‌افزاری GAMS صورت گرفت.

جدول (۶) میزان تغییرات سود ناخالص کشاورزان را در هر هکتار از محصولات منتخب طی سال پایه و پس از اعمال سناریوی تلفیقی اقلیمی در دشت قزوین نشان می‌دهد: با توجه به نتایج جدول (۶)، ملاحظه می‌شود که پس از اعمال سناریوی تلفیقی یک درجه افزایش دما و ۱۰ میلی‌متر کاهش بارش، سود ناخالص حاصل از هر هکتار جو، ذرت و چغندر برای کشاورزان دشت قزوین نسبت به سال پایه (۹۱-۱۳۹۰) به ترتیب ۲۱/۳، ۷۸/۵ و ۴ درصد کاهش می‌یابد، در حالی که با اعمال سناریوی تلفیقی فوق سود ناخالص حاصل از هر هکتار گندم، گوجه‌فرنگی، یونجه و کلزا به ترتیب ۶/۴۴، ۴/۳۴، ۰/۵ و ۳/۶ درصد نسبت به سال پایه افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج به دست آمده، ملاحظه می‌شود که بیشترین میزان تغییرات سود ناخالص کشاورزان در واحد سطح مربوط به محصول ذرت و کمترین میزان تغییرات سود ناخالص مربوط به محصول یونجه می‌باشد. افزون بر این، نتایج نشان می‌دهد که با اعمال سناریوی تلفیقی اقلیمی فوق، مجموع سود ناخالص حاصل از الگوی کشت در دشت قزوین نسبت به سال پایه

حاضر نشان داد که با اعمال سناریوی تلفیقی اقلیمی، سود ناخالص کشاورزان دشت قزوین نسبت به سال پایه (۱۳۹۰) به میزان ۱۰/۵ درصد افزایش می‌یابد که این امر به علت توسعه سطح زیرکشت محصولات اقتصادی‌تر (پر بازده‌تر) در الگوی کشت منطقه مورد مطالعه می‌باشد. مطالعات معدودی در این زمینه وجود دارند که نتایج برخی از آنها مطابق با یافته‌های تحقیق حاضر است. از جمله مهم‌ترین این مطالعات می‌توان به تحقیق کونور و همکاران (۲۰۰۸: ۱۸۳۴) اشاره کرد که یافته‌های حاصل از آن حاکی از افزایش هزینه‌های تولید و کاهش سود ناخالص کشاورزان تحت سناریوهای شدیدتر تغییر اقلیم است. نتایج تحلیل رگرسیونی به دست آمده در مطالعه خانلری (۱۳۹۱: ۷۳) که همسو با یافته‌های بخش اول تحقیق حاضر می‌باشد، نشان داد که تغییر اقلیم اثر معنی‌داری بر عملکرد برنج، گندم و جو در استان مازندران دارد و کاربری اراضی را در جهت افزایش کشت اراضی برنج و جو تغییر داده است. همچنین، پدیده تغییر اقلیم در این استان (که ناشی از افزایش دمای هوا و کاهش بارندگی است) منجر به کاهش سود ناخالص کشاورزان گندم کار و افزایش سود ناخالص برنج کاران منطقه شده است. به طور کلی، با توجه به ناهمگامی تغییرات اقلیمی در برنامه‌ریزی برای افزایش میزان تولید محصولات کشاورزی در دشت قزوین، پیشنهاد می‌شود که ابتدا به عامل بهبود عملکرد در واحد سطح پرداخته شود و توسعه سطح زیرکشت محصولاتی چون ذرت، چغندر و یونجه در اولویت بعدی قرار گیرد، چرا که توسعه سطح زیرکشت این محصولات به واسطه حمایت‌های دولت اگر چه می‌تواند انگیزه‌های زارعین را برای بهبود عملکرد افزایش دهد، اما منجر به کاهش سطح زیرکشت محصولات رقیبی چون گندم و کلزا خواهد شد که این امر بازار مصرف را در کوتاه مدت با مشکلات عدیده مواجه خواهد نمود. افزون بر آن، یافته‌های این مطالعه نشان داد که اثر تغییر اقلیم بر عملکرد همه محصولات الزاماً منفی نیست. لذا، می‌توان به جنبه‌های مثبت تغییر اقلیم نیز توجه داشت و از آن در جهت افزایش عملکرد در واحد سطح و بهره‌برداری بهینه از منابع و امکانات منطقه استفاده کرد.

### تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی به شماره ۷۳/ع/۶۴/۱۰۰۲ مورخ ۱۳۹۴/۲/۱۴ می‌باشد. بدین وسیله از مسئولین محترم دانشگاه پیام نور استان تهران صمیمانه تقدیر و تشکر می‌شود.

نتایج تحلیل رگرسیون نشان داد که تغییر اقلیم در دشت قزوین اثر معنی‌داری بر عملکرد محصولات منتخب دارد. در واقع، متغیرهای بارش و متوسط دمای سالانه اثر منفی بر عملکرد گندم و کلزا و اثر مثبت بر عملکرد جو، ذرت، چغندر و یونجه داشت. برای محصول گوجه‌فرنگی نیز متغیر دما اثر مثبت و متغیر بارش اثر منفی بر عملکرد آن داشت. این بخش از یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج به دست آمده از مطالعه وستکات و همکاران (۲۰۰۵: ۱۶۷۳) که به بررسی واکنش عملکرد محصول ذرت دانه‌ای نسبت به بارندگی‌های تخمین‌زده شده در ایالت‌های مرکزی آمریکا پرداختند، همخوانی دارد. آنها در تحقیق خود بیان داشتند که بارندگی‌های رخ داده در ایالت‌های مختلف آمریکا، به خصوص در ماه جولای تا حد زیادی بر عملکرد محصول ذرت دانه‌ای مؤثر می‌باشند. افزون بر این، نتایج این تحقیق در راستای یافته‌های مطالعه سانچیس و فیچوبلو (۲۰۰۹: ۹۰۱) است. آنها در تحقیق خود به این نتیجه دست یافتند که اثرات تغییر اقلیم از نظر اقتصادی و محیطی منجر به کاهش سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی در الگوی کشت شده است و اثرات منفی بر میزان تولید یا عملکرد محصولات داشته است. مطالعه عزیززی و یاراحمدی (۱۳۸۲: ۲۶) در دشت سیلاخور استان لرستان نیز که با استفاده از مدل‌های رگرسیونی صورت گرفت، ارتباط تنگاتنگی را بین پارامترهای اقلیمی (دما و بارش) و عملکرد گندم دیم نشان داد. نتایج این تحقیق بازگو کننده اثر مثبت متغیر اقلیمی بارش بر عملکرد گندم دیم در منطقه سیلاخور استان لرستان است که با نتایج تحقیق حاضر قرابت دارد. نتایج به دست آمده از تحقیق واقعی و اسماعیلی (۱۳۸۷: ۴۲) نیز در زمینه اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصول گندم در کشور همسو با یافته‌های تحقیق حاضر بود و نشان داد که افزایش دما و کاهش بارندگی در دهه‌های آتی بر سطح زیرکشت و بازده خالص درآمدی حاصل از محصول گندم اثر منفی دارد. افزون بر موارد فوق، نتایج حاصل از بخش اول تحقیق حاضر (معنی‌داری اثرات تغییر اقلیم ناشی از افزایش دما و کاهش بارش بر عملکرد محصولات و الگوی کشت) با نتایج تحقیقات عزیززی و روشنی (۱۳۸۸: ۱۵۱) و پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۲: ۷۶) همسو و هم‌جهت می‌باشد.

بخش دیگری از نتایج تحقیق حاضر که حاصل از حل مدل PMP می‌باشد، نشان داد که پس از اعمال سناریوی یک درجه افزایش دما و ۱۰ میلی‌متر کاهش بارش، کشاورزان دشت قزوین از سطح زیرکشت محصولات گندم آبی، گوجه‌فرنگی و کلزا می‌کاهد و به سمت توسعه سطح زیرکشت جو، ذرت، چغندر و یونجه تمایل پیدا می‌کنند. افزون بر این نتایج بخش دوم تحقیق

## منابع

- ابریشمی، حمید (۱۳۸۳). "مبانی اقتصادسنجی". چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- آبایی، بهنام؛ سهرابی، تیمور؛ میرزایی، فرهاد؛ رضوردی نژاد، وحید و کریمی، بختیار (۱۳۹۰). "اثر تغییر اقلیم بر عملکرد گندم و تحلیل ریسک ناشی از آن (مطالعه موردی: منطقه رود دشت اصفهان)". *مجله دانش آب و خاک*، دوره ۲۰، شماره ۱، ۱۵۰-۱۳۶.
- پرهیزکاری، ابوذر. و صبوحی، محمود (۱۳۹۱). "مدیریت بهره‌برداری و تخصیص بهینه منابع آب جهت تعیین الگوی مناسب کشت". *سومین کنفرانس مدیریت جامع منابع آب*، صفحات ۱۴-۱.
- پرهیزکاری، ابوذر؛ صبوحی، محمود؛ احمدپور، محمود و بدیع برزین، حسین (۱۳۹۳). "شبیه‌سازی واکنش کشاورزان به سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری (مطالعه موردی: شهرستان زابل)". *نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی*، دوره ۲۸، شماره ۲، ۱۷۶-۱۶۷.
- پرهیزکاری، ابوذر؛ نوروزیان، محمد و صبوحی، محمود (۱۳۹۲). "تحلیل اقتصادی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد پنبه آبی در استان‌های منتخب". *مجله هواشناسی کشاورزی*، دوره ۲، شماره ۱، ۷۹-۷۳.
- پرهیزکاری، ابوذر و صبوحی، محمود (۱۳۹۲). "شبیه‌سازی پاسخ کشاورزان به سیاست کاهش آب آبیاری در دسترس". *مجله آب و آبیاری*، دوره ۳، شماره ۲، ۵۳-۴۲.
- پرهیزکاری، ابوذر؛ صبوحی، محمود و ضیائی، سامان (۱۳۹۲). "شبیه‌سازی بازار آب و تحلیل اثرات سیاست اشتراک‌گذاری آب آبیاری بر الگوی کشت تحت شرایط کم‌آبی". *نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی*، دوره ۲۷، شماره ۳، ۲۵۲-۲۴۲.
- خانلری، احمد (۱۳۹۱). "اثر تغییر اقلیم بر کاربری اراضی و عملکرد بخش کشاورزی استان مازندران". پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل.
- رامشت، محمد حسین (۱۳۷۵). "تحلیلی بر احتمال بارش ۳۰۰ میلی‌متر در مناطق جغرافیایی ایران". *مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه اصفهان*، شماره ۸، ۴۹-۳۳.
- شکیبا، علیرضا؛ باهک، بتول و منوریان، زری (۱۳۸۷). "اثرات تغییرات بارندگی بر روی جریان‌ات آب‌های سطحی و دائمی استان تهران: مطالعه موردی رودخانه جاجرود". *مجله چشم‌انداز جغرافیایی*، دوره ۳، شماره ۷، ۱۳۴-۱۱۱.
- صبوحی، محمود و پرهیزکاری، ابوذر (۱۳۹۲). "تحلیل اثرات اقتصادی و رفاهی تشکیل بازار آب آبیاری در استان قزوین". *نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی*، دوره ۲۷، شماره ۴، ۳۵۰-۳۳۸.
- عزیزی، قاسم و روشنی، محمود (۱۳۸۸). "تحلیلی بر مفاهیم و اثرات تغییر اقلیم بر روی دما و تقویم زراعی برنج در گیلان". *فصلنامه چشم‌انداز جغرافیایی*، دوره ۴، شماره ۸، ۱۵۵-۱۴۳.
- عزیزی، قاسم و یاراحمدی، داریوش (۱۳۸۲). "بررسی ارتباط پارامترهای اقلیمی و عملکرد گندم با استفاده از مدل رگرسیونی (مطالعه موردی دشت سیلان‌خور)". *فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی*، دوره ۴۴، ۲۹-۲۳.
- علیزاده، امین و کمالی، غلامعلی (۱۳۸۴). "اثرات تغییر اقلیم بر افزایش مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد". *مجله تحقیقات جغرافیایی*، دوره ۱۷، ۲۰۱-۱۸۹.
- غیور، حسنعلی و مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۷۶). "اثرات گرم‌ترشدن زمین بر چرخه آب در طبیعت". *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، دوره ۴۶، ۶۹-۵۳.
- ناصری، محسن؛ تقوی، فرحناز و زهرایی، بنفشه (۱۳۸۸). "رفتار شناسی مکانی- زمانی بارش در محدوده استان قزوین با استفاده از روش توابع متعامد معمولی و فازی". *مجله فیزیک زمین و فضا*، دوره ۳۷، شماره ۳، ۲۰۳-۱۹۱.
- نجف‌پور، بهرام (۱۳۸۵). "نقش اقلیم در برنامه‌ریزی و مدیریت محیط (با تأکید بر ایران)". *مجله بیک نور*، شماره ۲، ۱۲۶-۱۱۶.
- نوفروستی، محمد (۱۳۷۸). "ریشه واحد و همجمعی در اقتصادسنجی". چاپ اول، انتشارات رسا.
- واتقی، الهه و اسماعیلی، عبدالکریم (۱۳۸۷). "اثرات تغییرات اقلیم بر رانت زمین کشاورزی: مطالعه موردی ذرت". *مجله اقتصاد و کشاورزی*، دوره ۲، شماره ۳، ۴۷-۲۶.
- وب سایت اداره کل هواشناسی استان قزوین، ([www.qazvinmet.ir](http://www.qazvinmet.ir))

- Angel, J. (2008). "Potential Impacts of Climate Change on Water Availability, Illinois State Water Survey". *Institute of Natural Resource Sustainability*, 12(1), 397-409.
- Antle, J. M. (1996). "Meteorological Issues in Assessing Potential Impacts of Climate Change on Agriculture". *Agriculture Forest Meteoric*, 80, 67-85.
- Bates, B., Kundzewicz, Z. W. & Palutikof, J. (2008). "Climate Change and Water". *Intergovernmental Panel on Climate Change*, 88, 197-206.
- Connor, J., Kirby, M., Schwabe, K., Liukasiewicz, A. & Kaczan, D. (2008). "Impacts of Reduced Water Availability on Lower Murray Irrigation, Australia, Socio-Economics and the Environment in Discussion", *CSIRO working paper series ISSN: 1834-5638*.
- He, L., Tyner, W.E., Doukkali, R. & Siam, G. (2006). "Policy Options to Improve Water Allocation Efficiency: Analysis on Egypt and Morocco". *Water International*, 31, 320-337.
- Heckelei, T. (2002). "Calibration and Estimation of Programming Models for Agricultural Supply Analysis", University of Bonn, No: 159.
- Howitt, R. E. (1995). "Positive Mathematical Programming". *American Journal of Agricultural Economics*, 77(2), 329-342.
- Howitt, R. E. (2005). "Pmp based Production Models- Development and Integration". The future of rural europe in the global agri-food system. Denmark, 21-23 August.
- Howitt, R. E., Medellin-Azuara, J., MacEwan, D. & Lund, R. (2012). "Calibrating Disaggregate Economic Models of Agricultural Production and Water Management". *Science of the Environmental Modeling and Software*, 38, 244-258.
- Medellan-Azuara, J., Harou, J. & Howitt, R. (2010). "Estimating Economic Value of Agricultural Water Under Changing Conditions and the Effects of Spatial Aggregation". *Science of the Total Environment*, 408, 5639-5648.
- Meyer, A., Tsui, A. S. & Hinings, C. R. (1993). "Configurational Approaches to Organizational Analysis". *Academy of Management Journal*, 36, 1175-1195.
- Norwood, Ch. (2000). "A Dry Land Winter Wheat as Affected by Previous Crops". *Agronomy Journal*, 12(3), 147-159.
- Sanchis, F. M. & Feijoo-Bello, M. L. (2009). "Climate Change and Its Marginalizing Effect on Agriculture". *Ecological Economics*, 68(3), 896-904.
- Traynham, L., Palmer, R. & Polebitski, A. (2011). "Impacts of Future Climate Conditions and Forecasted Population Growth on Water Supply Systems in The Puget Sound Region". *Water Resource*, 137(2), 318-326.
- Westcott, N., Hollinger, S. E. & Kunkel, K. E. (2005). "Use of Real Time Multisensory Data to Assess the Relationship of Normalized Corn Yield with Monthly Rainfall and Heat Stress across the Central United States". *Journal of Applied Meteorology*, 44 (11), 1667-1676.