# Economic Evaluation of Agricultural Sector in Fars Province as a Result of Climate Change

**Mostafa Karimi [1]*, Leyla Sharifi [2], Morteza Torkaman [3]**

1- Assistant Professor of Climatology, Department of Physical Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

(*Corresponding Author Email: mostafakarimi.a@ut.ac.ir)

2- PhD Student of Agricultural Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

3- MA Graduate of Economics, Faculty of Economy, University of Tehran, Tehran, Iran

**Extended Abstract:**

**Introduction:**

Nowadays, due to the widespread effects of climate on various sectors of production, environmental factors, and human societies, climate change is recognized as one of the most important environmental challenges of the 21st century with serious economic consequences. According to the available evidence, climate change will occur in different parts of Iran and will inevitably affect the agricultural sector. Fars province is one of the most important agricultural areas in Iran. The occurrence of drought is one of the characteristics of climatic conditions in Fars province, which along with the lack of water resources has created restrictions for the production of agricultural products. Therefore, it is necessary to estimate the economic consequences of agricultural activity due to climate change in this province. This study was conducted under a balanced greenhouse gas emission (B1) scenario according to the IPCC 2013 report and used an endogenous mathematical programming model up to 2100.

**Methodology:**

To simulate the effects of a policy or environmental change, it is necessary to compare the the current situation (reference condition) and the post-change situation. For this analysis to be valid, the policy analysis model should simulate the observed values as much as possible in the base year. For this purpose, the positive mathematical programming model (PMP) was used. In this model, the relationship between the economic variables in the agricultural sector with climatic parameters and strategies can be modeled. Therefore, a 28-year historical period from 1987 to 2015 was considered with the year 2009 as the base year of production and import due to the appropriate time interval between the beginning and end of the period and the special conditions of production and import. For this purpose, the environmental agro-zoning prepared by FAO was used. Based on the zoning of the

جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی
سال ۳۲، پیاپی ۸۱، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، صص ۱۳۶- ۱۱۹
نوع مقاله: پژوهشی
وصـول:۱۳۹۹/۱/۲۳ پـذیرش: ۱۴۰۰/۱/۲۵

# ارزیابی آثار اقتصادی تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی استان فارس

**مصطفی کریمی** *، **استادیار اقلیم شناسی گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران**
mostafakarimi.a@ut.ac.ir
**لیلا شریفی، دانشجوی دکتری اقلیم شناسی کشاورزی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران**
leyla.sharifi@ut.ac.ir
**مرتضی ترکمن، دانش آموخته ی کارشناسی ارشد علوم اقتصادی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران، تهران، ایران**
mtorkaman@ut.ac.ir

**چکیده**

به دلیل نقش کشاورزی راهبردی استان فارس در ایران، در این پژوهش وضعیت اقتصادی فعالیت‌هـای زراعـی و دامـی ایـن استان با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت تا سال ۲۱۰۰ شبیه‌سازی شده است. برای این منظور از سـناریوی انتشـار متعادل گازهای گلخانه‌ای IPCC-2013 با توجه به شرایط اجتماعی-اقتصادی منطقه استفاده شد. این مطالعه طی یـک دورهٔ ۲۸ساله (۱۳۹٤-۱۳٦٦) و با انتخاب سال ۱۳۸۸ به‌مثابهٔ سال پایه انجام شده است. انتخاب سال ۱۳۸۸ به دلیـل فاصـلهٔ زمـانی مناسب این سال نسبت به شروع و پایان دوره و همچنین شرایط خاص تولید و واردات در ایـن سـال بـوده اسـت. براسـاس نتایج به‌دست‌آمده سطح زیر کشت محصولات زراعی کل با کاهش ۰/۰۱۷درصدی نسـبت بـه سـال پایـه (۱۳۸۸) بـه ۱/۳۸۸ میلیون هکتار در سال ۲۱۰۰ خواهد رسید. با توجه به نتایج، سطح زیر کشت گندم ۱/۸، جو ۰/٤، صیفی‌جات ۱/٤ و حبوبـات ۱/۲ درصد افزایش و درمقابل سطح زیر کشت محصولات سیب‌زمینی ٤/۹، پیاز ۵/۸، چغندرقند ۵/۸ و پنبه ۳/۳ درصد کاهش داشته است؛ همچنین گندم، برنج، حبوبات، صیفی‌جـات و سـبزیجات بـه ترتیـب بـه میـزان ۲۸/٤۳، ۲۵/۳٤، ۱۲/۸، ۲٤/٦۷ و ۱۰/٦ درصد و سیب‌زمینی، پیاز، گوجه‌فرنگی، قند و شکر، پنبه، گوشت قرمز، شیر، گوشت مرغ و تخم‌مـرغ بـه میـزان ۲۷/۸، ۲۵/٤۵، ۲۸/۲۲، ۲۳/۲۷، ۱۹/۸، ۳۹/٤۵، ۱۸/۲۳، ۳٦/۵٤ و ۲۷/٤۵ درصد افزایش قیمت خواهند داشت. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان بیان کرد افـزایش سـطح زیـر کشـت در آینـده بیشـتر متوجـه محصـولات گنـدم، جـو و حبوبـات اسـت؛ بنـابراین سیاست‌گذاری‌های بخش کشاورزی باید بر این محصولات متمرکز باشد.

**کلید واژه‌ها**: تغییر اقلیم، سناریوی انتشار، PMP، استان فارس

*نویسنده مسؤول

Copyright©2021, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they can’t change it in any way or use it commercially.
Doi: 10.22108/GEP.2021.122484.1290
Dor: 20.1001.1.20085362.1400.32.1.7.8

**مقدمه**

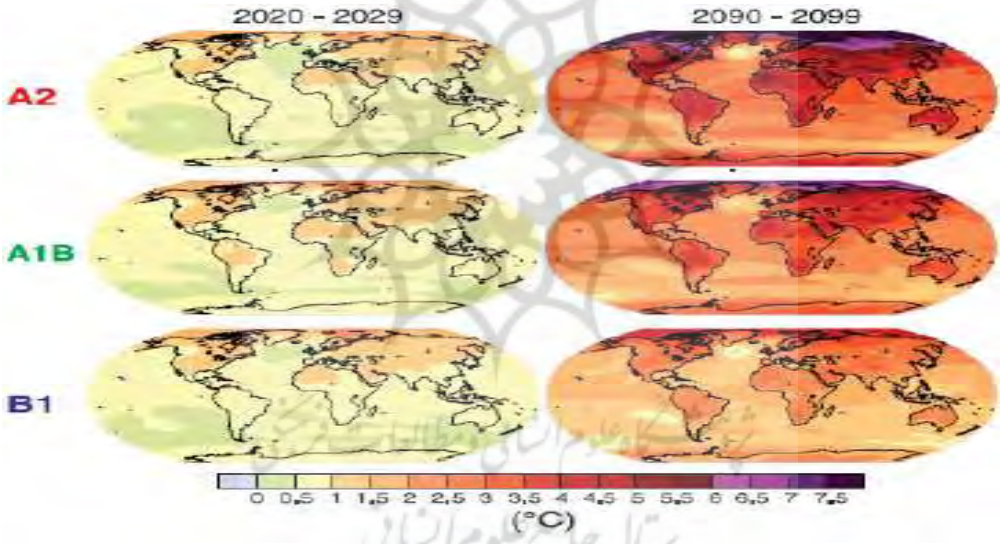
با توجه به تأثیرات گسترده و متقابل اقلیم بر بخش‌های مختلف تولیدی، عوامل زیست‌محیطی و جوامع انسانی، از تغییر اقلیم به‌مثابهٔ یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی قرن بیست‌ویکم یاد می‌شود که پیامدهای جدی اقتصادی به دنبال خواهد داشت (Redsma, 2014: 35-59; Parrado et al., 2019: 291-309). از اوایل دههٔ ۱۹۹۰ انجام پژوهش‌های اقتصادی مرتبط با تغییر اقلیم و بخش کشاورزی رشد چشمگیری داشته است (IPCC, 2013: 47; IPCC, 2018: 12). این بررسی‌ها از زوایای متفاوتی در پژوهش‌های تجربی مختلف مورد توجه قرار گرفته‌اند که به طور کلی به دو روش قیاس مکانی و ساختاری[1] تقسیم می‌شوند؛ در روش قیاس مکانی معمولاً روابط بین پارامترهای اقلیمی و درآمد خالص زارعان بررسی و مدل‌سازی می‌شود. در روش‌های ساختاری با الگوهای ریاضی و مدل‌های عمومی جوّ، عناصر اقلیمی و وضعیت محصولات کشاورزی در آینده را تبیین و پیش‌بینی می‌کنند (Gbetibouo and Hassan, 2015: 143-152). از این روش برای ارزیابی آثار اقتصادی تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی در بسیاری از کشورها ازجمله آمریکا (Marchau et al., 2019: 44-53)، هند (Korentajer and Berliner, 2009: 131–137)، آمریکای جنوبی (Gbetibouo and Hassan, 2015: 143-152) و ایران (کوچکی و نصیری، ۱۳۷۸: ۳۳–۴۷؛ حسینی و نظری، ۱۳۹٤: ۲۲۹–۲۳۰) استفاده شده است. از سوی دیگر براساس برآوردهای انجام شده برای درجات مختلف گرمایش کرهٔ زمین در مطالعات مختلف، افزایش دمای کرهٔ زمین تا ۲ درجهٔ سانتی‌گراد با خسارتی معادل ٤ تا ۷ درصد GDP جهانی و تا ۳ درجهٔ سانتی‌گراد با خسارتی حدود ٤ تا ١٤ درصد همراه بوده است؛ در صورتی که این افزایش به ۵ درجهٔ سانتی‌گراد برسد، خسارت اقتصادی آن بین ۲/۵ تا ۳۰ درصد GDP جهانی خواهد بود (Kemfert, 2009: 48-54; Parrado et al., 2019: 291-309) که بخش عمدهٔ آن را کشورهای در حال توسعه می‌پردازند؛ این امر به ایجاد نگرانی‌هایی در سطح بین‌المللی انجامیده است.

بخش‌های مختلف اقتصادی اعم از کشاورزی، جنگل‌داری، آب، صنعت و انرژی از تغییرات اقلیم متأثر می‌شوند (Parrado et al., 2019: 291-309)؛ در این میان بخش کشاورزی وابسته‌ترین بخش به اقلیم است و اقلیم تعیین‌کنندهٔ اصلی مکان، منابع و سطح تولید و بهره‌وری فعالیت‌های کشاورزی است (Reddy, 2000: 403-429; Marchau et al., 2019: 44-53)؛ افزون بر این بخش کشاورزی سهم زیادی در اقتصاد کشورهای در حال توسعه و ارتباط گسترده‌ای با دیگر بخش‌های اقتصادی دارد؛ ضمن اینکه یکی از منابع تولیدکنندهٔ گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌شود. مجموعهٔ این ویژگی‌ها، بخش کشاورزی را به محور اصلی بحث‌های سیاستی و پروژه‌های تحقیقاتی انجام‌شده در رابطه با تغییر اقلیم و راهبردهای مختلف کنترل گازهای گلخانه‌ای در سطوح جهانی تبدیل کرده است (Marchau et al., 2019: 44-53). با توجه به این ضرورت، در دهه‌های اخیر بررسی آثار اقتصادی تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی و ارزیابی راهکارهای تطبیق و سازگاری با این تغییرات به یکی از موضوعات مورد علاقهٔ اقتصاددانان کشاورزی تبدیل شده است (Parrado et al., 2019: 291-309). اقتصاددانان کشاورزی اغلب تغییرات اقلیم را براساس تأثیر آن بر درآمد

1. Spatial and structural analogy

کشاورزان یا بر رفاه و مازاد اقتصادی جامعه بررسی و تحلیل کرده‌اند. پیش‌بینی می‌شود آسیب‌پذیری کشورهای در حال توسعه نسبت به کشورهای توسعه‌یافته بیشتر باشد (Henry de Frahan et al., 2020: 129-154)؛ با این حال پژوهش‌هایی که در کشورهای در حال توسعه در این زمینه انجام شده است، در مقایسه با کشورهای توسعه‌یافته بسیار اندک بوده و بنابراین تاکنون پیامدهای تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی این کشورها و مناطق مختلف غیرشفاف باقی مانده است.

پدیدهٔ تغییر اقلیم در ایران و بخش‌های مختلف آن به‌طور اجتناب‌ناپذیری روی خواهد داد. در گزارش سال ۲۰۱۳ کمیتهٔ بین‌الدول تغییر اقلیم، داده‌های ۵ ایستگاه هواشناسی ایران با دست‌کم ۱۰۰ سال دادهٔ دیده‌بانی قابل اعتماد تحلیل شده و نتایج آن برای همهٔ ایستگاهها، افزایش معنادار میانگین دمای سالیانه را نشان داده است. پیش‌بینی‌های IPCC برای ایران تحت سناریوی $A_1$ (سناریوی انتشار متعادل گازهای گلخانه‌ای) نیز نشان‌دهندهٔ افزایش متوسط درجه‌حرارت به مقدار ۲ درجهٔ سانتی‌گراد تا ۵۰ سال آینده و ۳/۵ تا ٤ درجهٔ سانتی‌گراد برای ۱۰۰ سال آینده است (براساس شکل ۱)؛ در این صورت با توجه به وضعیت اقلیمی، ویژگی‌های هیدرولوژیکی و محدودیت‌های بخش کشاورزی کشور، وقوع چنین امری برای این منطقه چالشی اساسی خواهد بود.




**شکل ۱. پیش‌بینی‌های مدل گردش عمومی جوّ– اقیانوس از تغییرات دما تا سال ۲۱۰۰ (IPCC, 2013: 30-43)**

Figure 1. Predictions of temperature changes in 2020-2029 and 2090-2099 by GCMs (IPCC, 2013: 30-43)

استان فارس، یکی از مهم‌ترین مناطق کشاورزی و چهارمین استان پهناور در کشور، برخلاف خشکسالی‌های اخیر به دلیل تنوع اقلیمی، طی سال‌های گذشته همواره در بین استان‌های کشور رتبهٔ برتر را داشته است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹٦: ٤٦)؛ اما به طور کلی و با توجه به پتانسیل محیطی این استان، شرایط اقلیمی برای تولیدات زراعی استان فارس محدودیت‌هایی ایجاد کرده است که کمبود منابع آبی و وقوع زیاد پدیدهٔ خشکسالی از مهم‌ترین آنهاست؛ به گونه‌ای که می‌توان گفت خشکسالی پدیده‌ای است که در استان فارس به طور متوسط یک سال در میان و با خسارات فراوانی روی می‌دهد (گزارش پژوهشکدهٔ هواشناسی کشور، ۱۳۹۷: ۱۰–۱۲). بسیاری از پژوهش‌های داخلی نیز وقوع تغییر

اقلیم، هواشناسی و هیدرولوژیکی را در دهه‌های آینده برای حوضه‌های آبریز مختلف در این استان تأیید کرده‌اند (شریفی و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۸۲-۳۰۰؛ گزارش پژوهشکدهٔ هواشناسی کشور، ۱۳۹۷: ۱۰-۱۲؛ فیروزی و همکاران،۱۳۹۱: ۷۷-۹۱؛ بابائیان و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۲۵-۱۳۵).

حدود یک میلیون و سیصد هزار هکتار از مساحت کل استان قابل کشت است که حدود ۳۸ درصد آن به محصولات زراعی و ۳۰ درصد آن به محصولات باغی اختصاص دارد؛ همچنین ۷۵/۸ درصد از اراضی زیر کشت به محصولات آبی و ۲٤/۲ درصد به کشت دیم اختصاص دارد. این استان با داشتن ۸/۳۹ درصد اراضی کشاورزی رتبهٔ دوم و با ۱۳ درصد تولید محصولات زراعی و باغی رتبهٔ سوم را در بین استان‌های کشور دارد. گفتنی است فارس در تولید محصولات باغی انار، بادام، انجیر و انگور دیم مقام اول و در تولید مرکبات رتبهٔ دوم را در کل کشور به خود اختصاص داده است (گزارش وزارت جهاد کشاورزی کشور، ۱۳۹۸: ۱۳). میزان کل تولیدات محصولات زراعی و باغی استان بیش از ١٤ میلیون تن است که از این میزان سهم محصولات زراعی حدود ۱۱/۵ میلیون تن و سهم محصولات باغی حدود ۲/۵ تن است (گزارش معاونت آبخیزداری وزارت جهاد کشاورزی، ١٣٩٦: ٥٤-٥٠). این مسئله نشان‌دهندهٔ سهم زیاد تولیدات نام‌برده با توجه به پتانسیل‌های موجود اقلیم، منابع آبی و سایر عوامل تولید است که اهمیت انجام این پژوهش را آشکار می‌کند؛ بر این اساس در این پژوهش برای برآورد میزان اثرپذیری وضعیت اقتصادی استان فارس از وضعیت تغییر اقلیم در آینده، از روش الگوهای برنامه‌ریزی مثبت (PMP[1]) استفاده شده که یکی از روش‌های ساختاری است و نخست آن را هوویت[2] (1995) معرفی کرده است.

این رویکرد را در سال ۲۰۱۹ پارادو و همکاران[3] توسعه داده و بهبود بخشیده‌اند. مدل تحقیقاتی بزرگ و پیچیدهٔ SEAMLESS–IF در اروپا که درصدد ارائهٔ الگویی یکپارچه برای ارزیابی آثار سیاست‌های کشاورزی و زیست‌محیطی در سیستم‌های کشاورزی است، برمبنای این الگو بنا شده است (Rey et al., 2018: 1-34). با استفاده از این الگو، آثار تغییر اقلیم بر منابع آب کشاورزی حوضهٔ آبریز مارای دارلینگ استرالیا در سال ۲۰۱۸ ارزیابی شده است. نتایج شاخص‌های اقتصادی این بررسی بیان‌کنندهٔ کاهش درآمد و سودآوری کشاورزی آبی و افزایش هزینه‌های مربوط به تأمین آب است؛ به گونه‌ای که سود بخش کشاورزی ناحیهٔ ویکتوریا در راهگزین‌های تغییرات کم، متوسط و شدید اقلیم به ترتیب ۹، ۱۹و ۵۲ درصد و سود ناحیهٔ استرالیای جنوبی ۲۲، ٤٥ و ۸۷ درصد تا سال ۲۰۵۰ کاهش خواهد یافت (Fischer and et al., 2002: 360-371).

در مطالعات داخلی نیز، با استفاده از این الگو و با به‌کارگیری اطلاعات و آمار مربوط به میزان بارندگی و تولید محصولات زراعی و باغی در سال زراعی ۷۸-۷۹، هزینهٔ خسارات واردشده به بخش کشاورزی (زیربخش زراعت و باغداری) ایران ۱۰۸٤۰ میلیارد ریال برآورد شده که به‌مراتب بیش از میزانی است که مقامات رسمی کشور گزارش کرده‌اند (سلامی و شاهنوشی، ۱۳۸۲: ٦۹-۸۲).

1. Positive Mathematical Programming (PMP)
2. Howitt
3. Parrado et al.

دیلمی و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی مثبت اقتصادی با توجه به پیش‌بینی تغییرپذیری‌های اقلیم در مدل الگوی کشت تا سال ۲۱۰۰ نشان دادند در میان محصولات زراعی، سیب‌زمینی آبی با ۰/۲۷ و ۷۱/۷ درصد افزایش، به ترتیب بیشترین افزایش را در عملکرد و سطح زیر کشت دارد. بیشترین کاهش در عملکرد به برنج دانه‌بلند مرغوب و بیشترین کاهش در سطح زیر کشت به محصول جوی آبی مربوط است؛ همچنین سود ناخالص کشاورزان طی این دوره افزایش می‌یابد.

نتایج کلی این پژوهش‌ها نشان می‌دهد مدل استفاده‌شده در برآورد میزان آسیب‌های اقتصادی بخش کشاورزی کارا و بسیار انعطاف‌پذیر است و همچنین امکان ارزیابی یکپارچه و جامع آثار تغییر اقلیم در چهارچوب یک مدل ساختاری اقتصادی با قابلیت تلفیق روابط زراعی، اکولوژیکی، زیست‌محیطی و راهگزین‌های اقتصادی و اجتماعی در آن وجود دارد؛ افزون بر این در این الگو، امکان برآورد اثر تغییر اقلیم بر قیمت‌های بازار وجود دارد که درنهایت به تغییر سطح رفاه اقتصادی مصرف‌کننده و تولیدکننده منجر می‌شود.

با توجه به مطالب بیان‌شده، پژوهش حاضر درصدد است با تدوین الگویی مناسب، آثار اقتصادی پدیدهٔ تغییر اقلیم را مطابق اهداف تعیین‌شده بر مؤلفه‌های اقتصادی زیربخش زراعت استان فارس ازجمله سطح و ترکیب کشت محصولات زراعی، میزان عرضه و سطح قیمت‌های این محصولات و همچنین آثار رفاهی آن را برای مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان بررسی کند؛ گفتنی است این مطالعه بخشی از یک مطالعهٔ ملی است؛ بنابراین فعالیت‌های اقتصادی بیان‌شده در این پژوهش ازجمله الگوی تجارت خارجی دربارهٔ آن صدق می‌کند.

## روش‌شناسی پژوهش

اقتصاد زیربخش زراعت شامل مجموعه‌ای از مؤلفه‌های عرضه و تقاضای کالاهای کشاورزی، قیمت کالاها، سطوح و ترکیب کشت، درآمد تولیدکنندگان و مازاد رفاه اقتصادی است؛ بر این اساس الگوی اقتصادی این پژوهش با تأکید بر این عوامل باید به گونه‌ای باشد که به‌طور سیستمی همهٔ اجزا و ارتباطات متقابل بین آنها را برای همهٔ کالاها و مناطق در درون خود تلفیق کند؛ به این صورت که اولاً قادر به شبیه‌سازی تعادل بازار محصولات زراعی باشد و ثانیاً امکان بررسی و تحلیل آثار پدیدهٔ تغییر اقلیم بر سطح و الگوی کشت و همچنین بر مازاد اقتصادی تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان وجود داشته باشد؛ همچنین برای شبیه‌سازی آثار یک تغییر سیاستی یا زیست‌محیطی، نیاز است نتایج بین شرایط موجود (شرایط مرجع) و شرایط پس از وقوع تغییرات بررسی شود. برای معتبربودن چنین تحلیلی، مدل تحلیل سیاستی باید قادر به بازسازی سطوح مشاهده‌شده در سال پایه تا بیشترین حد ممکن باشد. برای این منظور و رسیدن به این اهداف، از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) استفاده شده است. در این الگو امکان مدل‌سازی روابط متقابل متغیرهای اقتصادی بخش کشاورزی با پارامترهای اقلیمی، زراعی و راهبردها وجود دارد. همان‌طور که در شکل ۲ آمده است، تابع هدف در این الگو شامل توابع تقاضای کالاها و توابع عرضهٔ نهاده‌هاست. مهم‌ترین نیروی رانش مدل، تابع هدف است که تعیین می‌کند چه تولید شود، چقدر و کجا تولید شود، کجا به فروش برسد و از چه

نهاده‌هایی استفاده شود. تقاضای کالاها به‌صورت برون‌زا تعیین و به‌مثابهٔ یک تعیین‌کنندهٔ نهایی قیمت، در تابع هدف قرار داده می شود. تابع هدف از این قیمت‌ها برای ارزش‌گذاری نهاده‌ها و تعیین متغیرهای تصمیم استفاده می‌کند؛ بنابراین عرضهٔ محصول که تابعی از هزینه‌های تولید و قیمت کالاهای رقیب است، به‌صورت درون‌زا تعیین می‌شود. جریان رفت و برگشتی اطلاعات بین تابع هدف و ماتریس ضرایب تکنولوژی به دستیابی به نقطهٔ تعادل و بنابراین تعیین مقادیر و قیمت‌های تعادلی محصولات منجر می‌شود (شکل ۲)؛ (IPCC, 2013: 30-43).

**شکل ۲. شمای کلی الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت با قیمت درون‌زا** (IPCC, 2013: 30-43)

Figure 2. Overview of Positive Mathematical Planning (IPCC, 2013: 30-43)

این الگو یک مدل انعطاف‌پذیر با قیمت‌های درون‌زا برای کالاهای داخلی است. در رابطه با فعالیت تجارت خارجی، فرض منطقهٔ کوچک برای استان فارس به کار گرفته شده که به معنی ثابت و درون‌زابودن قیمت کالاهای صادراتی و وارداتی است. در این بخش از پهنهٔ تقسیم‌شده توسط فائو استفاده شده است. فائو نواحی زراعی ایران را براساس پهنه‌بندی زراعی‌اکولوژیکی به ۱۰ منطقهٔ مختلف تقسیم کرده است (شکل ٤). با در نظر گرفتن هدف پژوهش و اینکه ایران کشوری در حال رشد و دارای منابع گستردهٔ انرژی و یکی از مصادیق الگوی رشد با فشار بر منابع طبیعی محسوب می‌شود، میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن همگام با رشد اقتصادی در این کشور با توجه به سناریوهای آب‌وهوایی IPCC از مباحث بسیار مهم است (شمسی‌پور، ۱۳۹۳: ٤٥–٤٧).

SRES-B1 (سناریوی انتشار متعادل گازهای گلخانه‌ای)، سناریوی به کار رفته در این پژوهش، برگرفته از دو مدل گردش عمومی HadCM3 و IPCM4 (Mitchell et al., 2005: 501-504) است که جهانی همگرا با بیشترین رشد جمعیت در اواسط قرن حاضر و رشد سریع در بخش اقتصادی و تکنولوژیکی را شامل می‌شود. براساس این سناریو غلظت CO2 تغییر چندانی نداشته است و دما بین ۱/۱ تا ۲/۹ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت (Yue, 2010:

315-326). دلیل استفاده از این سناریو در مطالعهٔ حاضر، علاوه بر مباحث بیان‌شده در بالا، محتمل‌تربودن این فرضیه برای پیش‌بینی شرایط اقلیمی این منطقه تا سال ۲۱۰۰ است (IPCC, 2013). الگوریتم کلی انجام این پژوهش، با سه بخش کلی زراعی، هیدرولوژی و اقتصادی و چگونگی ارتباط آنها در شکل ۳ آورده شده است.

تابع هدف این الگوی برنامه‌ریزی ریاضی عبارت از حداکثرسازی کل مازاد اقتصادی تولیدات بخش کشاورزی، زیربخش‌های زراعت و دام و طیور استان است. نخست برای تعیین اختلاف مقادیر پایه و شبیه‌سازی‌شده برای عملکرد و مقدار تقاضای آب (نیاز آبیاری) محصولات مختلف در سناریوی متعادل تغییر اقلیم SRES-B1، متغیرهای هواشناسی شبیه‌سازی و سپس اثر فیزیکی تغییر این متغیرها بر تولید، عملکرد و نیاز آبی محصولات در استان برآورد شده است. در این سناریو، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در سال‌های پیش رو ثابت فرض شده است؛ بنابراین می‌توان با مقایسهٔ مقادیر به‌دست‌آمده برای هریک از مؤلفه‌های بررسی‌شده در اجرای الگو تحت شرایط این سناریو، اثر تغییرات پیش‌بینی‌شده در اقلیم، عملکرد محصولات زراعی و موجودی منابع آب را بر بخش کشاورزی بررسی کرد. خروجی این بخش از کار، تولید اطلاعاتی است که به‌مثابهٔ داده‌های ورودی درون‌زا براساس مدل ریاضی زیر به الگوی اقتصادی معرفی شده است تا آثار اقتصادی این تغییرات بر سطوح و الگوی کشت، قیمت‌های داخلی محصولات و سطح مصرف کالاهای زراعی و دامی و مقادیر مازاد اقتصادی تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان تعیین شود. برای انجام PMP و ترسیم شرایط اقلیمی تحت سناریوی انتشار گازهای گلخانه‌ای متعادل تا سال ۲۱۰۰، میزان بارش و درجه‌حرارت معادل با مقدار میانگین خود در دورهٔ تاریخی فرض شده است؛ بر این اساس مقادیر متوسط بارش و درجه‌حرارت ماهانه برای پهنهٔ زراعی‌اکولوژیکی استان فارس، در یک دورهٔ تاریخی ۲۸ساله (۱۳۹٤-۱۳٦٦) محاسبه شده است. سال ۱۳۸۸ با فاصلهٔ زمانی مناسب نسبت به شروع و پایان دوره و به دلیل شرایط خاص تولید و واردات به‌مثابهٔ سال پایه انتخاب، و با توجه به درصد تغییر موجودی منابع آب سطحی بخش کشاورزی (حدود ۳٦/٦۷) نسبت به سال پایه، الگوی PMP تحت سناریوی متعادل و براساس مدل ریاضی زیر اجرا شده است:

**فرمول ۱)**

$$MAX\ cps = \left(\sum_{cc}^{19}\sum_{cc=1}^{18}\alpha_{cc} + 0.01 * \beta_{cc} - 0.9 * natcomc_{cc} + \sum_{cl}^{12}\sum_{cc=1}^{10}\alpha_{cc} + 0.5 * \beta_{cc} * natcomc_{cc}\right) * natcomc_{cl} - \sum_{cc=1}^{10}\sum_{l=1}^{18}(\alpha_{cc} * nacton + 0.01 * \beta_{cc} + 0.3\sum_{c}\phi cr_{l} * xcrop_{c}) * xcrop_{c} - \left(\sum_{l=1}^{10}\sum_{c=1}^{10}\gamma_{l} + \sum_{c}\phi_{l} * xlive_{cl}\right) * xlive_{cc}) - \sum_{cc,l}^{15} ipt_{cl} * t_{cc} - \sum_{cc,l}^{15} iptl_{cc} * t_{cc} * t_{cl} - \sum_{cc=1}^{11}\sum_{l=1}^{10}\sum_{p=1}^{9}(cost_{cl} * Transport_{cc,t}) - \sum_{cc=1}^{4}\sum_{l=1}^{10}\sum_{p=1}^{9}(cost_{cc} * Transport_{cc,cl})$$

در فرمول ۱، اندیس‌های cc بیان‌کنندهٔ محصولات زراعی و cl تولیدات دامی و طیور است. اولین و دومین عبارت سمت راست این رابطه، به ترتیب مجموع مساحت زیرمنحنی‌های تقاضای معکوس برای کالاهای نهایی زراعی و دامی را نشان می‌دهد. پارامتر α، عرض از مبدأ تابع تقاضا و β، ضریب شیب تابع تقاضا و nacton، متغیر مقدار کل مصرف است. این پارامترها با کالیبره‌کردن تابع تقاضای معکوس با استفاده از کشش‌های خودقیمتی منطقه‌ای مقادیر

مصرف و قیمت‌های مشاهده‌شده در بازار برای هریک از کالاهای زراعی و دامی محاسبه شده‌اند. $nactomc_{cc}$، سطح مصرف هریک از محصولات نهایی زراعی و $nactomc_{cl}$، سطح مصرف محصولات دامی است. $cost_{cc}$ & $cost_{cl}$ به‌ترتیب بیان‌کنندهٔ هزینهٔ نهایی محصولات زراعی و دامی است که روی محصولات و مناطق مختلف جمع بسته شده است. $\gamma$ و$\phi$، بردار عرض از مبدأ و ماتریس ضرایب شیب توابع عرضهٔ محصولات دامی و طیور است که مقدار آنها با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت- حداکثر انتروپی برآورد شده است. $t_{cl}$ & $t_{cc}$، تابع هدف بیان‌کنندهٔ فعالیت فرآوری، محصولات زراعی و دامی است. $ipt_{cc}$ و $ipt_{cl}$ نیز نشان‌دهندهٔ مجموع هزینه‌های فرآوری محصولات زراعی و دامی و $Transport_{cc,\ cl}$، هزینه‌های حمل و نقل این محصولات است. $xlive_{cl,\ cc}$ سطح بهینهٔ فعالیت‌های دامی (میلیون رأس) و زراعی و $xcrop_c$ سطح زیر کشت بهینهٔ فعالیت‌های زراعی (هزار هکتار) است. cps، کل مازاد خالص اجتماعی (میلیون دلار) است.

محدودیت‌های منابع تولید در این الگو شامل دو نهادهٔ زمین و موجودی منابع آب است. محدودیت زمین برای اراضی آبی و دیم به‌صورت جداگانه و محدودیت آب فقط برای محصولات آبی در نظر گرفته شده است. محدودیت‌های بیان‌شده به شرح فرمول ۲ و ۳ است.

**فرمول ۲)**

$$\sum_{cw=1}^{15} xcrop_{cw} - irland \leq 0$$

Irland= مقدار کل اراضی موجود برای انجام فعالیت‌های زراعی آبی و $xcrop_{cw}$= سطح زیر کشت فعالیت زراعی آبی است.

**فرمول ۳)**

$$\sum_{cd=1}^{4} xcrop_{cd} - dryland \leq 0$$

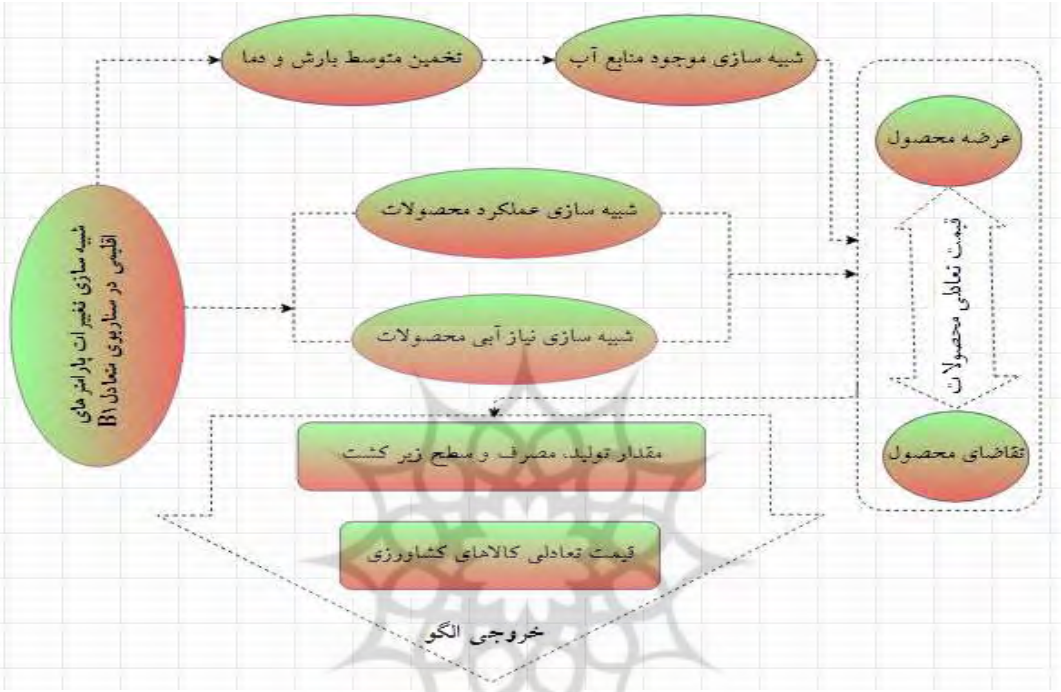
Dryland= مقدار کل اراضی موجود برای انجام فعالیت‌های زراعی دیم و $xcrop_{cd}$= سطح زیر کشت فعالیت زراعی دیم است.

این محدودیت فقط روی فعالیت‌های زراعی آبی اعمال شده است. براساس این محدودیت، مجموع آب ناخالص مصرفی سالانهٔ همهٔ فعالیت‌های زراعی نباید از کل موجودی منابع آب آن که مجموع دو منبع سطحی و زیرزمینی است، بیشتر شود (فرمول ٤).

**فرمول ٤)**

$$\sum_{cw=1}^{15} ET_{cw}^{a\ a} \Big/ efirr * definx_{cw} * xcrop_{cw} - (swat - gwat) \leq 0$$

در این رابطه $ET_{cw}^{a}{}^{a}$ نیاز خالص آبی در واحد سطح فعالیت‌های زراعی آبی، efirr میانگین راندمان آبیاری، $definx_{cw}$ شاخص تنش آبی فعالیت زراعی، $xcrop_{cw}$ کل مقدار موجودی منابع آب سطحی برای فعالیت‌های کشاورزی، swat کل مقدار موجودی منابع آب سطحی برای فعالیت‌های کشاورزی و gwat نیز کل مقدار آب قابل برداشت از منابع زیرزمینی است. نیاز خالص آبیاری هر محصول برای سال پایه از رابطهٔ بین تبخیر و تعرق پتانسیل و درجه‌حرارت به دست آمده است.




**شکل ۳. طرح‌وارهٔ جریان عمومی اطلاعات در الگوی پژوهش**

Figure 3. Scheme of information flow in the research

در پژوهش حاضر با توجه به هدف مطالعه، ویژگی‌های اقلیمی‌کشاورزی استان فارس مبنای عمل قرار گرفته تا ویژگی‌های منطقه به‌لحاظ هر دو عامل اقلیم و وضعیت تولید محصولات کشاورزی در الگوسازی‌ها لحاظ شود. برای این منظور از سیستم پهنه‌بندی زراعی‌اکولوژیکی (AEZ[1]) فائو استفاده شده است. این سیستم پهنه‌بندی، ابزار اصلی ارزیابی‌های فائو از پتانسیل تولید اراضی کشاورزی و ویژگی‌های آنها در سطح جهانی، منطقه‌ای، ملی و محلی است. کشور ایران در این سیستم پهنه‌بندی، به ۱۰ ناحیهٔ زراعی‌اکولوژیکی گسترده برمبنای شباهت‌های اقلیمی (بارش و دما)، نوع خاک، نوع محصولات کشت‌شده و همچنین قرابت‌های جغرافیایی براساس شکل ٤ تقسیم شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است استان فارس (زاگرس جنوبی) در این تقسیم‌بندی در پهنهٔ زراعی‌اکولوژیکی AEZ.8 و AEZ.7 قرار گرفته است.

1. Agro-Ecological Zoning system (AEZ)

**شکل ٤. نقشهٔ پهنه‌بندی زراعی‌اکولوژیکی ایران (Fao, 2008: 21-29)**

Figure 4. Agro-Ecological zone map of Iran (Fao, 2008: 21-29)

اطلاعات مورد نیاز این پژوهش شامل طیف گسترده‌ای از داده‌های هواشناسی در سطح ایستگاههای سینوپتیک (سری زمانی بارش و درجه‌حرارت)، پارامترهای هیدرولوژی و منابع آب (آبدهی سالانهٔ حوضه‌های معرف) و آمار و اطلاعات کشاورزی و اقتصاد کشاورزی در سطح استان شامل سطح و ترکیب کشت، عملکرد محصولات، جمعیت دامی، مقدار مصرف کالاهای کشاورزی، قیمت‌های خرده‌فروشی و سر مزرعهٔ محصولات و هزینه‌های تولید است (جدول ۱). فهرست داده‌های مورد نیاز پژوهش و مرجع گردآوری آنها در جدول ۱ گزارش شده است. سال پایهٔ پژوهش، سال زراعی ۱۳۸۷–۱۳۸۸، به دلیل افزایش تولید و عرضهٔ زیاد محصولات کشاورزی و همچنین کاهش میزان واردات نسبت به سال‌های قبل و بعد در دورهٔ زمانی مطالعه‌شده انتخاب شده است.

**جدول ۱. آمار و داده‌های مورد نیاز پژوهش و مراجع گردآوری آنها**

Table 1. Research data and their sources

| آمار مورد نیاز | واحد اندازه‌گیری | منبع جمع‌آوری آمار |
|---|---|---|
| سری زمانی بارش و دمای ماهانه‌های سینوپتیک | میلی‌متر/ سانتی‌گراد | سازمان هواشناسی کشور |
| سری زمانی عملکرد محصولات آبی و دیم | کیلوگرم | وزارت جهاد کشاورزی |
| سطح و ترکیب کشت محصولات زراعی در سال پایه | هکتار | وزارت جهاد کشاورزی |
| تعداد و ترکیب جمعیت دام و طیور | رأس– قطعه | وزارت جهاد کشاورزی |
| قیمت سر مزرعهٔ محصولات زراعی و دامی | کیلوگرم/ ریال | مرکز آمار ایران |
| قیمت و مقدار مصرف کالاهای کشاورزی | هزارتن– کیلوگرم/ ریال | مرکز آمار ایران |
| هزینهٔ تولید محصولات زراعی و دامی | هکتار/ ریال | وزارت جهاد کشاورزی |
| میزان صادرات و واردات کالاهای زراعی و دامی | تن | وزارت صنعت، معدن و تجارت |
| قیمت سرمرز محصولات وارداتی و صادراتی | کیلوگرم/ ریال | وزارت صنعت، معدن و تجارت |

## یافته‌های پژوهش و تجزیه و تحلیل آنها

اطلاعات جدول ۲ نشان می‌دهد چنانچه وضعیت اقلیمی با انتشار متعادل گازهای گلخانه‌ای بر منطقهٔ مطالعه‌شده حاکم باشد، کل سطح زیر کشت محصولات زراعی استان فارس به حدود ۱/۳۸۸ میلیون هکتار در سال خواهد رسید که در مقایسه با سطح زیر کشت مشاهده‌شده در سال پایهٔ ۱۳۸۸ حدود ۰/۰۱۷ میلیون هکتار کاهش سطح را نشان می‌دهد؛ همچنین همان‌طور که از جدول برمی‌آید سطح زیر کشت گندم (۱/۸+)، جو (۰/٤+)، صیفی‌جات (۱/٤+) و حبوبات (۱/۲+) درصد و پیاز (۵/۸–)، سیب‌زمینی (٤/۹–)، پنبه (۳/۳–) و چغندرقند (۵/۸–) درصد تغییر یافته است. چنانچه وضعیت اقلیمی منطقه مطابق شرایط سناریوی انتشار گاز گلخانه‌ای متعادل باشد، کل سطح زیر کشت محصولات زراعی کاهش می‌یابد؛ اما در سطوح زیر کشت محصولات گروه غلات (گندم و جو) هم به‌صورت آبی و هم دیم، افزایش پیش‌بینی شده است. این میزان افزایش در کشت غلات، نتیجهٔ هر دو عامل افزایش کشت در اراضی آیش به‌ویژه در اراضی دیم و جایگزینی غلات در الگوی کشت به‌جای بعضی دیگر از محصولات (مانند سیب‌زمینی، پیاز و پنبه) است.

براساس جدول ۲، نتایج کلی الگو نشان می‌دهد سهم محصولات گروه غلات در الگوی کشت افزایش یافته است؛ به گونه‌ای که سهم غلات آبی و دیم از کل سطح زیر کشت زراعت استان در شرایط متعادل افزایش یافته است. سهم محصولات جالیزی از الگوی کشت کل استان نیز کمی بیشتر شده است. درمقابل این افزایش‌ها، سهم محصولات گروه سبزیجات و حبوبات با اندکی کاهش پیش‌بینی شده است؛ همچنین مجموع سهم محصولات صنعتی کاهش داشته است. مقایسهٔ سطح فعالیت‌های دامی و طیور در سال پایه با مقادیر شبیه‌سازی‌شده برای شرایط متعادل نیز حاکی از کمی افزایش در سطح این فعالیت‌ها بوده است.

### الف. شبیه‌سازی سطح فعالیت‌های زراعی و دامی

**جدول ۲. نتایج شبیه‌سازی سطح فعالیت‌های زراعی و دامی (هزار هکتار- میلیون رأس)**

Table 2. Simulation results of agricultural and livestock activities (thousand hectares/ million heads)

| محصول | سطح زیر کشت | درصد تغییر | محصول | سطح زیر کشت | درصد تغییر |
|---|---|---|---|---|---|
| گندم | ٥٦٥/۳ | +۱۸/۷ | ذرت دانه ای | ۳٦/۳ | +۱٤ |
| برنج | ۲۷/۸ | +۱۷/۱ | ذرت علوفه ای | ۱۹/۳ | +۱۳/۱ |
| حبوبات | ۳۳/۵ | +۱۲ | یونجه | ٤۷/۸ | +۹ |
| سیب‌زمینی | ۹/۹ | -٤/۵ | گندم دیم | ۲۷۲/۲ | +۷/۸ |
| پیاز | ۲/۲ | -۳/۵ | جو دیم | ۸٦/۳ | +۳/۹ |
| گوجه‌فرنگی | ۲۳ | +٤/۷ | حبوبات دیم | ۲۰ | +۷/۲ |
| صیفی و جالیز | ۹۳/٤ | +۳/٤ | سایر دیم | ٦/۸ | +۳/٤ |
| دانه‌های روغنی | ۳۰/٦ | +۹/۷ | جمع زیرکشت | ۱۳۸۸/٦ | - |
| چغندرقند | ۳/۳۳ | -۰/۸ | گاوداری | ۰/۵۲ | +۷/٦ |
| پنبه | ۵/۱ | -۲/۳ | گوسفندداری | ۱۱/۹ | +۹/۷ |
| سبزیجات | ۱۷/۵ | +۲ | مرغداری گوشتی | ٤۳/٦ | +۹/۹ |
| جو | ۹۷/۷ | +۲٤/۱۷ | مرغداری تخمگذار | ۲/۳۵ | +۵/۷ |

### ب. شبیه‌سازی سطح قیمت داخلی محصولات زراعی و دامی

افزایش سطح زیر کشت و تغییر سهم محصولات در الگوی زراعی مناطق مختلف نسبت به سال پایه به معنی تغییر در سطح و مقدار عرضهٔ محصولات مختلف است. پیامد این تغییرات در تعامل با مؤلفهٔ تقاضا، تغییر در سطح قیمت‌های تعادلی در بازار محصولات کشاورزی است. جدول ۳ نتایج حاصل از شبیه‌سازی قیمت مصرف‌کنندهٔ محصولات زراعی و دامی این مطالعه را نشان می‌دهد. از آنجایی که این مطالعه، بخشی از یک مطالعهٔ ملی است، امکان تعیین قیمت‌های داخلی براساس تولید و مصرف یک استان وجود دارد. براساس این نتایج، قیمت مصرفی گندم، برنج، حبوبات، صیفی‌جات و سبزیجات به ترتیب به میزان ۲۸/۴۳، ۲۵/۳۴، ۱۲/۸، ۲۴/۶۷ و ۱۰/۶ درصد و سیب‌زمینی، پیاز، گوجه‌فرنگی، قند و شکر، پنبه، گوشت قرمز، شیر، گوشت مرغ و تخم‌مرغ به میزان ۲۷/۸، ۲۵/۴۵، ۲۸/۲۲، ۲۳/۲۷، ۱۹/۸، ۳۹/۴۵، ۱۸/۲۳، ۳۶/۵۴ و ۲۷/۴۵ درصد به ترتیب افزایش خواهد یافت. براساس نتایج بخش شبیه‌سازی سطح فعالیت‌های زراعی و دامی به نظر می‌رسد میزان و درصد افزایش سطح قیمت تا حدی به سطح کشت وابسته است؛ زیرا محصولاتی که افزایش سطح زیر کشت داشته‌اند، میزان افزایش قیمت آنها کمتر از محصولاتی است که کاهش سطح کشت داشته‌اند.

**جدول ۳. نتایج شبیه‌سازی قیمت مصرف‌کنندهٔ محصولات نهایی زراعی و دامی (تومان بر کیلوگرم)**

Table 3. Results of consumer price simulation of final agricultural and livestock products (Tomans per kilogram)

| محصول | قیمت | درصد تغییر | محصول | قیمت | درصد تغییر |
|---|---|---|---|---|---|
| گندم | ۱۴۶۸ | −۱۵/۵۴ | قند و شکر | ۸۴۱۹ | +۲۹/۲۷ |
| برنج | ۹۶۶۹ | −۱۰/۱۱ | پنبه | ۵۸۵۶ | +۱۸ |
| حبوبات | ۴۵۲۳ | −۱۱/۸ | سبزیجات | ۱۶۷۴ | −۵/۶ |
| سیب‌زمینی | ۲۸۴۲ | +۱۸/۱۷ | گوشت قرمز | ۶۶۳۱۷ | +۳۲/۴۵ |
| پیاز | ۳۷۹۲ | +۲۰/۴۵ | شیر | ۲۰۶۶ | +۱۷/۲۳ |
| گوجه‌فرنگی | ۳۶۳۵ | +۲۴/۲۲ | گوشت مرغ | ۱۲۳۶۸ | +۳۱/۵۴ |
| صیفی و جالیز | ۱۲۱۴ | −۱۷/۶۷ | تخم مرغ | ۵۵۵ | +۳۳/۴۵ |

### ج. شبیه‌سازی سطح مصرف کالاهای نهایی زراعی و دامی

در پی تغییر سطح بعضی از فعالیت‌ها و پیرو آن تغییر عرضه و قیمت محصولات کشاورزی، میزان مصرف گروههای کالایی کشاورزی نیز تغییر خواهد کرد. مقدار مصرف بیشتر محصولات نهایی کشاورزی در این استان نسبت به مقادیر مصرف تعادلی در سال ۱۳۸۸ افزایش یافته است. براساس جدول ۴، متوسط افزایش در مقدار مصرف محصولات زراعی از ۰/۷ درصد برای حبوبات تا حداکثر ۱۰/۵ درصد برای محصولات صیفی و جالیز و پس از آن برای گندم با ۱۳/۲ درصد تعیین شده است. متوسط مقدار افزایش در مصرف برنج در این شرایط ۶/۵ درصد، گوجه‌فرنگی ۲/۹، روغن نباتی ۴/۳ و سبزیجات ۷/۶۵ درصد پیش‌بینی شده است. برای همهٔ محصولات دامی و طیور

نیز افزایش سطح مصرف پیش‌بینی شده است که متوسط آن از ٦/٥ درصد افزایش در مصرف گوشت مرغ تا ٣/٦ درصد افزایش در مصرف تخم‌مرغ متغیر است.

**جدول ٤. نتایج شبیه‌سازی سطح مصرف کالاهای نهایی زراعی و دامی (هزار تن)**

Table 4. Simulation results of consumption of final agricultural and livestock products (thousand tons)

| محصول | سطح مصرف | درصد تغییر | محصول | سطح مصرف | درصد تغییر |
|---|---|---|---|---|---|
| گندم | ١٤٧٦ | +١٣/٢ | قند و شکر | ٩٢/٩ | -١٦/٧ |
| برنج | ٣٨٩/٦ | +٦/٥ | پنبه | ٢٥/٥ | -٢٠/٣٤ |
| حبوبات | ٤٥/٩ | +٠/٧ | سبزیجات | ٢٠٤ | +٧/٦٥ |
| سیب‌زمینی | ١٦٥/٢ | -١٥ | گوشت قرمز | ٨٦/٥ | +٦/٤ |
| پیاز | ٨٤ | -١٣/٧ | شیر | ٧٢٥/٩ | +٤/٥ |
| گوجه‌فرنگی | ٣٤٧/٢ | +٢/٩ | گوشت مرغ | ٢٠١/٥ | +٦/٥ |
| صیفی و جالیز | ٤٤٠/٢ | +١٠/٥ | تخم‌مرغ | ٥٩/٧ | +٣/٦ |

### د. منافع رفاهی فعالیت‌های زراعی و دامی

در حرکت به سوی شرایط اقلیمی متأثر از متعادل‌شدن وضعیت انتشار گازهای گلخانه‌ای، منافع رفاهی مصرف‌کنندگان به دلیل افزایش میزان مصرف افزایش می‌یابد. منابع رفاهی تولیدکنندگان نیز به دلیل افزایش بیشتر تولید غلات و محصولات دامی، ٠/٢ درصد نسبت به سال ١٣٨٨ بهبود می‌یابد. مقدار درآمد تولیدکنندگان نیز افزایش را نشان می‌دهد؛ بنابراین توزیع رفاهی این پدیده هم به نفع تولیدکنندگان و هم به نفع مصرف‌کنندگان خواهد بود (جدول ٥). تراز تجارت خارجی کالاهای زراعی و دامی استان نیز در شرایط متعادل انتشار گازهای گلخانه‌ای براساس جدول ٥ منفی به دست آمده و خالص هزینهٔ پرداختی بابت آن، سالانه حدود ٥١٥٤/٢ میلیارد ریال برآورد شده است.

**جدول ٥. نتایج حاصل از شبیه‌سازی مقدار مازاد رفاه اجتماعی مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان کالاهای زراعی و دامی (میلیارد ریال)**

Table 5. Simulation results of social welfare surplus of consumers and producers of agricultural and livestock goods (billion Rials)

| مازاد مصرف‌کنندگان | | مازاد تولیدکنندگان | | هزینه‌های فرآوری و حاشیهٔ بازار | هزینه‌های حمل و نقل | کل مازاد خالص اجتماعی جامعه | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مقدار | درصد | مقدار | درصد | | | مقدار | درصد |
| ٣٩٨٧٤/٥ | +٠/٢ | ٢٥١٢٧/٣ | +٠/٩ | ٥١٥٤/٢ | ١٤٦٢٠/٧ | ٤٥٢٢٦/٩ | +١/١ |

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، مجموع مازاد رفاه مصرف‌کنندگان کالاهای زراعی و دامی در سطح منطقه برای این شرایط اقلیمی حدود ٣٩٨٧٤/٥ میلیارد ریال و مازاد رفاه تولیدکنندگان حدود ٢٥١٢٧/٣ میلیارد ریال برآورد شده است. تراز تجارت خارجی کالاهای زراعی و دامی کشور در این شرایط منفی به دست آمده و خالص هزینهٔ پرداختی بابت آن، سالانه حدود ٥١٥٤/٢ میلیارد ریال برآورد شده است (جدول ٦).

### ذ. الگوی تجارت خارجی

با استناد به نتایج جدول ٦، مقدار واردات برای محصولات اساسی ازجمله برنج، ذرت دانه‌ای، روغن نباتی و جو در حد مقادیر واردات سال پایه تعیین شده است. واردات محصولات گندم، جو، برنج، ذرت دانه‌ای، حبوبات، گوشت سفید و قرمز و روغن نباتی کاهش یافته و حتی مقداری صادر هم می‌شوند؛ برای نمونه میزان صادرات غلات گندم به‌طور متوسط حدود ۰/۷ درصد، برنج ۲/۳ درصد و ذرت دانه‌ای حدود ۱/۵ درصد افزایش یافته است؛ همچنین میزان واردات قند و شکر و پنبه نسبت به سال ۱۳۸۸، ۹/۲ و ١٤ درصد به ترتیب افزایش یافته است. نتیجهٔ جالب توجه این است که مقدار واردات گندم با مصرف انسانی کاهش یافته و از حدود ۰/٤١ میلیون تن در سال ۱۳۸۸ به مقدار صفر رسیده است.

**جدول ٦. نتایج شبیه‌سازی مقدار صادرات و واردات محصولات کشاورزی (هزار تن- میلیارد ریال)**

Table 6. Simulation results of export and import of agricultural products (thousand tons- billion Rials)

| محصول | واردات | | | صادرات | | | خالص تجارت خارجی | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | مقدار | ارزش | درصد تغییر | مقدار | ارزش | درصد تغییر | مقدار | ارزش |
| گندم مصرف انسانی | ۰ | ۰ | −۱۸ | ۰ | ۰ | +٦/۷ | ۰ | ۰ |
| گندم دامی | ۱۰۲/٦ | ۳٥٦/٦۷ | −۱٥/۷ | ۰ | ۰ | +۳/٤ | −۱۰۲/٦ | −۳٥٦/٦۷ |
| جو | ٥٦/٦ | ۲۳۷/۷ | −۲۰/٦ | ۰ | ۰ | +۹/۷ | −٥٦/٦ | −۲۳۷/۷ |
| برنج | ٤۹/۸ | ٦۳۷/۷ | −۲۱/۱۷ | ۰ | ۰ | +۲/۳ | −٤۹/۸ | −٦۳۷/۷ |
| ذرت دانه‌ای | ۲٤٥ | ۹۹۲ | −۱۹/۷۸ | ۰ | ۰ | +٦/٥ | −۲٤٥ | −۹۹۲ |
| گوشت قرمز | ۲۱ | ۸۰۳ | −۳۹ | ۰ | ۰ | +۱/۱ | −۲۱ | −۸۰۳ |
| گوشت سفید | ۲/۸ | ٥٦ | −۲۹/۲۷ | ۰ | ۰ | ۰ | −۲/۸ | −٥٦ |
| حبوبات | ۳٤/۳٥ | ۲۷٤/۸ | −۳۲/۳۰ | ۰ | ۰ | +٤/٥ | −۳٤/۳٥ | −۲۷٤/۸ |
| روغن نباتی | ٥۱/۷ | ٥٦۸/۷ | −۱۸ | ۰ | ۰ | ۰ | −٥۱/۷ | ٥٦۸/۷ |
| قند و شکر | ٤/۲ | ۳۷/۸ | +۹/۲ | ۰/٥ | ٤/٦ | −۳/۲ | −۳/٥ | −۳۳/۲ |
| سیب‌زمینی | ۰/۱ | ۰/٤ | ۰ | ۳٤/۲٥ | ٦۹/٦۸ | ۰ | ۳٤/۲٤ | ٦۹/٦٤ |
| پیاز | ۱/۷ | ۳٥/٥ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | −۱/۷ | −۳٥/٥ |
| صیفی‌جات | ۰ | ۰ | ۰ | ٥۹ | ۱۸۷ | ۰ | ٥۹ | ۱۸۷ |
| سبزیجات | ۰/۰٤ | ۰/٤ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | −۰/۰٤ | −۰/٤ |
| پنبه | ۰ | ۰ | +۱٤ | ۰/٦ | ۷/۲ | −٤/۳ | ۰/٦ | ۷/۲ |
| جمع کل | ٥٦۹/۸۹ | ٤۰۰۰/٦۷ | − | ۹٤/۳٥ | ۲٦۸/٤۸ | − | −۳۸٥/٥۹ | −۲٥۹٤/٤۳ |

### نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر مؤلفه‌های اقتصادی زیربخش‌های زراعت و دامی استان فارس تحت سناریوی انتشار متعادل گازهای گلخانه‌ای انجام و از یک الگوی برنامه‌ریزی ریاضی با قیمت درون‌زای

کالیبره‌شده با روش PMP برای اجرای کار استفاده شده است. پژوهش‌های زیادی در سراسر دنیا به کمک این الگو آثار قیمتی و رفاهی ناشی از تغییر اقلیم را در بخش کشاورزی تحلیل کرده‌اند. ازجمله مطالعات هِنری دی‌فراهن و همکاران[1] (2020)، مارکائو و همکاران[2] (2019)، پارادو و همکاران[3] (2019) و حسینی و نظری (۱۳۹٤) بر مباحث مطرح‌شده در این پژوهش تمرکز داشته‌اند. نتایج کلی این مطالعات نشان می‌دهد با ثابت نگه‌داشتن میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای، بخش زراعی و دامی رونق خواهد یافت و با افزایش یا کاهش عملکرد محصولات کشاورزی در اثر تغییر اقلیم، قیمت کالاهای کشاورزی برای مصرف‌کنندگان تغییر خواهد کرد؛ همچنین میزان مصرف آنها کاهش یا افزایش خواهد یافت. مطالعهٔ حسینی و نظری (۱۳۹٤) این نتیجه را تأیید می‌کند. یافته‌های این بررسی نیز در راستای نتایج حاصل از این مطالعات است. از آنجا که تقاضا برای بیشتر کالاهای کشاورزی نسبت به قیمت کشش‌ناپذیر است، کاهش در عرضه با افزایش قیمت بیشتری همراه خواهد شد که پیامد این امر از دست رفتن بخشی از منافع اقتصادی مصرف‌کننده و درمقابل افزایش رفاه اقتصادی تولیدکنندگان است.

نتایج این پژوهش نشان داده است کل سطح زیر کشت محصولات زراعی استان فارس به حدود ۱/۳۸۸ میلیون هکتار در سال ۲۱۰۰ خواهد رسید که در مقایسه با سطح زیر کشت مشاهده‌شده در سال پایهٔ ۱۳۸۸ حدود ۰/۰۱۷ میلیون هکتار کاهش سطح را نشان می‌دهد. بیان این نکته ضروری است که مطابق آمار وزارت جهاد کشاورزی سطح زیر کشت محصولات زراعی استان در سال ۱۳۹۸، ۱/۳ میلیون هکتار بوده که نسبت به سال پایهٔ ۱۳۸۸ حدود ۰/۱ میلیون هکتار کاهش یافته است؛ اما براساس نتیجهٔ این پژوهش تا سال ۲۱۰۰ سطح زیر کشت به ۱/۳۸۸ میلیون هکتار خواهد رسید که نسبت به سال ۱۳۹۸، ۰/۰۸۸ میلیون هکتار افزایش می‌یابد. با توجه به سناریوی متعادلی که در این پژوهش از آن استفاده شده، فرض بر این است که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای روند ثابتی طی ۸ دههٔ آینده داشته باشد؛ بنابراین این میزان افزایش با توجه به این فرض دور از انتظار نیست.

در مطالعهٔ مارکائو و همکاران[4] (2019) که در ایالت میشیگان ایالات متحده انجام شده است نیز، حدود ۱۵ میلیون هکتار به اراضی کشاورزی تا سال ۲۱۰۰ افزوده می‌شود. هِنری دی‌فراهن و همکاران (2020) که پژوهشی در چهارچوب همین سناریو برای اتحادیهٔ اروپا انجام داده‌اند، به طور کلی افزایش ۱۰ درصد سطح زیر کشت را برای کشورهای شمال غرب این اتحادیه پیش‌بینی کرده‌اند؛ همچنین نتایج این پژوهش و پژوهش‌های بیان‌شده نشان می‌دهد در سال‌های اخیر و با توجه به میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و بی‌نظمی‌های اقلیمی در حال وقوع و مشکلات اقتصادی، سطح زیر کشت و میزان تولید محصولات کشاورزی کاهش یافته است، اما با تغییر سیاست‌گذاری‌های جهانی، عمل به پروتکل‌های بین‌المللی درزمینهٔ تثبیت و کاهش گازهای گلخانه‌ای و گذر از شرایط اقتصادی‌اجتماعی نابسامان امروزی در ۸۰ سال آینده، شرایط کشت و تولید غلات و حبوبات در جهان بهبود خواهد یافت. تغییر اقلیم به‌طور کلی و با توجه به نتایج این مطالعه، تأثیرات اقتصادی متفاوتی بر بخش‌های مختلف کشاورزی خواهد داشت و

1. Henry de Frahan et al.
2. Marchau et al.
3. Parrado et al.
4. Marchau et al.

همچنین آسیب‌های زیربخش‌های مختلف اقتصادی نیز بسیار متفاوت خواهد بود که ضروری است به این تفاوت‌ها توجه ویژه‌ای شود. با توجه به جهت‌گیری الگوی کشت در سناریوی متعادل انتشار گازهای گلخانه‌ای پیش‌بینی می‌شود افزایش سطح زیر کشت در آینده، بیشتر متوجه محصولاتی باشد که به‌لحاظ امنیت غذایی درزمرهٔ کالاهای راهبردی محسوب می‌شوند؛ ازجمله گندم، جو و حبوبات؛ بنابراین سیاست‌گذاری‌های کشاورزی در کشور باید بر این محصولات متمرکز باشد.

از آنجایی که تثبیت انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌تواند باعث بهبود شرایط اقتصادی و اجتماعی در آینده شود، پیشنهاد می‌شود چاره‌اندیشی برای رسیدن به این هدف در دستورکار برنامه‌ریزان و مسئولان کشوری قرار گیرد؛ همچنین تغییر الگوی کشت و انتخاب محصول براساس شرایط زیست‌محیطی هر منطقه به‌مثابهٔ یکی از راهکارهای تطبیق بدون هزینه در مقابله با زیان ناشی از تغییر اقلیم و کاهش آن، یک پیشنهاد کاربردی برای رسیدن به وضعیت تثبیت کربن در آینده است؛ زیرا تغییر الگوی کشت، زیان رفاهی اجتماع را به حداقل ممکن کاهش می‌دهد؛ همچنین با توجه به اینکه تکنولوژی آب‌اندوز یکی از عوامل مهم در بهبود شرایط کشاورزی است، راه‌اندازی و توسعهٔ جدی فناوری‌های نوین در بخش آبیاری و تغییر روش آبیاری از سنتی به روش‌های مدرن توصیه می‌شود.

## منابع


بابائیان، ایمان، نجفی نیک، زهرا، زابل عباسی، فاطمه، حبیبی نوخندان، مجید، ادب، حامد، ملبوسی، شراره، (۱۳۸۷). **ارزیابی تغییر اقلیم شمال شرق ایران در دورهٔ ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جوّ G-ECHO**، مجلهٔ جغرافیا و توسعه، شمارهٔ ١٦، صص ۱۲۵-۱۳۵.

پژوهشکدهٔ هواشناسی کشور، (۱۳۹۷). **گزارش سالیانه**، صص ۷-۱۲.

حسینی، صفدر، نظری، محمدرضا، (١٣٩٤). **سومین گزارش ملی تغییر آب و هوا جهت ارائه به دبیرخانهٔ کنوانسیون (UNFCCC)**، ارزیابی آسیب‌پذیری و سازگاری، بخش چهارم، صص ۲۲۹-۲۳۰.

دیلمی، ابوالفضل، جولایی، رامتین، رضایی، اعظم، کرامت‌زاده، علی، (۱۳۹۸). **بررسی آثار تغییرات اقلیمی بر عملکرد، سود ناخالص و الگوی کشت شهرستان گرگان**، اقتصاد کشاورزی، دورهٔ ۱۳، شمارهٔ ۲، صص ۱۳۷-١٦٠.

شاهنوشی فروشانی، ناصر، سلامی، حبیب‌الله، (۱۳۸۲). **الگوی ریاضی برآورد آثار خشکسالی بر ارزش افزودهٔ محصولات زراعی و باغی در ایران**، علوم باغبانی (مجلهٔ علوم و صنایع کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد)، سال ۱۷، شمارهٔ ۱، صص ٦٩-۸۲.

شریفی، لیلا، بازگیر، سعید، محمدی، حسین، دربان آستانه، علیرضا، کریمی، مصطفی، (۱۳۹۹). **بررسی عوامل مؤثر بر تغییرات تولید گندم در اقلیم‌های مختلف استان فارس**، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۲۰، شمارهٔ ۵۷، صص ۲۸۲-۳۰۰.

شمسی‌پور، علی‌اکبر، (۱۳۹۳). **مدل‌سازی آب و هوایی نظریه و روش**، چاپ اول، تهران، دانشگاه تهران، صص ٤٥-٤٧.

فیروزی، منیژه، همتی، حسن، قدرتی، حسن، (۱۳۹۱). **ارزیابی رابطهٔ بین نقدشوندگی دارایی‌ها و نقدشوندگی سهام**، پژوهش‌نامهٔ اقتصاد و کسب و کار، دورهٔ ۳، شمارهٔ ٤، صص ۷۵-۹۱.

کوچکی، علیرضا، نصیری، مهدی، (۱۳۷۸). **تأثیر تغییر اقلیم همراه با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بر عملکرد گندم در ایران و ارزیابی راهکارهای سازگاری**، مجلهٔ پژوهش‌های زراعی ایران، سال ٦، شمارهٔ ۱، صص ۳۳-٤۷.

مرکز آمار ایران، (۱۳۹٦). **سالنامهٔ آماری کشور**، ص ٤٦.

معاونت آبخیزداری و منابع طبیعی وزارت جهاد کشاورزی، (۱۳۹٦). **گزارش سالیانه**، صص ۵۰-۵٤.

وزارت جهاد کشاورزی کشور، (۱۳۹۸). **گزارش سالیانه**، ص ۱۳.

FAO., (2008). **"global Climate change" by yuexe**, p & A. Kassam, Rome. Vol 1 (33): 21-29.

Fischer, G., Shah, M., Van velthuizen, H., (2002). **Climate change and agriculture vulnerability**, Special report of the international institute for applied system analysis, Johannesburg, Vol 5 (34): 360-371

Gbetibouo, G.A., Hassan, R.M., (2015). **Measuring the economic impact of climate change on major South America crops**, Global and Planetary Change, Vol 3 (47): 143-152.

Henry de Frahan, L., Lauwers, G., Van Huylenbroeck, J., Van Meensel, (2020). **Positive mathematical programming for agricultural and environmental policy analysis: review and practice Handbook of Operations Research in Natural Resources**, Vol 5 (20): 129-154.

Howitt, R.E., (1995). **A calibration method for agricultural economic production models**, Journal of Agricultural Economics, Vol 46 (2): 147-159.

IPCC., (2013). Summary for policymakers. In: Climate Change 2013: Fifthassessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York: 30-43 & 47.

IPCC., (2018). Summary for policymakers. By Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York: 12.

Kemfert, C., (2009). **Climate protection requirements- the economic impact of climate change**, Handbook Utility Management, Vol 9 (37): 48-54.

Korentajer L., Berliner, P.R., (2009). **Use of climatic data for estimating nitrogen fertilizer requirements of dryland wheat**, J Agric Sci, Vol 4 (113): 131–137.

Marchau, V.A.W.J., Walker, W.E., Bloemen, P.J.T.M., Popper, S.W., (2019). **Decision Making under Deep Uncertainty: from Theory to Practice**, Springer International Publishing, Vol 8 (19), 44-53.

Mitchell, J.F.B., John, T.C., Gregory, J.M., Tett, S., (2005). **Climate response to increasing levels of greenhouse gases as sulphate aerosols**, Vol 376: 501-504.

Parrado, R., Pérez-Blanco, C.D., Gutiérrez-Martín, C., Standardi, G., (2019). **Micro-macro feedback links of agricultural water management: insights from a coupled iterative positive Multi-Attribute Utility Programming and Computable General Equilibrium model in a Mediterranean basin**, Hydrol, Vol 569: 291-309.

Reddy, K., (2000). **Impact of climate change on cotton production: a south-centeral assessment**, Presented at the national center for Atmospheric research (NCAR), Boulder, and Colorado, 403-429.

Redsma, P., (2014). **Economic impacts of climatic variability and subsidies on European agriculture and observed adaptation strategies**, Mitig Adapt Strateg Glob Change, Vol 14: 35-59

Rey, C.D., Pérez-Blanco, A., Escriva-Bou, C., Girard, T.I.E., Veldkamp, (2018). **Role of economic instruments in water allocation reform: lessons from Europe Int. J. Water Resour**, Dev, Vol 2 (18):1-34

Yue, S., (2010). **Joint probability distribution of annual maximum storm peaks and amounts as represented as daily rainfalls**, J. Hydrology Sciences, Vol 45 (2): 315-326.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

ecological agro-zone, FAO has divided Iran's agricultural regions into 10 different regions. Given that Iran is a developing country with vast energy resources, it can be considered a growth model by pressing on natural resources. According to the climatic conditions proposed by the IPCC, the amount of carbon dioxide emissions is forecast for economic growth in the country. The greenhouse gas emission (SRES-B1) scenario used in this study was based on two global circulation models -- HadCM3 and IPCM4, with the highest population growth occurring in the middle of the century and rapid growth in the sector. According to this scenario, the CO2 concentration will not change much and the temperature will rise between 1.1 and 2.9 ° C.

**Discussion:**

According to the results of the study, the area under total crops will decrease by 0.017 percent compared to the base year (2009) to 1.388 million hectares in 2100. According to the results, the area under total crops will decrease by 0.017 percent compared to the base year (2009) to 1.388 million hectares in 2100. Also, the area under cultivation of wheat (1.8%), barley (0.4%), summer crops (1.4%), and legumes (1.2%) will increase. In contrast, the area under cultivation of potato crops (4.9%), onions (5.8%), sugar beet (5.8%), and cotton (3.3%) will decrease. Also wheat, rice, legumes, vegetables, potatoes, onions, tomatoes, sugar, cotton, red meat, milk, chicken, and eggs will have price increase by 28.43%, 25.34%, 12.8%, 24.67%, 27.8%, 25.45%, 22.28%, 23.27%, 19.8%, 39.45%, 18.25%, 23.54%, and 27.45%, respectively.

These results show that the increase in the price of group 1 products is much lower than the second group, which according to the results of the study may be due to the further increase in the area under cultivation of group 1 products and changes in consumption of these products. Changes in the area under cultivation and consumption woul affect the export and import of such products with the import of wheat, barley, rice, corn, meat, legumes, and oilseeds declining while exports are slightly increasing. In contrast, sugar and cotton products would show an increase in imports compared to the base year of 2009.

Also, according to the findings of this study, under a balanced greenhouse gas emission scenario, by comparing the area under cultivation, consumption will increase. In addition, with the export of some crops (about 5%), consumer welfare increases by 0.2% (39874 billion rials) and the welfare of producers as a result of higher prices of products and increase in their consumption increase by 0.9% (about 25127.3 rials).

**Conclusion:**

The results of this study show that the total area under cultivation of crops in Fars province will reach about 1.388 million hectares per year, which compared to the area under cultivation observed in

the base year of 2009 shows a decrease of about 0.017 million hectares. It is necessary to mention that according to the statistics of the Ministry of Jihad Agriculture, the area under cultivation of the province's crops in 2019 was 1.3 million hectares, which has decreased by about 0.1 million hectares compared to the base year of 2009. But, according to the results of this study, by 2100, the area under cultivation will reach 1.388 million hectares, which compared to 2019, will increase by 0.088 million hectares. Given the equilibrium scenario used in this study, it is assumed that the amount of greenhouse gas emissions will have a steady trend over the next 8 decades. Therefore, this increase is not unexpected according to this assumption.

**Keywords**: Climate Change, Emissions Scenario, PMP, Fars Province.

**References:**

- De Frahan, B. H., Lauwers, L., Van Huylenbroeck, G., & Van Meensel, J. (2020). Positive Mathematical Programming for Agricultural and Environmental Policy Analysis: Review and Practice. *Handbook of Operations Research in Natural Resources*, 5(20), 129-154.
- Fischer, G., Shah, M. M., & Van Velthuizen, H. T. (2002). Climate Change and Agriculture Vulnerability: Special Report of the International Institute for Applied System Analysis. *Johannesburg*, 5(34), 360-371.
- Gbetibouo, G. A., & Hassan, R. M. (2015). Measuring the Economic Impact of Climate Change on Major South America Crops. *Journal of Global and Planetary Change*, 3(47), 143-152.
- Howitt, R. E. (1995). A Calibration Method for Agricultural Economic Production Models. *Journal of Agricultural Economics*, 46(2), 147-159.
- Kassam, A., & Yuexe, P. (2008). Global Climate Change. *Rome*, 1(33), 21-29.
- Kemfert, C. (2009). Climate Protection Requirements- The Economic Impact of Climate Change. *Handbook Utility Management*, 9(37), 48-54.
- Korentajer, L., & Berliner, P. R. (2009). Use of Climatic Data for Estimating Nitrogen Fertilizer Requirements of Dryland Wheat. *The Journal of Agricultural Science*, 4(113), 131-137.
- Marchau, V. A., Walker, W. E., Bloemen, P. J., & Popper, S. W. (2019). *Decision Making under Deep Uncertainty: from Theory to Practice*. Springer International Publishing.
- Mitchell, J. F., John, T. C., Gregory, J. M., & Tett, S. F. B. (2005). Climate Response to Increasing Levels of Greenhouse Gases as Sulphate Aerosols. *Nature*, 376, 501-504.
- Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., & Midgley, P. M. (2018). *Summary for Policymakers.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Parrado, R., Pérez-Blanco, C. D., Gutiérrez-Martín, C., & Standardi, G. (2019). Micro-Macro Feedback Links of Agricultural Water Management: Insights from a Coupled Iterative Positive Multi-Attribute Utility Programming and Computable General Equilibrium Model in a Mediterranean Basin. *Journal of Hydrology*, 569, 291-309.

- Reddy, K. R., Hodges, H. F., & McKinion, J. (2000). *Impact of Climate Change on Cotton Production: A South-Central Assessment.* Boulder, Colorado: National Center for Atmospheric Research (NCAR).
- Redsma, P. (2014). Economic Impacts of Climatic Variability and Subsidies on European Agriculture and Observed Adaptation Strategies. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14(1), 35-59
- Rey, D., Pérez-Blanco, C. D., Escriva-Bou, A., Girard, C., & Veldkamp, T. I. (2019). Role of Economic Instruments in Water Allocation Reform: Lessons from Europe. *International Journal of Water Resources Development*, 2(18), 1-34.
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P. M. (Eds.) (2013). *Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Yue, S. (2010). Joint Probability Distribution of Annual Maximum Storm Peaks and Amounts as Represented as Daily Rainfalls. *Hydrological Sciences Journal*, 45(2), 315-326.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی