

## تحلیل اقتصادی اثرات تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر تولیدات بخش کشاورزی و منابع آب در دسترس (مطالعه موردی: اراضی پایین دست سد طالقان)

محمد مهدی مظفری<sup>۱</sup> - ابوذر پرهیزکاری<sup>۲\*</sup> - مهدی حسینی خدادادی<sup>۳</sup> - رویا پرهیزکاری<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۲۵

### چکیده

در این مطالعه، ابتدا با بهره‌گیری از داده‌های سری زمانی سال‌های ۱۳۷۸-۱۳۶۰ و مدل‌های گردش عمومی (GCM) اثرات گازهای گلخانه‌ای بر متغیرهای اقلیمی دما و بارش تحت سناریوهای انتشار  $A_1B$ ،  $A_2$  و  $B_1$  ارزیابی شد. در ادامه، جهت بررسی میزان اثرگذاری متغیرهای اقلیمی بر عملکرد محصولات منتخب از روش حداقل مربعات معمولی (OLS) استفاده شد. با لحاظ نمودن نتایج تحلیل رگرسیونی در مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، تغییرات به وجود آمده در تولیدات بخش کشاورزی، سود ناخالص کشاورزان و ارزش اقتصادی آب آبیاری نسبت به سال پایه تحلیل و بررسی شد. داده‌های موردنیاز از طریق ایستگاه‌های هواشناسی و ادارات ذی‌ربط در استان قزوین جمع‌آوری شد. تخمین توابع رگرسیونی در بسته نرم‌افزاری EViews و حل مدل PMP در نرم‌افزار GAMS صورت گرفت. نتایج نشان داد که با انتشار گازهای گلخانه‌ای تحت سناریوهای مورد بررسی، میانگین سالانه متغیرهای اقلیمی دما و بارش به ترتیب ۱/۶۴ تا ۲/۲۸ درجه سانتی‌گراد و ۰/۹۲- تا ۱/۱- میلی‌متر تغییر می‌کند و سبب کاهش عملکرد اغلب محصولات منتخب اراضی پایین دست سد طالقان می‌شود. همچنین، مجموع سطح زیرکشت محصولات منتخب ۲/۱۸ تا ۴/۰۹ درصد، مجموع آب مصرفی ۱/۶۷ تا ۵/۱۸ درصد و مجموع سود ناخالص کشاورزان ۱/۹۳ تا ۳/۷۲ درصد کاهش و ارزش اقتصادی آب ۴/۲۷ تا ۱۳/۶ درصد نسبت به سال پایه افزایش می‌یابد. در پایان، به منظور کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در مجاورت اراضی پایین دست سد طالقان، توصیه می‌شود که دولت از ابزارهای تنبیهی (عوارض سبز) برای واحدهای آلاینده استفاده نموده و بخش‌های خصوصی را در اجرای طرح‌های جنگل‌داری در مجاورت شهرک‌های صنعتی مشارکت دهد.

**واژه‌های کلیدی:** برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، تغییر اقلیم، تولیدات کشاورزی، سد طالقان، گازهای گلخانه‌ای

### مقدمه

(HFCs) و پرفلئوروکربن‌ها (PFCs) می‌باشند که با صعود به جو زمین و نگاه‌داشتن انرژی خورشیدی در خود منجر به گرم‌شدن کره زمین و هوای اطراف آن شده‌اند (۲۳). اگرچه که مقدار اندکی از این گازها به طور طبیعی در جو زمین وجود دارد، اما فعالیت‌های بشر و آلودگی‌های ناشی از آن مقدار گازهای مذکور را به طور غیرطبیعی افزایش داده و در نتیجه، گرمای ناشی از تابش اشعه خورشید در جو زمین محبوس و سبب افزایش دمای کره زمین شده است. گرم شدن دمای هوا نیز منجر به کاهش میزان بارش باران، افزایش تبخیر و تعرق، تغییر جهت وزش باد، تغییر در الگوهای کشت، کاهش میزان تولیدات کشاورزی، افزایش وقوع خشک‌سالی، افزایش مناطق بیابانی و تغییر در حجم منابع آب سطحی و زیرزمینی شده است (۵).  
بر اساس گزارشات هیئت بین‌المللی تغییرات اقلیمی (IPCC) با

انتشار روز افزون گازهای گلخانه‌ای و پدیده‌های ارتباط از راه دور از جمله عواملی هستند که بر سرعت به وجود آمدن پدیده تغییر اقلیم تأثیر گذاشته‌اند (۱۷). گازهای گلخانه‌ای شامل مجموعه‌ای از گازهای کربن دی‌اکسید ( $CO_2$ )، نیترو اکسید ( $N_2O$ )، متان ( $CH_4$ ) ازن در جو پایین ( $O_3$ )، کلروفلئوروکربن‌ها (CFCs)، هیدروفلئوروکربن‌ها

۱ و ۴ - استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) قزوین

۲ - دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه پیام نور تهران، محقق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی قزوین و عضو بنیاد ملی نخبگان

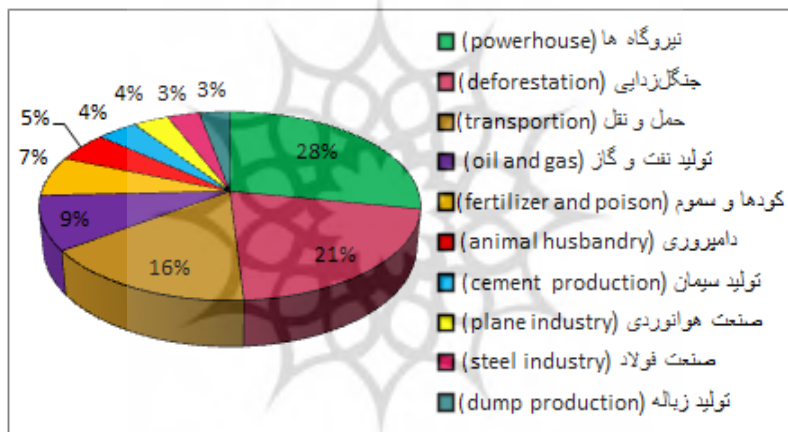
(\*) - نویسنده مسئول: Email: Abozar.parhizkari@yahoo.com

۳ - دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه زابل

صنعت آهن و فولاد و تولید زباله و پسماند را بزرگ‌ترین منابع انتشار جهانی گازهای گلخانه‌ای حاصل از فعالیت‌های انسان معرفی می‌کند. موسسه منابع جهانی (WRI) نیز بخش‌های انرژی، صنعت، کشاورزی، جنگل‌داری و فاضلاب و پسماند را از مهم‌ترین تولیدکنندگان انواع گازهای گلخانه‌ای در جهان معرفی می‌کند (۱۵). شکل‌های ۱ و ۲، سهم هر یک از منابع و بخش‌های فوق را در انتشار جهانی گازهای گلخانه‌ای نشان می‌دهد.

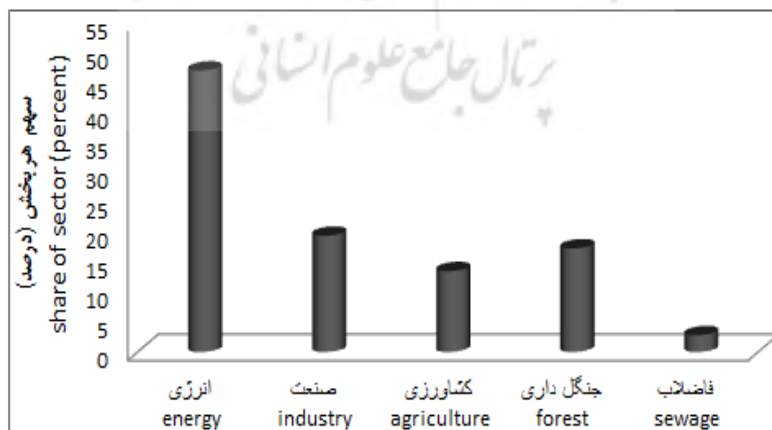
جدول ۱، میزان انتشار مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای را در سال ۱۳۹۰ و به تفکیک بخش‌های تولیدکننده در ایران نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، ملاحظه می‌شود که گاز CO<sub>2</sub> در بین سایر گازهای گلخانه‌ای به بیش‌ترین میزان ممکن انتشار یافته است. افزون بر این، ملاحظه می‌شود که در بین بخش‌های تولیدی نیروگاه‌های کشور با انتشار ۱۵۴/۷۸۳ هزار تن بیش‌ترین سهم را در تولید CO<sub>2</sub> و بخش حمل و نقل با انتشار ۴۱/۶۵۷ و ۶/۵۸۱ هزار تن بیش‌ترین سهم را در تولید گازهای CH<sub>4</sub> و N<sub>2</sub>O به خود اختصاص داده‌اند (۱۶).

اطمینان بالا می‌توان گفت که تغییرات اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای طی دهه‌های اخیر اثرات زیادی بر روی سیستم‌های فیزیکی و بیولوژیکی داشته است (۱۶). پیش‌بینی‌های انجام شده توسط بسیاری از مدل‌های گردش عمومی (GCM) حاکی از افزایش تعداد و مقدار وقایع اقلیمی بزرگ و تغییرات کاهش بارش در مناطق مختلف دنیا و در اثر نشر گازهای گلخانه‌ای می‌باشد که این مسأله علاوه بر تولیدات بخش کشاورزی، پایداری منابع آب در دسترس را نیز در آینده متأثر خواهد کرد (۳۳). گزارشات اخیر موسسه منابع جهانی (WRI) نیز حاکی از آن است که از زمان وقوع انقلاب صنعتی که سرآغاز مصرف چشم‌گیر سوخت‌های فسیلی بوده تا به امروز، انسان نقشی کلیدی و مهمی را در روند تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی به واسطه تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای ایفا کرده است. در این راستا، هیئت بین‌المللی تغییرات اقلیمی (IPCC) نیروگاه‌ها، جنگل‌زدایی، حمل و نقل جاده‌ای، تولید نفت و گاز، مصرف کودها و سموم شیمیایی، صنعت دامپروری، صنعت تولید سیمان، صنعت هوانوردی،



شکل ۱- درصد سهم بزرگ‌ترین منابع انتشار جهانی گازهای گلخانه‌ای (۱۵)

Figure 1- Percent share of the largest global emissions resources of greenhouse gases (15)



شکل ۲- درصد انتشار جهانی گازهای گلخانه‌ای به تفکیک بخش‌ها (۱۵)

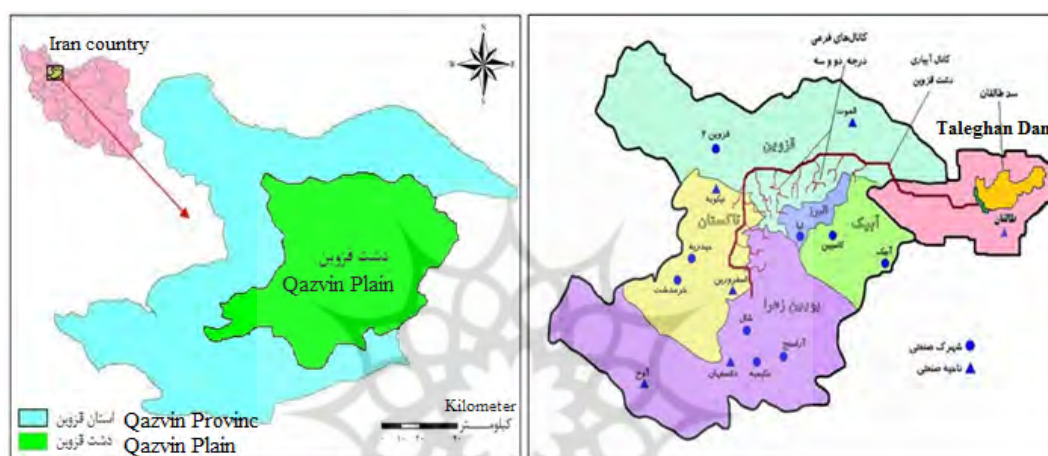
Figure 2- Percent global emissions of greenhouse gases separately for Sections (15)

جدول ۱- میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران طی سال ۱۳۹۰ (هزار تن)  
 Table 1- Greenhouse gas emissions in Iran during year 2011 (1000 tons)

N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	بخش تولیدکننده (Producer part)
0.630	3.857	134.357	خانگی و تجاری (Domestic and commercial)
0.318	2.138	88.554	صنعت (Industry)
6.581	41.657	125.681	حمل و نقل (Transportation)
4.879	1.108	137.18	کشاورزی (Agriculture)
0.056	0.563	17.236	پالایشگاهی (Refinery)
0.611	7.364	154.783	نیروگاهی (Powerhouse)
13.057	56.687	657.791	مجموع (Total)

مأخذ: وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، ۱۳۹۲

Source: Department of Energy, Office of Electricity and Energy Macro Planning, 2013



شکل ۳- موقعیت منطقه مورد مطالعه (۲۴ و ۲۵)

Figure 3- The position of the study area (24, 25)

دی‌اکسیدکربن، مونواکسیدکربن، دی‌اکسید نیتروژن و متان دارا می‌باشد (۷ و ۹). جدول ۲، میزان انتشار مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای را در سال ۱۳۹۰ در استان قزوین نشان می‌دهد:

طی سال‌های اخیر، اگرچه که مطالعات بسیاری در زمینه تغییر اقلیم ناشی از افزایش دما و کاهش بارش صورت گرفته، اما اثرات تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر تولیدات کشاورزی و منابع آب در دسترس بررسی نشده است. در ادامه به مهم‌ترین مطالعات داخلی در زمینه انتشار گازهای گلخانه‌ای اشاره می‌شود:

دریجانی و همکاران (۶) در پژوهشی با استفاده از رهیافت تابع تولید و برآورد تابع مرز تصادفی فاصله ستانده نرمال شده به استخراج ارزش آلاینده‌های آلی، شیمیایی و میکروبی پرداختند و قیمت سایه‌ای آلاینده‌های بار آلی، بار شیمیایی و بار میکروبی پساب کشتارگاه‌های دام به ترتیب ۹۱۶۴، ۱۴۵۰۲ و ۷۰۵ ریال به ازای انتشار یک کیلوگرم اکسیژن آلی، اکسیژن شیمیایی و یکصد میلیون کلیفرم ارزیابی نمودند.

اراضی پایین دست سد طالقان که منطقه مورد مطالعه در این تحقیق است، شامل ۵۸ هزار هکتار از اراضی حاصلخیز استان قزوین می‌باشد. انتقال آب سد طالقان، کشت گندم، جو، ذرت دانه‌ای، چغندر قند، گوجه‌فرنگی، هندوانه و کلزا را در این منطقه امکان‌پذیر نموده است (۲۴ و ۲۵). شکل ۳، مسیر کانال انتقال آب، موقعیت قرارگیری سد طالقان و اراضی زبردست آن را نشان می‌دهد:

با توجه به شکل ۳، ملاحظه می‌شود که کانال انتقال آب سد طالقان و اراضی پایین دست آن در مجاورت شهرک‌های صنعتی آبیک، کاسپین، لیا، قزوین ۲، خرم‌دشت، حیدریه، شال، آراسنج و حکیمیه قرار دارند. توسعه فعالیت شهرک‌های صنعتی فوق طی سال‌های اخیر منجر به انتشار حجم زیادی از گازهای گلخانه‌ای و افزایش غلظت این گازها در اتمسفر مجاور شده است (۹). به طور کلی، استان قزوین به علت هم‌جواری با پایتخت، قرارگرفتن در محور مواصلاتی چندین استان مجاور، دارا بودن بیش از ۱۰ شهرک صنعتی فعال، نیروگاه تولید برق شهیدرجایی و تعداد بی‌شماری معادن و منابع در حال بهره‌برداری، استعداد بالایی را در تولید گازهای گلخانه‌ای

جدول ۲- میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در استان قزوین طی سال ۱۳۹۰ (هزار تن)  
 Table 2- Greenhouse gas emissions in Qazvin province during year 2011 (1000 tons)

N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	بخش تولیدکننده (Producer part)
0.057	0.340	11.618	خانگی و تجاری (Domestic and commercial)
0.029	0.189	10.390	صنعت (Industry)
0.714	5.067	9.236	حمل و نقل (Transportation)
0.360	0.128	8.402	کشاورزی (Agriculture)
0.001	0.003	0.008	پالایشگاهی (Refinery)
0.092	1.270	7.518	نیروگاهی (Powerhouse)
1.253	6.997	47.172	مجموع (Total)

مأخذ: اداره کل محیط‌زیست استان قزوین، ۱۳۹۲

Source: Department of Environment Qazvin province, 2013

بر ثانیه و تحت سناریوی انتشار B<sub>2</sub> به میزان ۰/۴۴ مترمکعب بر ثانیه افزایش می‌یابد. آبیایی و همکاران (۱) در تحقیقی به بررسی اثرات تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر عملکرد گندم و تحلیل ریسک ناشی از آن در منطقه روددشت اصفهان پرداختند. نتایج نشان داد که عملکرد گندم در اثر سناریوهای انتشار A<sub>2</sub> و B<sub>1</sub> نسبت به دوره مینا به ترتیب ۱/۴۹ و ۲/۱ درصد کاهش می‌یابد. همچنین، نتایج نشان داد که در سناریوی ریسک، کاهش عملکرد گندم نسبت به مقدار میانگین دوره مینا افزایش می‌یابد. از مهم‌ترین مطالعات خارجی در زمینه ارزیابی اثرات تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

کوان و همکاران (۱۹) با انجام پژوهشی در کره جنوبی به ارزیابی هزینه‌های موردنیاز برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای پرداختند. نتایج نشان داد که بخش صنعت از بزرگ‌ترین آلوده‌کنندگان هوا در کره جنوبی است و حجم وسیعی از گازهای گلخانه‌ای، ستانده‌ی بد تولیدی بخش صنعت در این کشور می‌باشند. همچنین، نتایج نشان داد که هزینه نهایی برای کاهش هر تن اکسیدسولفور، دی‌اکسید کربن و اکسید نیتروژن بسته به طرح‌های زیست‌محیطی مختلف، متفاوت می‌باشد و قوانین زیست‌محیطی کنونی شرایط حداقل کردن هزینه‌های انتشار گازهای گلخانه‌ای را فراهم نمی‌کنند. پیترسن و همکاران (۲۹) در تحقیقی سیاست‌های به‌کار گرفته شده برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را در جنوب غربی استرالیا مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد اگرچه که ممکن است شناسایی سیاست‌های کاهنده انتشار گازهای گلخانه‌ای برای هر مزرعه مطلوب نباشد، اما در صورت نبود تغییرات فناوری ممکن است نظام‌های زراعی کنونی شکست بخورند و کاربری اراضی تغییر نماید. سوباک (۳۴) در مطالعه‌ای با بررسی هزینه‌های اجتماعی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای نشان داد که اگرچه برآوردهای مربوط به هزینه اجتماعی انتشار گازهای گلخانه‌ای احتمالی هستند، اما ابزارهای اقتصادی برآورد

مساح بوانی و همکاران (۲۱) با انجام تحقیقی در حوزه زاینده‌رود اصفهان و با استفاده از روش‌های کوچک‌مقیاس کردن و مدل‌های AOGCM به بررسی اثرات تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای پرداختند. نتایج نشان داد که صرفاً استفاده از خروجی مدل گردش عمومی AOGCM نمی‌تواند نتایجی منطقی برای برنامه‌ریزی مربوط به کاهش اثرات مخرب پدیده تغییر اقلیم را در پی داشته باشد. کوچکی و نصیری (۱۸) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل‌های گردش عمومی GFDL و GISS به بررسی اثرات تغییر اقلیم ناشی از افزایش غلظت گاز CO<sub>2</sub> بر عملکرد گندم در ایران پرداختند. نتایج نشان داد که اثر افزایش غلظت گاز دی‌اکسید کربن بدون گرمایش جهانی بر عملکرد گندم مثبت می‌باشد، در حالی که با وقوع گرمایش جهانی و افزایش دمای هوا به میزان ۳ درجه سانتی‌گراد عملکرد گندم کاهش می‌یابد. قربانی و همکاران (۱۱) در تحقیقی به منظور برآورد هزینه‌های زیست‌محیطی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای در گاو‌داری‌های شیری مشهد از الگوی مرز تصادفی فاصله ستانده استفاده کردند. نتایج نشان داد که هزینه‌های زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای در گاو‌داری‌های شیری مشهد در حدود ۱۰/۶۸ میلیارد ریال است. پورمحمدی و ملکی‌نژاد (۳۰) در پژوهشی با استفاده از تکنیک گشتاور خطی به طبقه‌بندی مناطق همگن اقلیمی کشور تحت تأثیر گازهای گلخانه‌ای پرداختند. نتایج، نقش اثرات انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیم را بر جداسازی مناطق همگن کشور طی دوره زمانی ۲۰۱۰-۲۰۳۹ تحت سناریوهای مختلف نشان داد. سادات آشفته و مساح بوانی (۳۲) با انجام تحقیقی اثرات تغییر اقلیم را بر رواناب حوضه قرقنوی آذربایجان شرقی در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ میلادی با لحاظ نمودن عدم قطعیت مربوط به مدل‌های AOGCM تحت سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای بررسی نمودند. نتایج نشان داد که متوسط رواناب سالانه در دوره مورد بررسی تحت سناریوی انتشار A<sub>2</sub> به میزان ۱/۷۳ مترمکعب

محصولات و توابع هزینه نهاده‌ها به صورت منطقه‌ای طرح و تدوین شد. بدین ترتیب، ابتدا با بهره‌گیری از مطالعات پیشین و کاربرد مدل‌های گردش عمومی<sup>۲</sup> (GCM) میزان اثرات گازهای گلخانه‌ای بر میانگین متغیرهای اقلیمی دما و بارش تحت سناریوهای انتشار<sup>۳</sup> A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>، A<sub>2</sub> و B<sub>1</sub> بررسی شد. در ادامه، با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی (OLS) و تحلیل رگرسیونی اثرات دما و بارش بر عملکرد محصولات منتخب ارزیابی شد. در پایان، با لحاظ نمودن تغییرات عملکرد محصولات در مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت<sup>۴</sup> (PMP)، اثرات تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر میزان تولیدات بخش کشاورزی، الگوی کشت، منابع آب در دسترس، سود ناخالص کشاورزان و ارزش اقتصادی آب در اراضی پایین دست سد طالقان بررسی و تحلیل شد. هر یک از مراحل فوق در ادامه به طور کامل تشریح می‌شود:

### مدل‌های گردش عمومی (GCM)

امروزه یکی از معتبرترین ابزارها برای تولید سناریوهای اقلیمی مدل‌های گردش عمومی (GCM) می‌باشند. این مدل‌ها شامل مجموعه‌ای از روابط ریاضی و معادلات دیفرانسیلی هستند که بر پایه قوانین فیزیکی حاکم بر جو زمین طراحی شده‌اند (۳۵). مقادیر انتشار گازهای گلخانه‌ای از ورودی‌های مورد نیاز مدل‌های GCM می‌باشند. هیئت بین‌المللی اقلیمی (IPCC) تاکنون سناریوهای مختلفی را بر اساس غلظت و حجم انتشار گازهای گلخانه‌ای ارائه نموده که SRES<sup>۵</sup> از جدیدترین این سناریوها می‌باشد. هر یک از زیرسناریوهای SRES مربوط به یکی از گروه‌های A<sub>1</sub>B، A<sub>2</sub> و B<sub>1</sub> می‌باشند که در ارزیابی انتشار گازهای گلخانه‌ای بر مسائلی مانند رسوم خانوادگی، رشد زیاد جمعیت، وابستگی کمتر به پیشرفت اقتصادی و سرعت تغییرات تکنولوژی کمتر با تنوع بیشتر تأکید دارند (۱۵). در این سناریوها اغلب میانگین‌های ماهانه متغیرهای اقلیمی (دما، بارش) بر اساس غلظت انتشار گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر مجاور زمین شبیه‌سازی می‌شود. محاسبه انحراف معیار میانگین متغیرهای اقلیمی نیز بر اساس روابط ریاضی زیر صورت می‌گیرد (۱۸):

$$\Delta T_f = (\bar{T}_{GCM, S, f} - \bar{T}_{GCM, B, f}) \quad \forall f = 1, \dots, 12 \quad (1)$$

$$\Delta P_f = \left( \frac{\bar{P}_{GCM, S, f}}{\bar{P}_{GCM, B, f}} \right) \quad \forall f = 1, \dots, 12 \quad (2)$$

در روابط بالا،  $f$  تعداد ماه‌های سال،  $\Delta T_f$  میزان تغییر ماهانه دما

خسارات زیست‌محیطی ناشی از این گازها بسیار مفیدند. در این تحقیق ارزش محاسباتی انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از تولید یک کیلوگرم گوشت قرمز به عنوان یک هزینه اجتماعی برآورد شد که حداکثر ۹ درصد و به طور متوسط ۳ تا ۵ درصد قیمت کنونی گوشت می‌باشد. نتونن و همکاران (۲۰) در تحقیقی با در نظر گرفتن ۹ یورو به ازای هر تن انتشار دی‌اکسید کربن (قیمت مجوزهای انتشار قابل تجارت)، ارزش کاهش گازهای گلخانه‌ای را با فرض کاشت علوفه برای کل کشور فنلاند ۵/۵ میلیون یورو و با فرض عدم کاشت علوفه در این کشور، حدود ۶/۸ میلیون یورو ارزیابی کردند. پاداک و واسمن (۲۸) در مطالعه‌ای با هدف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی<sup>۱</sup> (GWP) به دست آمده از آن در بخش کشاورزی، سیستم مرسوم کشت برنج را در منطقه هاریانای هند بررسی کردند. نتایج نشان داد که سوزاندن کاه برنج سبب انتشار گاز متان و اکسید نیتروژن، پرورش دام و تولید کود حیوانی سبب انتشار گاز متان و عملیات زراعی و تولید محصولات کشاورزی سبب انتشار هر سه گاز گلخانه‌ای فوق می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که با مدیریت صحیح در مزارع برنج می‌توان میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را ۱۵ الی ۴۱ درصد کاهش داد. کالتساس و همکاران (۱۷) در پژوهشی با بررسی دو روش کشت ارگانیک و مرسوم زیتون در سه منطقه شمال غربی، شمال شرقی و جنوب جزیره تاسون یونان، میزان گرمایش جهانی و انتشار گاز گلخانه‌ای CO<sub>2</sub> را براساس مصرف انرژی سوخت‌های فسیلی در هر هکتار محاسبه کردند. نتایج نشان داد که میزان انتشار CO<sub>2</sub> در باغات زیتون برای مناطق مورد بررسی به ترتیب ۱/۲، ۱/۵، ۱ و ۱/۱ تن و میزان گرمایش جهانی به ترتیب ۱۴/۹، ۱۶/۱ و ۱۳/۵ تن در هر هکتار می‌باشد.

مطالعات بررسی شده نشان می‌دهند که فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی از مهم‌ترین منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای به شمار می‌روند. لذا، نیاز است تا اثرات انتشار این گازها بر تولیدات بخش‌های فوق ارزیابی و تحلیل شود. به همین منظور، در این مطالعه تلاش شد تا بهره‌گیری از مجموعه مدل‌های اقتصادی اثرات تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر تولیدات بخش کشاورزی، شاخص‌های اقتصادی این بخش و منابع آب در دسترس در اراضی زیر دست سد طالقان بررسی و تحلیل شود.

### مواد و روش‌ها

برای بررسی تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر تولیدات بخش کشاورزی اراضی پایین دست سد طالقان در این تحقیق، سیستم مدل‌سازی اقتصادی با لحاظ نمودن توابع تولید

2- General Circulation Model

3- Special Report on Emission Scenarios

4- Positive Mathematical Programming

5- Special Report on Emission Scenarios

1- Global Warming Potential

$$Y_i = Q(1) + Q(2) * S_i + Q(3) * T_i + [R(1) = Q(4)] \quad (6)$$

رابطه ۶ بهترین برازش ممکن را بین متغیرهای توضیحی دما (T) و بارش (S) و متغیر وابسته عملکرد محصول (Y<sub>i</sub>) نشان می‌دهد. Q(1)، Q(2)، Q(3) و Q(4) نیز در این رابطه ضرائب تابع خودرگرسیون هستند (۲). پس از تخمین توابع عملکرد محصولات مطابق روش فوق، جهت رفع خودهمبستگی از فرآیند خودرگرسیون مرتبه اول R(1) استفاده شد. هم‌چنین جهت تصریح مدل رگرسیونی برآورد شده از مقادیر آماره ضریب تعیین تعدیل شده و معنی‌داری ضرایب تخمینی استفاده شد. علاوه بر این، به منظور اطمینان کامل در تصریح مدل، از آماره F آزمون والد و آماره d دوربین واتسون استفاده شد (۲ و ۲۶).

#### مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)

طی سال‌های اخیر، مدل‌های مختلفی برای حل مسائل مربوط به بخش کشاورزی توسعه یافته‌اند. برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) از جمله این مدل‌ها است که برای تحلیل سیاست‌ها و حل مسائل در سطح مزرعه مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳۱). این مدل اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط هوویت<sup>۲</sup> معرفی شد و برای تحلیل سیاست‌های بخش کشاورزی مورد استفاده قرار گرفت (۲۵). مدل کاربرد وسیعی در زمینه بهینه‌یابی و شبیه‌سازی دارد و در این راستا بر سایر مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی برتری نسبی دارد (۳۱). این مزیت باعث شده که این مدل علاوه بر بخش کشاورزی، امروزه در بخش مدیریت منابع آب نیز برای تحلیل سیاست‌های طرف عرضه و تقاضای آب آبیاری مورد استفاده قرار گیرد (۱۲).

مهم‌ترین مسأله در مدل PMP، تعیین سطح تجمیع مکانی (فضایی)<sup>۳</sup> برای تعریف دامنه‌ی کاری این مدل می‌باشد. تعیین این سطح به جای تحلیل سیاست‌ها در یک بعد وسیع، ترکیبی از ویژگی‌های منطقه‌ای را با مجموعه داده‌های کوچک‌تر لحاظ نموده و سیاست‌های مورد نظر را در سطح مناطق تعیین شده مورد بررسی قرار می‌دهد. افزون بر این، وجود تأثیرات تجمیع مکانی سبب ارتقاء مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) شده و این توانایی را در مدل ایجاد می‌کند که با جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات به صورت خرد یا جزئی از سطح مناطق مورد مطالعه، به پیش‌بینی تأثیر سیاست‌ها پردازد (۲۷). به طور کلی، واسنجی مدل PMP ارائه شده در این مطالعه در سه مرحله پیاپی و به شرح زیر صورت می‌گیرد:

مرحله اول: حل مدل برنامه‌ریزی خطی و برآورد مقادیر دوگان<sup>۴</sup>

و  $\Delta P_f$  میزان تغییر ماهانه بارش، S سناریوی تغییر اقلیم شبیه‌سازی شده توسط مدل GCM، B سناریوی مبنای شبیه‌سازی شده توسط مدل GCM،  $\bar{T}_{GCM,S,f}$  میانگین دمای شبیه‌سازی شده در سناریوی S،  $\bar{T}_{GCM,B,f}$  میانگین دمای شبیه‌سازی شده در سناریوی مبنای،  $\bar{P}_{GCM,S,f}$  میانگین ماهانه شبیه‌سازی شده بارش در سناریوی S و  $\bar{P}_{GCM,B,f}$  میانگین ماهانه شبیه‌سازی شده بارش در سناریوی مبنای باشد (۴). برای کوچک مقیاس نمودن داده‌های اقلیمی در مدل GCM از روش تناسبی استفاده می‌شود. در این روش متغیرهای اقلیمی شبیه‌سازی شده توسط مدل، براساس اطلاعات جزئی یا سلولی مربوط به منطقه مورد مطالعه و با کمک روابط ریاضی ۳ و ۴ محاسبه می‌شوند (۳۵):

$$T = (T_{obs,f} + \Delta T_f) \quad \forall f = 1, 2, \dots, 12 \quad (3)$$

$$P = P_{obs,f} \times \Delta P_f \quad \forall f = 1, 2, \dots, 12 \quad (4)$$

در رابطه ۳،  $T_{obs,f}$  بیانگر سری زمانی دمای مشاهده شده (ماهانه) در دوره مبنای، T سری زمانی دمای حاصل از تغییر اقلیم در دوره مورد بررسی و  $\Delta T_f$  سناریوی تغییر اقلیم کوچک مقیاس شده دما می‌باشد. در رابطه ۴،  $P_{obs,f}$  بیانگر سری زمانی بارش مشاهده شده (ماهانه) در دوره مبنای، P سری زمانی بارندگی حاصل از پدیده تغییر اقلیم در دوره مورد بررسی و  $\Delta P_f$  سناریوی تغییر اقلیم کوچک-مقیاس شده‌ی بارندگی می‌باشد (۳۵).

#### تحلیل رگرسیونی با روش حداقل مربعات معمولی<sup>۱</sup> (OLS)

در این مرحله، با به‌کارگیری روش حداقل مربعات معمولی معنی‌داری متغیرهای دما و بارش و تأثیرات آن‌ها بر عملکرد محصولات (Y<sub>i</sub>) در اراضی پایین دست سد طالقان، طی دوره ۲۸ ساله ۱۳۸۷-۱۳۶۰ با استفاده از بسته نرم‌افزاری Eviews بررسی شد. بر این اساس، شکل کلی تابع عملکرد محصولات به صورت زیر تعریف شد:

$$Y_i = f(T_i, S_i) \quad \forall i = 1, 2, \dots, 7 \quad (5)$$

که در آن، Y<sub>i</sub> متوسط عملکرد محصول i، T<sub>i</sub> و S<sub>i</sub> به ترتیب متوسط دما و بارش صورت گرفته در دوره رشد محصول i می‌باشد. بهترین برازش براساس ویژگی‌های ناریب بودن، سازگاری و عدم وجود همخطی بین متغیرها با استفاده از یک مدل اقتصادسنجی صورت می‌گیرد و بدین ترتیب یک رابطه معنی‌دار بین پارامترهای اقلیمی دما و بارش و عملکرد محصولات به دست می‌آید. شکل کلی این رابطه به صورت زیر می‌باشد (۲ و ۲۶):

2- Howitt

3- Spatial Aggregation

4- Dual Value

1- Ordinary Least Squares

**محدودیت‌ها**

در این مرحله، یک مدل برنامه‌ریزی خطی جهت حداکثر نمودن مجموع سود ناخالص کشاورزان با توجه به محدودیت‌های منابع و واسنجی حل می‌شود و در ادامه مقادیر دوگان یا قیمت‌های سایه‌ای برای مجموعه محدودیت‌های مدل به دست می‌آید (۱۴ و ۲۷). شکل ریاضی این مرحله از مدل PMP به صورت زیر می‌باشد:

$$Max \Pi = \sum_{i=1}^7 \left( P_i Y_i - \sum_{j=1}^4 a_{ij} C_{ij} \right) x_{ij} \quad (۷)$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^4 a_{ij} x_{ij} \leq b_j \quad \left[ \lambda_i^j \right] \quad (۸)$$

$$x_{ij} \leq \tilde{x}_{ij} + \varepsilon \quad \left[ \lambda_i^c \right] \quad (۹)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \quad (۱۰)$$

رابطه ۷ تابع هدف مدل برنامه‌ریزی خطی است که در آن،  $\Pi$  مجموع سود ناخالص کشاورزان،  $i$  محصولات منتخب (گندم، جو، ذرت دانه‌ای، چغندرقتد، گوجه‌فرنگی، هندوانه و کلزا) و  $j$  نهاده‌ها یا عوامل تولید (زمین، آب، نیروی کار و سرمایه) می‌باشد.  $P_i$  و  $Y_i$  به ترتیب قیمت و عملکرد محصول  $i$ ، هزینه نهاده  $j$  برای تولید محصول  $i$  و  $x_{ij}$  سطح زیرکشت محصول  $i$  که با نهاده  $j$  تولید می‌شود، می‌باشد.  $a_{ij}$  نیز نسبت استفاده هر عامل تولید به زمین را نشان می‌دهد و از رابطه  $a_{ij} = \tilde{x}_{ij} / \tilde{x}_{ij, land}$  به دست می‌آید (۳). رابطه ۸ محدودیت منابع را در منطقه مورد بررسی نشان می‌دهد و برای نهاده‌های آب، زمین، نیروی کار و سرمایه تعریف می‌شود. در این رابطه،  $b_j$  کل منابع در دسترس برای تولید محصولات در هر منطقه می‌باشد. رابطه ۹ محدودیت واسنجی مدل را نشان می‌دهد که در آن  $\tilde{x}_{ij}$  مقدار مشاهده شده سطح فعالیت‌ها در سال پایه و  $\varepsilon$  مقدار مثبت کوچکی است.  $\lambda_i^j$  در رابطه ۸ مقادیر دوگان محدودیت سیستمی و  $\lambda_i^c$  در رابطه ۹ مقادیر دوگان محدودیت واسنجی را نشان می‌دهد. رابطه ۱۰ نیز بیانگر محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها است و تضمین می‌کند که روش مورد استفاده به لحاظ فیزیکی امکانپذیر می‌باشد (۱۴ و ۲۶).

**مرحله دوم: تخمین تابع هزینه کوادراتیک<sup>۱</sup> (درجه دوم) و برآورد ضرایب آن**

در این مرحله، از مقادیر دوگان یا قیمت‌های سایه‌ای محاسبه‌شده برای محدودیت‌های سیستمی مدل در مرحله اول، برای تخمین تابع

هزینه کوادراتیک یا درجه دوم مربوط به نهاده زمین استفاده شد. شکل کلی این تابع به صورت زیر می‌باشد (۱۳ و ۲۶):

$$TC_{ij}(x_{ij}) = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^4 \gamma_{ij} x_{ij}^2 \quad (۱۱)$$

در رابطه بالا،  $\gamma_{ij}$  پارامتر مقیاس تابع هزینه زمین می‌باشد که به صورت شرطی و با استفاده از رابطه زیر برای منطقه مورد بررسی قابل محاسبه می‌باشد (۱۳ و ۲۶):

$$\gamma_{ij} = \begin{cases} \lambda_i^j / \tilde{x}_{ij} & \text{if } \tilde{x}_{ij} \neq 0 \\ \lambda_i^j / x_{ij} & \text{if } \tilde{x}_{ij} = 0 \end{cases} \quad (۱۲)$$

**مرحله سوم: واسنجی مدل PMP و تدوین مدل برنامه‌ریزی نهایی**

در این مرحله، که مرحله پایانی مدل PMP است، تابع هدف واسنجی شده در یک مسأله برنامه‌ریزی غیرخطی همراه با محدودیت‌های مدل (به جز محدودیت‌های واسنجی) شبیه به مرحله اول حل می‌شود و مدل غیرخطی واسنجی شده به طور صحیح سطوح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه را بازسازی می‌کند (۲۲ و ۲۷). برای مدل تجربی مورد استفاده در این مطالعه با توجه به مجموعه محدودیت‌ها، سیستم برنامه‌ریزی غیرخطی به صورت روابط زیر قابل ارائه می‌باشد:

$$Max \Pi = \sum_{i=1}^7 \varphi_{yield} Y_i P_i x_{ij} - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^7 \sum_{j=land}^4 \gamma_{ij} x_{ij}^2 - \sum_{i=1}^7 \sum_{j \neq land}^4 a_{ij} C_{ij} x_{ij} \quad (۱۳)$$

$$\text{Subject to:} \quad \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^4 x_{ij} \leq \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^4 \tilde{x}_{ij} \quad (۱۴)$$

$$\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^4 ETX_{ij} \cdot X_{ij} / \theta \leq TW \quad (۱۵)$$

$$\sum_{i=1}^7 \sum_{i=1}^4 k_i \cdot x_{ij} \leq TK \quad (۱۶)$$

$$\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^4 La_i \cdot x_{ij} \leq TLa \quad (۱۷)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \quad (۱۸)$$

رابطه ۱۳ بیانگر تابع هدف غیرخطی مدل می‌باشد که شامل تابع عملکرد محصولات، تابع هزینه درجه دوم برای نهاده زمین و تابع هزینه خطی برای سایر نهاده‌ها است.  $\varphi_{yield}$  در این رابطه بیانگر

1- Quadratic Cost Function

شرکت آب منطقه‌ای) در استان قزوین جمع‌آوری شدند. جدول ۳، داده‌ها و اطلاعات کلی مربوط به محصولات منتخب زراعی را در اراضی پایین‌دست سد طالقان طی سال پایه ۹۲-۱۳۹۱ نشان می‌دهد: با توجه به داده‌های آماری جدول ۳، ملاحظه می‌شود که محصول گندم با ۵۲۷۰۲ هکتار بیش‌ترین و محصول چغندر قند با ۱۳۳۷ هکتار کم‌ترین سطح زیرکشت را در اراضی مستعد پایین‌دست سد طالقان به خود اختصاص داده‌اند. افزون بر نهاده زمین، جدول ۳ میزان مصرف نهاده‌هایی چون آب، نیروی کار و سرمایه را نیز برای محصولات منتخب در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که گوجه‌فرنگی و هندوانه به لحاظ نیاز آبی بیش‌ترین میزان آب مصرفی را در مزارع به خود اختصاص داده‌اند، در حالی که غلاتی مانند گندم و جو کم‌ترین میزان نیاز آبی را دارا می‌باشند.

جدول ۴، مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه در اراضی پایین‌دست سد طالقان را نشان می‌دهد. در این مطالعه تلاش شد تا به منظور دستیابی به داده‌های واقعی‌تر جهت بررسی رفتار متغیرهای اقلیمی دما و بارش، ایستگاه‌هایی که در محدوده مطالعاتی (اراضی پایین‌دست سد طالقان) واقع شده‌اند، انتخاب شوند. بدین منظور، سه ایستگاه هواشناسی قزوین، تاکستان و بوئین‌زهرا از نوع سینوپتیک و دو ایستگاه نیروگاه شهید رجایی و مگسال از نوع اقلیم‌شناسی در محدوده تحت پوشش جهت گردآوری داده‌های اقلیمی مربوط به متغیرهای دما و بارش مدنظر قرار گرفتند.

تغییرات به وجود آمده در عملکرد محصولات منتخب در اثر تأثیر متغیرهای اقلیمی دما و بارش می‌باشد. رابطه ۱۴ محدودیت نهاده زمین می‌باشد و نشان می‌دهد که مجموع سطح زیرکشت محصولات از مجموع سطح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه تجاوز نمی‌کند. رابطه ۱۵ محدودیت نهاده آب را نشان می‌دهد که در آن،  $ETX_{ij}$  نیاز آبی محصولات،  $\theta$  راندمان آبیاری و  $TW$  کل منابع آب در دسترس در منطقه می‌باشد. رابطه ۱۶ بیانگر محدودیت سرمایه است که در آن،  $k_i$  ضریب فنی هزینه و  $TK$  کل سرمایه در دسترس در منطقه است. رابطه ۱۷ محدودیت نیروی کار را نشان می‌دهد که در آن  $La_i$  نیروی کار لازم برای تولید محصول  $i$  و  $TLa$  کل نیروی کار قابل دسترس در منطقه می‌باشد. رابطه ۱۸ نیز بیانگر محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها است که تضمین می‌کند روش فوق به لحاظ فیزیکی امکان‌پذیر و قابل اجرا است.

## نتایج و بحث

در این مطالعه، داده‌های مربوط به عوامل اقلیمی دما و بارش از نوع سری زمانی (مربوط به دوره ۱۳۸۷-۱۳۶۰) بوده که از طریق ایستگاه‌های هواشناسی در شهرستان‌های قزوین، تاکستان، بوئین‌زهرا، آبیک و البرز (که در مجاورت اراضی پایین‌دست سد طالقان قرار دارند) جمع‌آوری شدند. داده‌های مربوط به محصولات زراعی و منابع آب در دسترس نیز از نوع داده‌های مقطعی (مربوط به سال ۹۲-۱۳۹۱) بوده که با مراجعه مستقیم به ادارات ذی‌ربط (سازمان جهاد کشاورزی و

جدول ۳- اطلاعات مربوط به محصولات زراعی اراضی پایین‌دست سد طالقان در سال پایه

Table 3- Information about the crops in downstream lands of Taleghan dam in base year

نیروی کار Labor (نفر-روز)	سرمایه* Capital (kg/ha)	قیمت Price (Rial/kg)	نیاز آبی Water. req (m <sup>3</sup> /ha)	عملکرد Yield (kg/ha)	الگوی سال	
					پایه Base pattern (ha)	محصول (Product)
21	1767	7250	4170	4350	52702	گندم (Wheat)
19	1430	7100	4038	4160	31945	جو (Barley)
24	2240	7400	4763	10318	8550	ذرت دانه‌ای (Corn)
43	1953	8350	7560	21034	9861	گوجه‌فرنگی (Tomato)
27	2140	6500	6457	35760	1337	چغندر قند (Beet)
26	2035	7380	8362	39470	1529	هندوانه (Melon)
22	1685	31500	5270	2845	3103	کلزا (Canola)

\* منظور از سرمایه مجموع نهاده‌های کود، سم و بذر است (Total fertilizer, poison and seed).

مأخذ: سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین، ۱۳۹۲

Source: Agricultural Jihad Qazvin province, 2013



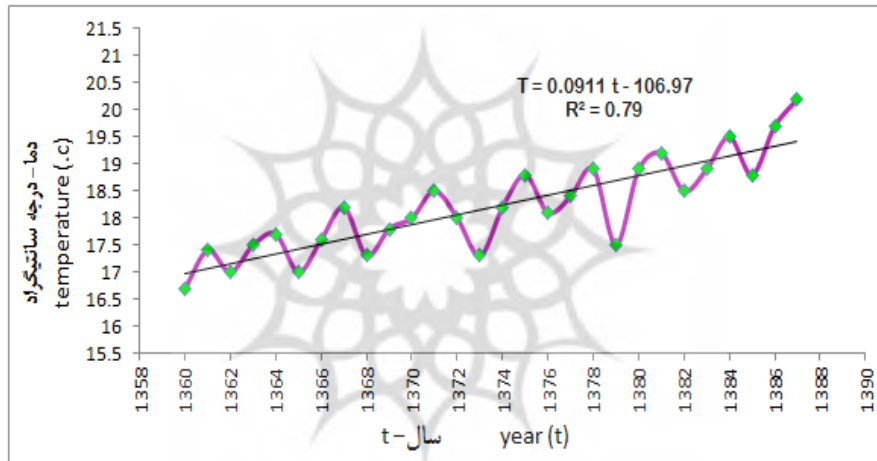
جدول ۴- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه در اراضی پایین دست سد طالقان

Table 4- Information of studied climatology stations in downstream lands of Taleghan dam

ارتفاع از دریا height of sea (Meter)	عرض شمالی North latitude (Degrees)	طول شرقی East longitude (Degrees)	نوع ایستگاه Station type	محل قرارگیری Location	نام ایستگاه Station name
1279.2	37.65	59.36	سینوپتیک (Synoptic)	قزوین (Qazvin)	قزوین (Qazvin)
1283.4	36.28	50.49	سینوپتیک (Synoptic)	تاکستان (Takestan)	تاکستان (Takestan)
1322.5	39.44	48.27	اقلیم‌شناسی (Climatology)	آبیک (Abyek)	نیروگاه (Nirogah)
1226.7	36.05	42.16	سینوپتیک (Synoptic)	بوئین‌زهره (Boinzahra)	بوئین‌زهره (Boinzahra)
1260.1	35.96	54.73	اقلیم‌شناسی (Climatology)	البرز (Alborz)	مگسال (Magsal)

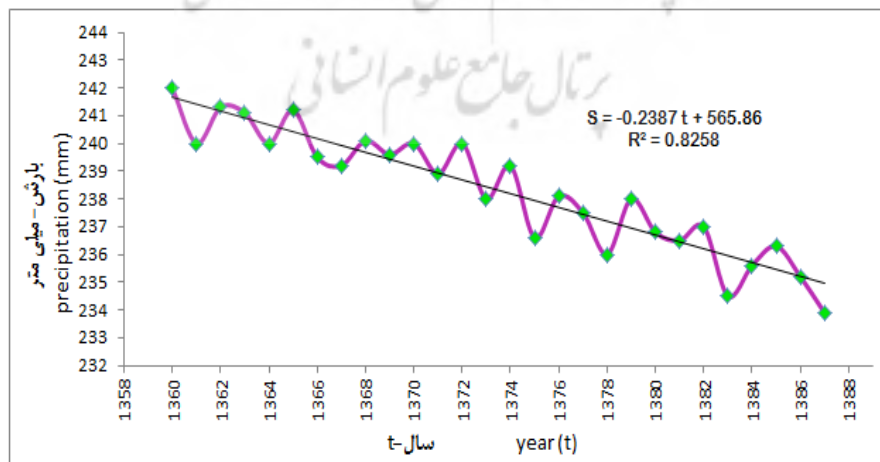
مأخذ: ایستگاه‌های هواشناسی استان قزوین، ۱۳۹۲

Source: Meteorological Stations of Qazvin province, 2013



شکل ۴- الگوی رفتاری دما در اراضی پایین دست سد طالقان طی دوره ۱۳۶۰-۸۷

Figure 4- Temperature behavioral pattern in downstream lands of Taleghan dam during 1979- 2009



شکل ۵- الگوی رفتاری بارش در اراضی پایین دست سد طالقان طی دوره ۱۳۶۰-۸۷

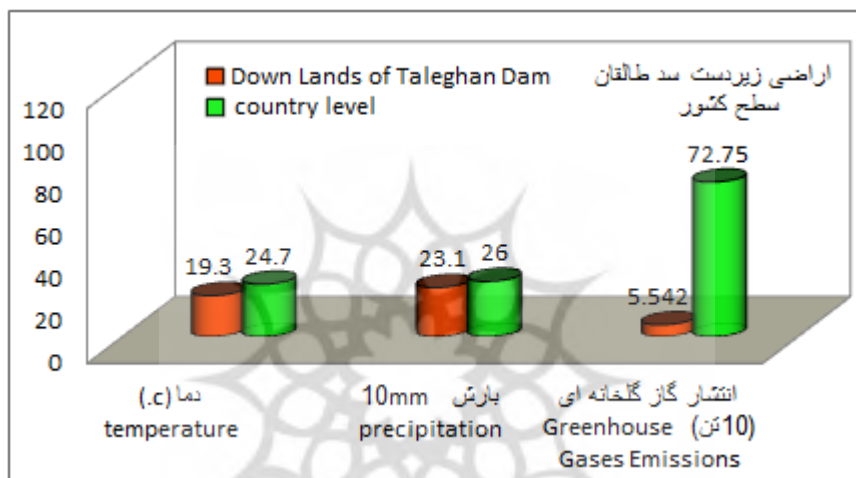
Figure 5- Precipitation behavioral pattern in downstream lands of Taleghan dam during 1979- 2009

پی داشته است.

شکل ۶ میانگین بارش، دما و نشر گازهای گلخانه‌ای را طی سال پایه ۹۲-۱۳۹۱ در اراضی پایین‌دست سد طالقان در مقایسه با میانگین متغیرهای فوق در سطح کشور نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، ملاحظه می‌شود که میانگین متغیرهای اقلیمی دمایی هوا و بارش طی سال پایه (۹۲-۱۳۹۱) در اراضی پایین‌دست سد طالقان که منطقه مطالعاتی در این تحقیق می‌باشد، در سطحی پایین‌تر از میانگین متغیرهای مذکور در سطح کشور است. میزان نشر گازهای گلخانه‌ای نیز طی سال پایه در اراضی پایین‌دست سد طالقان در حدود ۵۵ تن بوده که نسبت به میزان کل انتشار در سطح کشور (یعنی ۷۲۷ تن) رقم قابل ملاحظه‌ای است.

شکل‌های ۴ و ۵، روند تغییرات یا الگوهای رفتاری دما و بارش را طی دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۳۶۰ و براساس میانگین آمارهای سری زمانی موجود در ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه در اراضی پایین‌دست سد طالقان نشان می‌دهند.

با توجه به شکل ۴، ملاحظه می‌شود که طی دوره مورد بررسی متغیر اقلیمی دما در منطقه مطالعاتی روند نسبتاً صعودی و محسوس را به همراه داشته است. میزان ضریب تعیین برآورد شده برای متغیر اقلیمی دما نیز در حدود ۰/۷۹ است که خوبی برازش صورت گرفته براساس دوره زمانی را گویا می‌باشد. همچنین، با توجه به شکل ۵ ملاحظه می‌شود که متغیر اقلیمی بارش با نوسانات زیادی طی دوره مورد بررسی همراه بوده و به صورت کاملاً محسوس سیر نزولی را در



شکل ۶- میانگین بارش، دما و نشر گازهای گلخانه‌ای در اراضی پایین‌دست سد طالقان و کشور طی سال پایه

Figure 6- Average of rainfall, temperature and greenhouse gases emissions in downstream land of Taleghan Dam and country during the base year

جدول ۵- میانگین تغییرات ماهانه متغیرهای اقلیمی دما و بارش طی دوره مورد بررسی تحت سناریوهای انتشار در اراضی پایین‌دست سد طالقان

Table 5- Average Monthly changes of temperature and precipitation variables during the studied period under emissions scenarios in downstream land of Taleghan Dam

سناریو scenario	متغیر variables	March	April	May	June	July	Aug	September	October	November	December	January	February
A <sub>1</sub> B	دما (°C) Temperature	2.30	2.62	2.65	2.89	2.88	2.54	2.37	2.15	1.60	1.54	1.73	2.04
	بارش (mm) Precipitation	0.87	0.78	0.76	0.78	0.89	0.94	0.95	1.00	1.12	1.06	1.00	0.93
A <sub>2</sub>	دما (°C) Temperature	2.11	2.35	2.56	2.84	2.81	2.56	2.30	2.10	1.68	1.49	1.65	1.80
	بارش (mm) Precipitation	0.90	0.93	0.79	0.94	0.97	1.09	1.07	1.06	1.14	1.05	1.06	0.91
B <sub>1</sub>	دما (°C) Temperature	1.53	1.81	2.13	2.04	2.11	2.02	1.80	1.50	1.09	1.10	1.23	1.38
	بارش (mm) Precipitation	0.95	0.92	0.89	0.89	0.93	1.27	0.98	1.03	1.11	1.05	1.03	0.95

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: research findings

جدول ۶- میانگین مجموع تغییرات دما و بارش طی دوره مورد بررسی تحت سناریوهای مختلف انتشار در اراضی پایین دست سد طالقان (خروجی مدل های GCM)

Table 6- Mean of changes total in temperature and precipitation during the studied period under emissions scenarios in downstream land of Taleghan Dam

میانگین مجموع تغییرات متغیرهای اقلیمی		روند تغییرات و سناریوی انتشار
Mean of changes total in climate variables		Changes trend and emission scenarios
بارش (میلی متر)	دما (درجه سانتی گراد)	
Precipitation (mm)	Temperature (°C)	
کاهنده (Decreasingly)	فزاینده (Increasingly)	روند تغییرات (Changes trend)
0.92	2.28	A <sub>1</sub> B
0.97	2.19	A <sub>2</sub>
1.10	1.64	B <sub>1</sub>

مأخذ: یافته های تحقیق

Source: research findings

سناریوهای مختلف انتشار در ماه های متفاوتی از هر سال به وقوع پیوسته است.

نتایج جدول ۶ نیز حاکی از آن است که انتشار گازهای گلخانه ای، افزایش دما و کاهش بارندگی را طی دوره مورد بررسی در پی داشته است. بر این اساس، میانگین مجموع تغییرات فزاینده و کاهنده شبیه سازی شده برای متغیرهای اقلیمی دما و بارش توسط مدل گردش عمومی (GCM) در اراضی پایین دست سد طالقان تحت سناریوی انتشار A<sub>1</sub>B، A<sub>2</sub> و B<sub>1</sub> به ترتیب ۲/۲۸، ۲/۱۹ و ۱/۶۴ درجه سانتی گراد و ۰/۹۷، ۰/۹۲ و ۱/۱ میلی متر برآورد شد.

جدول ۵، میانگین تغییرات ماهانه و جدول ۶ مجموع میانگین تغییرات سالانه متغیرهای دما و بارش (خروجی مدل های GCM) را طی دوره مورد بررسی (۸۷-۱۳۶۰) و تحت سناریوهای مختلف انتشار (A<sub>1</sub>B، A<sub>2</sub> و B<sub>1</sub>) در اراضی پایین دست سد طالقان نشان می دهد: با توجه به نتایج جدول ۵، ملاحظه می شود که طی دوره مورد بررسی، بیشترین و کمترین تغییرات دمایی تحت سناریوهای مختلف انتشار به ترتیب در ماه های تیر و مرداد و ماه های آذر و دی رخ داده است. این در حالی است که، بارندگی های صورت گرفته روند منظمی را در ماه های مختلف نداشته و میزان بیشینه و کمینه بارندگی تحت

جدول ۷- اثر متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر عملکرد محصولات منتخب در اراضی پایین دست سد طالقان

Table 7- Effect of precipitation and temperature climatic variables on selected products yield in downstream land of Taleghan Dam

متغیر (variable)	گندم (Wheat)	جو (Barley)	ذرت (Corn)	گوجه فرنگی (Tomato)	چغندر قند (Beet)	هندوانه (Melon)	کلزا (Canola)
عرض از مبدا (Intercept)	0.35	1.29*	1.44	0.59*	1.27	2.30**	1.76
بارش (Precipitation)	-0.17**	-0.28**	0.32***	-0.36**	0.51**	0.13**	-0.22**
دما (Temperature)	-0.11***	-0.09**	0.20***	0.11*	0.16***	-0.25*	-0.07***
ضریب تعیین تعدیلی (R <sup>2</sup> )	0.76	0.82	0.79	0.78	0.85	0.77	0.83
آماره دوربین و واتسون (D.W)	2.03	1.94	1.78	1.89	1.80	2.00	1.71
آماره آزمون والد (F)	39	78	64	85	81	33	36
خودرگرسیون مرتبه اول (R(1))	0.63***	0.54***	0.79**	0.73**	0.61***	0.59***	0.68**

\*, \*\* و \*\*\*: معنی دار در سطح ۱۰، ۵ و ۱ درصد  
(\*, \*\* and \*\*\*: Significant at the 10, 5 and 1%)

مأخذ: یافته های تحقیق

Source: research findings

رگرسیون مرتبه اول برای توابع عملکرد گندم، جو، چغندر قند و هندوانه در سطح ۱ درصد و برای توابع عملکرد ذرت دانه‌ای، کلزا و گوجه‌فرنگی در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. افزون بر این، آماره آزمون دوربین واتسون برای توابع تخمینی عملکرد گندم و هندوانه به ترتیب ۲/۰۳ و ۲/۰ به دست آمد که حاکی از عدم وجود خود همبستگی بین اجزای اخلاص توابع این دو محصول می‌باشد. آزمون F والد عاوه بر تصریح مناسب توابع رگرسیونی، معیار اندازه‌گیری معنی‌دار بودن کلی رگرسیون نیز است. با توجه به نتایج به دست آمده، برای کلیه محصولات آماره آزمون F محاسباتی بزرگتر از F جدول است که نشان می‌دهد کل توابع رگرسیونی انجام شده معنی‌دار می‌باشند.

جدول ۸، میزان تغییرات عملکرد محصولات منتخب اراضی پایین دست سد طالقان را تحت سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای ( $A_1B$ ،  $A_2$  و  $B_1$ ) نسبت به عملکرد سال پایه نشان می‌دهد:

با توجه به نتایج جدول ۸، ملاحظه می‌شود که میزان عملکرد محصولات گندم، جو، گوجه‌فرنگی، هندوانه و کلزا تحت سناریوهای انتشار  $A_1B$ ،  $A_2$  و  $B_1$  نسبت به سال پایه کاهش و عملکرد محصولات ذرت دانه‌ای و چغندر قند نسبت به سال پایه افزایش می‌یابد. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات کاهش عملکرد محصولات منتخب اراضی پایین دست سد طالقان تحت سناریوی انتشار  $A_1B$  و کمترین میزان تغییرات عملکرد در اثر سناریوی انتشار  $B_1$  حاصل می‌شود. این امر حاکی از آن است که با افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای، عملکرد اغلب محصولات زراعی اراضی پایین دست سد طالقان (گندم، جو، گوجه‌فرنگی، هندوانه و کلزا) نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد. افزایش عملکرد چغندر قند و ذرت دانه‌ای تحت سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز ناشی از تأثیرپذیری مثبت عملکرد این محصولات نسبت به تغییرات فزاینده و توأم عوامل اقلیمی دما و بارش می‌باشد.

افزون بر این، با توجه به نتایج به دست آمده ملاحظه می‌شود که محصول کلزا، در مقایسه با سایر محصولات منتخب اراضی پایین دست سد طالقان، حساسیت بیشتری را نسبت به انتشار گازهای گلخانه‌ای نشان می‌دهد و میزان عملکرد آن تحت سناریوهای مختلف انتشار ۵/۱۷ تا ۲/۳۵ درصد نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد. این در حالی است که محصول گوجه‌فرنگی، در مقایسه با سایر محصولات الگو، از حساسیت کمتری در این راستا برخوردار می‌باشد و میزان عملکرد آن برخلاف سایر محصولات منتخب تحت سناریوی انتشار  $B_1$  بیش‌تر از سناریوی  $A_1B$  کاهش می‌یابد.

میزان اثرگذاری متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر عملکرد محصولات منتخب پس از تخمین توابع رگرسیونی موردنظر به کمک روش OLS و انجام آزمون‌های  $R^2$  (ضریب تعیین تعدیل شده)، D.W (دوربین واتسون)، F (آزمون والد) و  $R(1)$  (آزمون خودرگرسیون مرتبه اول) صورت گرفت. جدول ۷، نتایج حاصل از تخمین تابع رگرسیونی عملکرد محصولات براساس متغیرهای اقلیمی دما و بارش را نشان می‌دهد:

با توجه به جدول ۷، ملاحظه می‌شود که متغیرهای اقلیمی دما و بارش دارای اثر منفی بر عملکرد گندم، جو و کلزا در اراضی پایین دست سد طالقان می‌باشند. با افزایش یک واحدی دما و بارش، میزان عملکرد گندم به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۱۷ واحد، میزان عملکرد جو به ترتیب ۰/۲۸ و ۰/۰۹ واحد و میزان عملکرد کلزا به ترتیب ۰/۰۷ و ۰/۲۲ واحد کاهش می‌یابد. برای محصول گوجه‌فرنگی افزایش یک واحد بارش سالانه سبب کاهش عملکرد آن به میزان ۰/۳۶ واحد و افزایش یک واحد دمای سالانه سبب افزایش عملکرد آن به میزان ۰/۱۱ واحد می‌شود، در حالی که برای محصول هندوانه افزایش یک واحد بارش سالانه سبب افزایش عملکرد آن به میزان ۰/۱۳ واحد و افزایش یک واحد دمای هوا سبب کاهش عملکرد آن به میزان ۰/۲۵ واحد می‌شود. برای محصولات ذرت دانه‌ای و چغندر قند نیز افزایش توأم دما و بارش سالانه به میزان یک واحد، سبب افزایش عملکرد می‌شود. افزون بر این، نتایج حاصل از تحلیل رگرسیونی نشان می‌دهد که متغیرهای اقلیمی دما و بارش از لحاظ آماری، برای گندم، چغندر قند و کلزا به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد، برای گوجه‌فرنگی و هندوانه در سطح ۵ و ۱۰ درصد و برای محصول جو در سطح ۵ درصد معنی‌دار شدند. قدرت توضیح‌دهندگی مدل برآورد شده نیز، نسبتاً بالا بوده و  $R^2$  توابع عملکرد تخمینی بر حسب متغیرهای توضیحی دما و بارش از ۰/۷۶ برای گندم تا ۰/۸۵ برای چغندر قند تغییر می‌کند. بالا بودن مقدار ضریب تعیین تعدیل شده پس از تخمین توابع، حاکی از آن است که متغیرهای اقلیمی دما و بارش توانسته‌اند درصد بالایی (۷۶ تا ۸۵ درصد) از تغییرات متغیر وابسته (عملکرد محصولات) را توضیح دهند. خوبی برازش توابع رگرسیونی برآورد شده همراه با ضرایب تخمینی معنی‌دار، تصریح صحیح و شکل تبعی مناسب مدل‌های رگرسیونی برآورد شده را نشان می‌دهد. مقدار آماره F آزمون والد نیز برای توابع رگرسیونی برآورد شده در سطح بالایی معنی‌دار شده است که این امر نیز تصریح مناسب توابع رگرسیونی عملکرد محصولات را نشان می‌دهد. در مرحله تحلیل رگرسیونی برای رفع خودهمبستگی از فرآیند خودرگرسیون مرتبه اول  $R(1)$  استفاده شد. این فرآیند نشان می‌دهد که پیش‌بینی متغیر وابسته در زمان  $t$ ، نسبتی از مقدار آن در زمان  $(t-1)$  به علاوه یک شوک تصادفی یا جمله اخلاص در زمان  $t$  می‌باشد. با توجه به نتایج جدول ۷، مقدار آماره آزمون خود

جدول ۸- اثرات تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر عملکرد محصولات منتخب در اراضی پایین دست سد طالقان

Table 8- The effects of climate change caused by greenhouse gas emissions on selected products yield in downstream land of Taleghan Dam

سناریوی اقلیمی (Climatic scenario)			تغییرات	عملکرد در سال پایه	محصولات
B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B	(Changes)	(Yield in base year)	(Products)
4290.4	4225.6	4163.4	مقدار (Amount)	4350	گندم
-1.37	-2.86	-4.29	درصد (Percent)		(Wheat)
4110.5	4060.1	4005.2	مقدار (Amount)	4160	جو
-1.19	-2.40	-3.72	درصد (Percent)		(Barley)
10551.2	10712.0	10857.6	مقدار (Amount)	10318	ذرت دانه‌ای
2.26	3.81	5.23	درصد (Percent)		(Corn)
20594.4	20752.1	20857.3	مقدار (Amount)	21034	گوجه‌فرنگی
-2.09	-1.34	-0.84	درصد (Percent)		(Tomato)
36392.9	37176.1	37934.2	مقدار (Amount)	35760	چغندر قند
1.77	3.96	6.08	درصد (Percent)		(Beet)
38826.6	38522.6	38001.7	مقدار (Amount)	39470	هندوانه
-1.63	-2.40	-3.72	درصد (Percent)		(Melon)
2778.1	2737.4	2697.9	مقدار (Amount)	2845	کلزا
-2.35	-3.78	-5.17	درصد (Percent)		(Canola)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: research findings

جدول ۹- اثرات تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر الگوی کشت در اراضی پایین دست سد طالقان تحت

Table 9- The effects of climate change caused by greenhouse gas emissions on cropping pattern in downstream land of Taleghan Dam

سناریوی اقلیمی (Climatic scenario)			تغییرات	الگوی سال پایه	محصولات
B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B	(Changes)	(Base year's pattern)	(Products)
51542.6	50672.9	49808.7	مقدار (Amount)	52702	گندم
-2.20	-3.85	-5.49	درصد (Percent)		(Wheat)
31092.1	30382.9	30025.1	مقدار (Amount)	31945	جو
-2.67	-4.89	-6.01	درصد (Percent)		(Barley)
8947.6	9228.9	9507.6	مقدار (Amount)	8550	ذرت دانه‌ای
4.65	7.94	11.2	درصد (Percent)		(Corn)
9093.8	9342.3	9613.5	مقدار (Amount)	9861	گوجه‌فرنگی
-7.78	-5.26	-2.51	درصد (Percent)		(Tomato)
1480	1435	1392	مقدار (Amount)	1337	چغندر قند
10.6	7.33	4.11	درصد (Percent)		(Beet)
1494.9	1468.7	1436.1	مقدار (Amount)	1529	هندوانه
-2.23	-3.94	-6.07	درصد (Percent)		(Melon)
2990.1	2915.3	2789.6	مقدار (Amount)	3103	کلزا
-3.64	-6.05	-10.1	درصد (Percent)		(Canola)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: research findings

گوجه‌فرنگی نسبت به تغییرات فرآینده دما و بارش می‌باشد و حال

علت این امر، تأثیرپذیری مثبت و منفی عملکرد محصول

بیشترین و گندم کمترین تغییرات افزایشی سطح زیرکشت را تحت شرایط مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای به خود اختصاص داده‌اند. محصول ذرت دانه‌ای نیز با ۴/۶۵ تا ۱۱/۲ درصد افزایش سطح زیرکشت نسبت به سال پایه، بیش‌ترین تغییرات سطح زیرکشت را در بین سایر محصولات دارا می‌باشد.

جدول ۱۰، میزان تغییرات مجموع سطح زیرکشت، میزان منابع آب در دسترس، سود ناخالص زارعین و ارزش اقتصادی آب آبیاری را در اراضی پایین‌دست سد طالقان تحت سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای ( $A_1B$ ،  $A_2$  و  $B_1$ ) نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، ملاحظه می‌شود که با انتشار گازهای گلخانه‌ای تحت سناریوهای  $A_1B$ ،  $A_2$  و  $B_1$ ، مجموع سطح زیرکشت محصولات منتخب ۲/۱۸ تا ۴/۰۹ درصد نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد. این امر نشان می‌دهد که افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش مجموع سطح زیرکشت محصولات زراعی را در اراضی پایین‌دست سد طالقان در پی دارد. متعاقب با کاهش سطح زیرکشت محصولات منتخب، مجموع آب مصرفی برای کشت محصولات منتخب نیز در این منطقه ۱/۶۷ تا ۵/۱۸ درصد نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد. نتایج گویای این است که بیشترین کاهش مجموع سطح زیرکشت و حجم آب مصرفی برای کشت محصولات منتخب، تحت سناریوی انتشار  $A_1B$  حاصل می‌شود.

افزون بر نتایج فوق، با توجه به نتایج جدول ۱۰ ملاحظه می‌شود که با انتشار گازهای گلخانه‌ای و کاهش مجموع سطح زیرکشت محصولات منتخب، میزان سود ناخالص کشاورزان نسبت به سال پایه ۱/۹۳ تا ۳/۷۲ درصد کاهش می‌یابد و از ۱۴۱۱۰ میلیون ریال تحت سناریوی انتشار  $A_1B$  به ۱۴۳۷۱ میلیون ریال تحت سناریوی  $B_1$  می‌رسد. ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب آبیاری نیز با انتشار گازهای گلخانه‌ای تحت سناریوهای  $A_1B$ ،  $A_2$  و  $B_1$  نسبت به سال پایه افزایش می‌یابد. بیش‌ترین میزان برآورد شده برای متغیر اقتصادی ارزش آب آبیاری ۱۳۱۷/۸ ریال و کم‌ترین میزان برآورد شده برای آن ۱۲۰۹/۵ ریال می‌باشد که به ترتیب تحت سناریوهای  $A_1B$  و  $B_1$  حاصل شده است. نتایج گویای آن است که با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب آبیاری در اراضی پایین‌دست سد طالقان افزایش می‌یابد و نسبت به سال پایه ۴/۲۷ تا ۱۳/۶ درصد تغییر می‌کند.

شکل ۷، تابع تقاضای آب آبیاری را برای کشاورزان اراضی پایین‌دست سد طالقان با توجه به تغییرات ارزش اقتصادی آب تحت سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای و میزان منابع آب در دسترس منطقه نشان می‌دهد:

آن که بیش‌ترین تغییرات افزایشی دما و کاهش بارش تحت سناریوی  $A_1B$  حاصل شده است، لذا میزان عملکرد این محصول تحت سناریوی انتشار  $A_1B$  کم‌تر از سایر سناریوهای انتشار کاهش می‌یابد. جدول ۹، میزان تغییرات سطح زیرکشت محصولات منتخب اراضی پایین‌دست سد طالقان را تحت سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای ( $A_1B$ ،  $A_2$  و  $B_1$ ) نسبت به سال پایه نشان می‌دهد:

با توجه به نتایج جدول ۹، ملاحظه می‌شود که با انتشار گازهای گلخانه‌ای تحت سناریوهای  $A_1B$ ،  $A_2$  و  $B_1$ ، سطح زیرکشت گندم، جو، گوجه‌فرنگی، هندوانه و کلزا در اراضی پایین‌دست سد طالقان نسبت به سال پایه کاهش، اما سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای و چغندر قند نسبت به سال پایه افزایش می‌یابد. علت کاهش سطح زیرکشت محصولات گروه اول (گندم، جو، گوجه‌فرنگی، هندوانه و کلزا)، کاهش عملکرد آن‌ها در اثر تغییرات اقلیمی (تغییرات دما و بارش) ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. افزایش سطح زیرکشت محصولات گروه دوم (ذرت دانه‌ای و چغندر قند) نیز ناشی از تغییرات فزاینده عملکرد این محصولات در اثر تغییرات فزاینده و توأم عوامل اقلیمی دما و بارش پس از انتشار گازهای گلخانه‌ای است. افزون بر این، با توجه به نتایج به دست آمده ملاحظه می‌شود که کاهش سطح زیرکشت گندم، جو، هندوانه و کلزا تحت سناریوهای انتشار  $A_1B$ ،  $A_2$  و  $B_1$  در سطحی پایین‌تر از سال پایه با روندی فزاینده، اما سطح زیرکشت گوجه‌فرنگی با روندی کاهنده همراه می‌باشد. بدین صورت که سطح زیرکشت گندم ۵/۴۹ تا ۲/۲۰ درصد، جو ۶/۰۱ تا ۲/۶۷ درصد، هندوانه ۶/۰۷ تا ۲/۲۳ درصد، کلزا ۱۰/۱ تا ۳/۶۴ درصد (با روندی فزاینده) و سطح زیرکشت گوجه‌فرنگی ۲/۵۱ تا ۷/۷۸ درصد (با روندی کاهنده) نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد. همچنین، نتایج نشان داد که اثرات اقلیمی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای (اثرات توأم و فزاینده دما و بارش) سبب افزایش سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای و چغندر قند نسبت به سال پایه می‌شود. بیش‌ترین افزایش سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای نسبت به سال پایه ۱۱/۲ درصد (تحت سناریوی انتشار  $A_1B$ ) و کم‌ترین میزان آن ۴/۶۵ درصد ( $B_1$ ) می‌باشد، در حالی که برای چغندر قند بیش‌ترین افزایش سطح زیرکشت تحت سناریوی  $B_1$  (به میزان ۱۰/۶ درصد) و کم‌ترین سطح زیرکشت برای آن تحت سناریوی  $A_1B$  (به میزان ۴/۱۱ درصد) حاصل شد. به طور کلی، نتایج جدول ۹ نشان می‌دهد که افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر به کاهش سطح زیرکشت اغلب محصولات منتخب اراضی پایین‌دست سد طالقان (گندم، جو، گوجه‌فرنگی، هندوانه و کلزا) می‌شود. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که در بین محصولات منتخب اراضی پایین‌دست سد طالقان، کلزا

جدول ۱۰- اثرات تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر تولیدات کشاورزی، مجموع آب مصرفی و شاخص‌های اقتصادی سود و ارزش آب

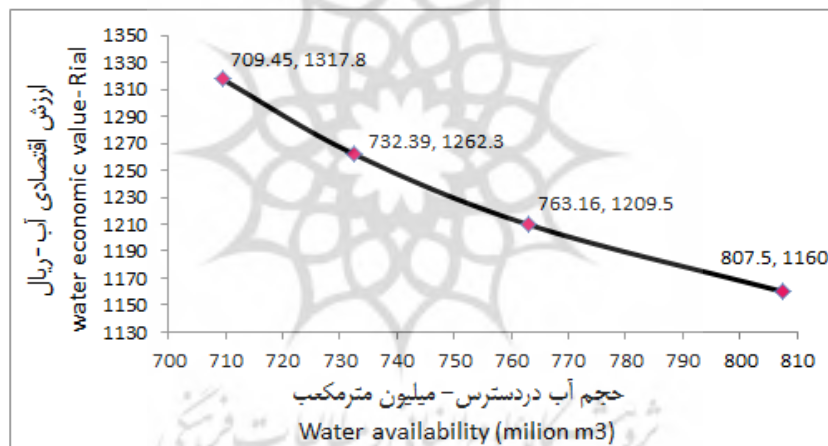
**Table 10- The effects of climate change caused by greenhouse gas emissions on agricultural production, total water used and profit and water value economic indicators**

سناریوی اقلیمی (Climatic scenario)			تغییرات (Changes)	وضعیت فعلی (Present) (situation)	شاخص (indicator)
B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B			
106641.2	105446.0	104572.6	مقدار (Amount)	109027	کل سطح زیر کشت* (Total acreage)
-2.18	-3.27	-4.09	درصد (Percent)		503.21
494.81	483.50	477.13	مقدار (Amount)	146.54	
-1.67	-3.92	-5.18	درصد (Percent)		1160
143.71	142.32	141.10	مقدار (Amount)		
-1.93	-2.88	-3.72	درصد (Percent)		
1209.5	1262.3	1317.8	مقدار (Amount)		
4.27	8.82	13.6	درصد (Percent)		

\*، \*\*، \*\*\* و \*\*\*\*: به ترتیب برحسب هکتار، میلیون مترمکعب، ۱۰۰ میلیون ریال و ریال در مترمکعب  
 \*، \*\*، \*\*\* and \*\*\*\*: Per hectare, million m<sup>3</sup>, 100 million rials and rials in m<sup>3</sup>

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: research findings



شکل ۷- تابع تقاضای آب آبیاری زارعین اراضی پایین‌دست سد طالقان در شرایط انتشار گازهای گلخانه‌ای

Figure 7- Irrigation water demand function of farmers in downstream land of Taleghan Dam under conditions of greenhouse gas emissions

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف از انجام تحقیق حاضر، ارزیابی اثرات تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر تولیدات بخش کشاورزی در اراضی پایین‌دست سد طالقان بود. برای این منظور، ابتدا با بهره‌گیری از داده‌های سری زمانی سال‌های ۸۷-۱۳۶۰ و اطلاعات مدل‌های گردش عمومی (GCM)، اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای بر متغیرهای اقلیمی دما و بارش تحت سناریوهای مختلف انتشار (A<sub>1</sub>B و A<sub>2</sub> و B<sub>1</sub>) ارزیابی شد. در ادامه، جهت بررسی میزان اثرگذاری متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر عملکرد محصولات منتخب از روش حداقل مربعات

با توجه به شکل ۷، ملاحظه می‌شود که با کاهش منابع آب در دسترس کشاورزان، ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب آبیاری در اراضی پایین‌دست سد طالقان نسبت به شرایط سال پایه (مبنا) افزایش می‌یابد. همچنین، با توجه به روند تغییرات ارزش اقتصادی آب آبیاری (از ۱۳۱۷/۸ تا ۱۱۶۰ ریال)، ملاحظه می‌شود که کاهش قیمتی تقاضای آب ۱/۱۵- می‌باشد. این امر حاکی از آن است که تقاضا برای نهاده آب در اراضی پایین‌دست سد طالقان تحت شرایط انتشار گازهای گلخانه‌ای کاهش‌پذیر است، به گونه‌ای که افزایش یک درصدی ارزش واقعی آب منجر به کاهش ۱/۱۵ درصدی تقاضای این نهاده می‌شود.

سوی دیگر، توصیه می‌شود که در برنامه‌ریزی برای افزایش میزان تولید محصولات منتخب منطقه، ابتدا به عامل بهبود عملکرد در واحد سطح پرداخته شود و توسعه سطح زیرکشت محصولاتی چون گندم، جو، گوجه‌فرنگی، هندوانه و کلزا در اولویت بعدی قرار گیرد. افزون بر این، نتایج این مطالعه نشان داد که اثر تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر عملکرد همه محصولات الزاماً منفی نیست. لذا، می‌توان از این ویژگی در جهت افزایش سطح زیرکشت و عملکرد در واحد سطح محصولاتی چون چغندر قند و ذرت دانه‌ای، به خصوص در اراضی مجاور شهرک‌های صنعتی و راه‌های حمل و نقل جاده‌ای استفاده کرد. همچنین، نتایج این تحقیق کشت‌پذیری تقاضای نهاده آب آبیاری را تحت شرایط انتشار گازهای گلخانه‌ای در اراضی پایین‌دست سد طالقان نشان داد. لذا، با توجه به وضعیت بحرانی منابع آب و پایین‌بودن نرخ آب‌بهای پرداختی زارعین در شرایط فعلی منطقه (که منجر به رایگان تلقی شدن نهاده آب شده است)، توصیه می‌شود که سیاست افزایش قیمت آب آبیاری به عنوان راهکاری اجرایی و مناسب جهت کاهش مصرف و پایداری منابع آب موجود در منطقه به کار گرفته شود و قیمت منطقی برای این نهاده کمیاب (به عنوان آب‌بها) مطابق با تغییرات ارزش اقتصادی آب و ملاحظه برابری تعیین شود. علاوه بر موارد فوق، به منظور کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در مجاورت اراضی پایین‌دست سد طالقان، توصیه می‌شود که دولت از ابزارهای تنبیهی استفاده نموده و پس از شناسایی واحدهای آلاینده مطابق با هزینه‌های زیست‌محیطی ایجاد شده اقدام به اخذ عوارض سبز از آن‌ها نماید. همچنین، توصیه می‌شود که جهت کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای، دولت با دریافت هزینه‌های زیست‌محیطی، بخش‌های خصوصی و غیردولتی را در اجرای طرح‌های جنگل‌داری و احداث فضاهای سبز، به ویژه در اطراف شهرک‌های صنعتی، مشارکت دهد.

### سپاسگزاری

نویسندگان بر خود واجب می‌دانند مراتب صمیمانه‌ترین سپاسگزاری‌های خود را از سرکار خانم مهنا پرهیزکاری به سبب کمک‌های بی‌شائبه‌شان در جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات آماری این پژوهش و تدوین و نشر آن با کیفیت مناسب ابراز دارند.

معمولی (OLS) و تحلیل‌های رگرسیونی استفاده شد. در پایان، با لحاظ نمودن نتایج تحلیل رگرسیونی در مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، تغییرات به وجود آمده در تولیدات بخش کشاورزی و شاخص‌های اقتصادی ارزش آب و سود ناخالص کشاورزان تحلیل و بررسی شد. داده‌های مربوط به متغیرهای اقلیمی دما و بارش طی دوره مورد بررسی از طریق ایستگاه‌های هواشناسی و داده‌های زراعی سال پایه با مراجعه به ادارات ذی‌ربط در استان قزوین جمع‌آوری شدند. برای تخمین توابع رگرسیونی از نرم‌افزار EViews و برای حل مدل PMP از نرم‌افزار GAMS استفاده شد. بررسی الگوی رفتاری متغیرهای اقلیمی حاکی از آن بود که دمای هوا روند فزاینده و بارش روند کاهنده محسوسی را طی دوره موردنظر در اراضی پایین‌دست سد طالقان داشته است. نتایج حاصل از مدل‌های گردش عمومی نیز نشان داد که انتشار گازهای گلخانه‌ای، منجر به افزایش دما و کاهش بارش طی دوره مورد بررسی شده است. در این خصوص، میزان تغییرات متغیرهای اقلیمی دما و بارش تحت سناریوهای مختلف انتشار متفاوت بود. نتایج حاصل از برآورد توابع عملکرد محصولات منتخب اراضی پایین‌دست سد طالقان معنی‌داری متغیرهای اقلیمی دما و بارش را به لحاظ آماری، برای کلیه محصولات در سطوح اطمینان مختلف (۱، ۵ و ۱۰ درصد) نشان داد. نتایج به دست آمده از مدل PMP نیز حاکی از آن بود که با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، میزان عملکرد و سطح زیرکشت اغلب محصولات زراعی اراضی پایین‌دست سد طالقان (گندم، جو، گوجه‌فرنگی، هندوانه و کلزا) نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد. در این خصوص، بیش‌ترین تغییرات کاهش در عملکرد و سطح زیرکشت کلزا (حساس‌ترین محصول نسبت به انتشار گازهای گلخانه‌ای) و کم‌ترین تغییرات کاهش در عملکرد و سطح زیرکشت گوجه‌فرنگی (بی‌تفاوت‌ترین محصول نسبت به انتشار گازهای گلخانه‌ای) حاصل شد. همچنین، نتایج نشان داد که افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر به کاهش سود ناخالص کشاورزان و افزایش ارزش اقتصادی آب آبیاری در اراضی پایین‌دست سد طالقان می‌شود. برآورد تابع تقاضای آب آبیاری نیز گویای آن بود که آب نهاده‌ای کشت‌پذیر در اراضی پایین‌دست طالقان بوده و زارعین این منطقه نسبت به تغییرات اندک قیمت آب واکنش نشان می‌دهند. به طور کلی، با توجه به توسعه فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و حمل و نقل در مناطق هم‌جوار اراضی پایین‌دست سد طالقان از یک سو و نابهنگامی تغییرات اقلیمی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای از

### منابع

- 1- Ababaei B., Sohrabi T., Mirzaei F. and Karimi B. 2011. Climate Change Impact on Wheat Yield and Analysis of the Related Risks (Case Study: Esfahan Ruddasht Region). Journal of Soil and Water Knowledge, 20(3): 135-149.
- 2- Abrishami H. 2005. Foundations of Econometrics, Third Edition, published by Tehran University, Pp: 11-43.
- 3- Angel J. 2008. Potential impacts of climate change on water availability. Illinois State Water Survey, Institute of Natural Resources Sustainability, 12: 397-409.



- 4- Arnell N.W. 2003. Relative effects of multi- decadal climatic variability and changes in the mean and variability of climate due to global warming: future stream flows in Britain. *Hydrology*, 270: 119-213.
- 5- Cacho O., Hean R., Ginoga K. and Wise R. 2008. Economic potential of land- use change and forestry for carbon sequestration and poverty reduction. Part 1 Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, No: 33-67.
- 6- Darijani A., Yazdani S., Sadroleshrafi M. and Peykani Gh. 2006. Extraction of shadow prices of environmental pollutants: use random function output distance. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 20(3): 165- 176 (In Persian with English abstract).
- 7- Department of Energy. 2008. Detailed report on the construction of Taleghan Dam and commissioning of its power plant, Department of Energy, Tehran, Iran, 83 p (In Persian).
- 8- Department of Energy. 2011. Greenhouse gas emissions and their effects on air and climate system in country, Environmental Protection Agency, 37 Pp.
- 9- Department of Environment Qazvin. 2013. The annual reports of the environmental pollution caused by emissions of greenhouse gases in the vicinity of industrial estates, 37 p (In Persian).
- 10- Energy balance sheet. 2012. Power and energy macro-planning office, reports on greenhouse gas emissions and their environmental impact, page 67 (In Persian).
- 11- Gorbani M., Darizani A., Kochaki A. and Matlabi M. 2009. Estimate the environmental costs of greenhouse gas emissions in dairy farms of Mashhad. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 17(66): 43-62 (In Persian with English abstract).
- 12- Griffin R.C. 2006. *Water Resource Economics: The Analysis of Scarcity Policies and Projects*. MIT Press, Cambridge, Mass, 68 Pp.
- 13- He L., Horbulyk T.M., Ali M.K., Roy D.G.L. and Klein K.K. 2012. Proportional water sharing vs. seniority- based allocation in the Bow River basin of Southern Alberta. *Agricultural Water Management*, 104: 21-31.
- 14- Howitt R.E., Medellan-Azuara J., MacEwan D. and Lund R. 2012. Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. *Science of the Environmental Modeling and Software*, 38: 244-258.
- 15- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. The scientific Basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Cambridge University Press. New York, USA, No: 996.
- 16- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2010. Climate Change. Synthesis Report of the Forth Assessment Report, IPCC, No: 158.
- 17- Kaltsas A.M., Mamolos A.P., Tsatsarelis C.A., Nanos G.D. and Kalburtji K.L. 2007. Energy budget in organic and conventional olive groves, *Agriculture Ecosystem Environ*, (122): 243-251.
- 18- Kochaki A. and nasiri M. 2008. Impact of climate change on wheat yield with increasing concentration in Iran and assessment and adaptation strategies, *Journal of Iran- Agricultural Research*, 6(1): 139-153 (In Persian with English abstract).
- 19- Kwon O.S., Yun W.C. and Hwan D. 2005. Market value for thermal energy of cogeneration: using shadow price estimation applied to cogeneration systems in Korea, *Energy Policy*, 33: 1789-1792.
- 20- Lehtonen H., Peltola J. and Sinkkonen M. 2006. Co-effects of climate policy and agricultural policy on regional agricultural viability in Finland, *Agricultural System*, (88): 472-493.
- 21- MasahBavani A., Morid S. and Mohammadzade M. 2009. Evaluating different AOGCMs and downscaling procedures in climate change local impact assessment studies. *Journal of the Earth and Space Physics*, 36(4): 99-110 (In Persian with English abstract).
- 22- Medellan-Azuara J., Harou J.J. and Howitt R.E. 2011. Predicting farmer responses to water pricing, rationing and subsidies assuming profit maximizing investment in irrigation technology. *Science of the Agricultural Water Management*, 108: 73-82.
- 23- Moradi A. and Aminian M. 2012. Greenhouse gas emissions in Iran in year 2009, *Journal of transplanting Science*, 3(1): 55-63 (In Persian with English abstract).
- 24- Parhizkari A. 2013. Determination economic value of irrigation water and farmer's response to price and non-price policies in Qazvin province, the thesis submitted for the degree of MSc in the field of agricultural economics, University of Zabol, Iran, 130 Pp.
- 25- Parhizkari A. and Sabuhi M. 2013. Analysis of the economic and welfare impacts of establishment irrigation water market in Qazvin province, *Journal of Agricultural Economics and Development*, 27(4): 338-350 (In Persian with English abstract).
- 26- Parhizkari A. and Sabuhi M. 2013. Economic analysis of effects of technology development and mechanization on agricultural sector production in Qazvin province using positive mathematical programming model, *Agricultural Economics Researches*, 5(4):1-23 (In Persian with English abstract).
- 27- Parhizkari A., Sabuhi M. and Ziaee S. 2013. Simulation water market and analysis of the effects irrigation water sharing policy on cropping patterns under conditions of water shortage, *Journal of Agricultural Economics and Development*, 27(3): 242-252 (In Persian with English abstract).

- 28- Pathak H. and Wassmann R. 2007. Introducing greenhouse gas mitigation as a development objective in rice-based agriculture: I. Generation of technical coefficients, *Agriculture System*, 94(2): 807-825.
- 29- Petersen E., Schilizzi S. and Bennett D. 2003. The impact of greenhouse gas abatement policies on the predominantly grazing systems South-Western Australia, *Agricultural System*, 78(1): 369-386.
- 30- Pourmohammadi S. and Molkinejad H. 2013. Classification of congruent climate zones affected by climate change and heating scenarios of greenhouse gas emissions, *Journal Watershed Management*, 4(8): 56-78 (In Persian with English abstract).
- 31- Rohm O. and Dabbert S. 2003. Integrating agricultural environmental programs into regional production models: an extension of positive mathematical programming, *American Journal of Agricultural Economics*, 85(1): 254-265.
- 32- Sadat Ashofte P. and Masahi Bavani A. 2011. Investigation of AOGCM Model Uncertainty and Emission Scenarios of Greenhouse Gases Impact on the Basin Runoff under Climate Change, Case study Gharanghu Basin, East Azerbaijan, Iran-*Water Resources Research*, 8(2): 36-47 (In Persian with English abstract).
- 33- Sanikhani H., Dinajoh Y., Pouryosef S. and Solati B. Effects of climate change on catchment runoff Ajichay East Azerbaijan province, *Journal of Soil and Water*, 27(6): 1225-1234 (In Persian with English abstract).
- 34- Subak S. 1999. Analysis global environmental costs of beef production, *Ecological Economics*, 30: 79-91.
- 35- Wilby R.L. and Harris I. 2006. A frame work for assessing uncertainties in climate change impact: low flow scenarios for the River Thames, UK, *Water Resources Research*, 42(2):1-10.

