

## The Effects of Climate Change on Cropping Pattern (Case Study: Mashhad Plain)

SAMANEH SOLEYMANI NEJAD<sup>1</sup>, ARASH DOURANDISH<sup>2\*</sup>, MAHMOOD SABOUHI  
SABOUNI<sup>3</sup>, MOHAMMAD BANAYAN AVAL<sup>4</sup>

1, Msc Student of Agricultural Economics Department of Ferdowsi University,  
Mashhad, Iran

2, Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture,  
Ferdowsi University, Mashhad, Iran

3, Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi  
University, Mashhad, Iran

4, Professor, Department of Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi  
University, Mashhad, Iran

(Received: Jul. 7, 2017- Accepted: Jan. 6, 2019)

### ABSTRACT

In recent decades Climate and its changes have become one of the world major issues and as one of the major environmental problems. Agricultural sector is one of the first areas affected by these changes because farmers are not able to control climatic conditions; however, management and change in factors such as crop cultivar and optimization of the cultivation pattern according to area climate can reduce the adverse effects on growth and yield of agricultural products and play a significant role in the sustainable production of foods. Therefore, in this research, the effects of climate change on cropping pattern in Mashhad have been investigated. The statistics and data needed for the research were collected through Mashhad Agriculture Jihad Organization, meteorology Organization, as well as in-person interviews with agriculture specialists and farmers in Mashhad. The results of this study show that rainfall level, maximum and minimum seasonal temperatures have increasing trend and these changes have a significant effect on the yield of crops in the region. Also, considering the climate change scenarios (to 2031) during the planting period of each studied product, their crop area values have been changed and farmers' gross margin increased by 1.6 percent compared to the base year (2014). Finally, the results of this study indicate that the greatest changes in yield due to climatic conditions are related to wheat and barley; therefore, it is necessary for policy makers to pay attention to this issue in order to reduce the risk of these products production and prevent from reduced production of these strategic crops.

**Keywords:** Cropping pattern, Positive mathematical programming and climate change.

## اثرات تغییر اقلیم بر الگوی کشت محصولات زراعی (مورد مطالعه: دشت مشهد)

سمانه سلیمانی نژاد<sup>۱</sup>، آرش دوراندیش<sup>۲\*</sup>، محمود صبحی صابونی<sup>۳</sup>، محمد بنایان اول<sup>۴</sup>

۱، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

۲، دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

۳، استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

۴، استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۶/۴/۲۶ - تاریخ تصویب: ۹۷/۱۰/۱۶)

### چکیده

اقلیم و تغییرات آن در دهه‌های اخیر به یکی از مسائل مهم و مطرح جهانی و به‌عنوان یکی از معضلات عمده زیست محیطی تبدیل شده است. بخش کشاورزی یکی از اولین بخش‌هایی است که تحت تأثیر این تغییرات قرار می‌گیرد؛ چراکه کشاورزان قادر نیستند شرایط اقلیمی را کنترل کنند؛ اما مدیریت و تغییر در عواملی چون رقم محصول و بهینه‌سازی الگوی کشت مطابق با اقلیم منطقه، می‌تواند آثار سوء این تغییر اقلیم را بر رشد و عملکرد محصولات کشاورزی کاهش دهد و در تولید پایدار مواد غذایی نقش بسزایی داشته باشد. لذا در این پژوهش، به بررسی اثرات ناشی از تغییر اقلیم بر الگوی کشت زراعی دشت مشهد پرداخته شده است. آمار و اطلاعات مورد نیاز پژوهش از طریق سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی، سازمان هواشناسی و همچنین مصاحبه حضوری با کارشناسان کشاورزی و کشاورزان دشت مشهد جمع‌آوری گردیده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که مقادیر بارندگی، دمای بیشینه و کمینه فصلی روند افزایشی دارد و این تغییرات دارای اثر معنی‌داری بر عملکرد محصولات زراعی منطقه هستند. همچنین با در نظر گرفتن سناریوهای تغییرات اقلیم (تا سال ۱۴۱۰) در دوره کاشت هریک از محصولات مورد مطالعه، مقادیر سطح زیرکشت آنها تغییر یافته و سود ناخالص کشاورزان نسبت به سال پایه (۱۳۹۳) ۱/۶ درصد افزایش می‌یابد. در نهایت نتایج پژوهش حاکی از این است که بیشترین تغییرات در عملکرد بر اثر شرایط اقلیمی مربوط به محصولات گندم و جو می‌باشد؛ بنابراین لازم است تا سیاست‌گذاران به این موضوع توجه داشته‌باشند تا ریسک تولید این محصولات را کاهش دهند و از کاهش تولید این محصولات استراتژیک جلوگیری نمایند.

**واژه‌های کلیدی:** الگوی کشت، برنامه‌ریزی ریاضی مثبت و تغییر اقلیم.

### مقدمه

صنعت، گردشگری، انرژی و حتی بازارهای مالی و بیمه اثر می‌گذارد (Kemfert, 2009)؛ اما از آنجائی که تولید محصولات زراعی مستقیماً به شرایط اقلیمی وابسته است و اقلیم تعیین‌کننده اصلی مکان، منابع تولید و بهره‌وری فعالیت‌های کشاورزی است، بخش کشاورزی

تغییر اقلیم یکی از مسائل مهم و مطرح جهانی قرن بیست‌ویکم می‌باشد که پیامدهای جدی اقتصادی به-دنبال دارد (Redsma et al, 2009) و بر بخش‌های مختلف اقتصادی مانند کشاورزی، جنگلداری، آب،

هواشناسی تایلند پرداختند. آنها دوره آماری ۲۰۰۷-۱۹۶۵ را دوره پایه و از ۵ روش آماری ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل HADCM3 استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داده است که ریزمقیاس‌نمایی آماری توانایی خوبی برای پیش‌بینی‌های بلندمدت پارامترهای دما و بارش دارد. (Shafie et al (2011) از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی بارش اسکندریه مصر در سالهای ۲۰۰۹-۱۹۵۷ استفاده کردند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی روند مقادیر غیرخطی بارندگی نسبت به مدل رگرسیون چند متغیره مناسب‌تر و دقیق‌تر است.

Semenov (2008) با استفاده از آمار و اطلاعات ۲۰ ایستگاه در نقاط مختلف دنیا و استفاده از اطلاعات آب و هوایی مشاهده شده بین ۳۰ تا ۵۶ سال، توانایی بالای مدل تولیدکننده جوی LARS-WG را برای شبیه‌سازی رویدادهای جوی مورد بررسی و تأیید قرار داد. به‌طور کلی، نتایج اغلب مطالعات نشان‌دهنده برتری مدل شبکه عصبی مصنوعی و مدل LARS-WG در پیش‌بینی تغییرات اقلیم است (Chung et al., 2011; Wang & Sheng, 2010; Bustami et al., 2007; Hung et al., 2008; Mishra & Desai, 2006; Bodri & Cermak, 2000; Bodri & Cermak, 2003)

نتایج برخی مطالعات نیز نشان می‌دهد که تغییرات اقلیم بر مقادیر عملکرد، تولید و الگوی کشت کشاورزی اثر مستقیم دارد. به طور مثال، (Azua et al (2011) در مطالعه‌ای به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات کشاورزی پرداختند. یافته‌های این مطالعه نشان داد که در نتیجه تغییرات اقلیمی، عملکرد اغلب محصولات کاهش و هزینه‌های تولید افزایش می‌یابد. Connor et al (2008) در مطالعه‌ای به بررسی اثرات تغییرات اقلیم بر آبیاری حوضه پایین ماری استرالیا با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که در سناریوهای تغییر اقلیم شدیدتر، هزینه‌های تولیدی بیشتری برآورد شده و تغییرات کشت محصولات در این حالت سودمندتر خواهد بود. (2005) Kaul et al با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، به پیش‌بینی عملکرد سویا و ذرت در منطقه ماریلند آمریکا پرداختند. نتایج مدل مذکور با استفاده از اطلاعات متوسط عملکرد در سالهای ۹۸-۱۹۷۸ نشان داد که

یکی از اولین بخش‌هایی است که تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار می‌گیرد (Reilly, 1999). به‌طوری‌که گرم‌شدن زمین، خشک‌سالی، سیل و تغییرات وسیع در وضعیت آب‌وهوا منجر به کاهش بهره‌وری محصولات کشاورزی، کاهش درآمد کشاورزان و شاغلین بخش کشاورزی و در نهایت کاهش بهره‌وری اقتصادی می‌شود و از آنجا که کشاورزی فعالیت اقتصادی است که هدف آن تولید غذا و در نتیجه امنیت غذایی حال و آینده می‌باشد، تغییر اقلیم می‌تواند این امنیت را با مخاطره روبرو سازد (FAO, WFP & IFAD, 2012).

به طور کلی تغییر اقلیم متأثر از دو عامل دما و میزان بارش است که با تغییر هر یک از این عوامل، تغییرات آب‌وهوایی اتفاق می‌افتد و به پیامد آن زندگی انسان‌ها نیز تغییر می‌کند (Taghdisian & Minapur, 2003). مقابله با این تغییرات احتمالی و یافتن راه‌حل‌هایی جهت سازگار کردن سیستم‌های فعلی تولید با این تغییرات، مستلزم شناخت دقیق علل بوجودآورنده این تغییرات و پیش‌بینی احتمال وقوع آنها در آینده می‌باشد تا بتوان با مدیریت درست و تغییر در عواملی چون رقم محصول و بهینه‌سازی الگوی کشت مطابق با اقلیم منطقه و تعیین الگوی زراعی مناسب، اثرات سوء تغییر اقلیم بر رشد و عملکرد محصولات کشاورزی را کاهش، تولیدی پایدار در محصولات غذایی داشت و آثار منفی تغییرات اقلیم را به فرصتی جهت کشاورزی بهینه و پایدار تبدیل نمود (Ozkan & Akcaoz, 2002).

پیش‌بینی دقیق تغییرات اقلیم نیازمند استفاده از روشهای قابل قبول با کمترین خطا می‌باشد. در این راستا، در مطالعات مربوط به اقلیم از روش‌های مختلف برای پیش‌بینی تغییرات اقلیمی مانند هوش مصنوعی و روشهای اقلیمی متعددی استفاده شده است. برای مثال، (Mislan et al (2015) به پیش‌بینی بارش ماهانه در ایستگاه تنگارونگ در شرق اندونزی بر اساس شبکه‌های عصبی مصنوعی پرداختند. نتایج این مطالعه با استفاده از داده‌های بارندگی در طی دوره آماری ۲۰۰۸-۱۹۸۶، نشان داد که روش شبکه عصبی، مدل مناسبی در جهت پیش‌بینی اقلیم و مقادیر بارندگی در آینده است. (Aksorn and Srinita (2011) به تحقیق در رابطه با تغییرات دو پارامتر دما و بارش در ۴۵ ایستگاه

## مواد و روش‌ها

در بین مدل‌های اقلیمی معتبرترین روش برای پیش‌بینی و شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی، استفاده از مدل‌های گردش عمومی (GCM) می‌باشد (Mitchell, 2003). مدل‌های مذکور، مدل‌های ریاضی پیچیده‌ای هستند که قادرند خصوصیات اقلیمی آینده و پارامترهای جوی-اقیانوسی را بر اساس چرخه‌های آب‌وهوایی جهان و با استفاده از سناریوهای تایید شده IPCC مدل‌سازی - کنند (Kuchaki, 2015). در این میان مدل گردش عمومی جو HadCM3<sup>۲</sup> یکی از مدل‌های قدرتمند جفت‌شده جوی-اقیانوسی است که توسط مرکز تحقیقات و پیش‌بینی اقلیمی هادلی در بریتانیا طراحی شده‌است (Fulop et al., 1998). برای فائق آمدن به ضعف قدرت تفکیک مکانی این مدل‌ها لازم است خروجی‌ها قبل از استفاده در مطالعات ارزیابی تغییر-اقلیم، ریزمقیاس شوند (Hashmi et al., 2009). در این تحقیق از روش LARS-WG<sup>۳</sup> به عنوان یکی از مدل‌های پرکاربرد و دقیق ریزمقیاس‌نمایی داده‌های هواشناسی استفاده شده است.

طبق آخرین گزارش هیأت بین دولتی تغییر اقلیم<sup>۴</sup>، عامل اصلی گرمایش جهانی افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اثر فعالیتهای انسان بوده است (IPCC, 2013)؛ و از سویی روند انتشار آینده این گازها از قطعیت کافی برخوردار نیست؛ لذا جهت تعیین شرایط آتی تغییر اقلیم، از سناریوهای انتشار استفاده می‌شود (IPCC, 2007).

شبکه‌های عصبی مصنوعی، قدرت انعطاف و تصحیح‌پذیری بالایی در انطباق خود با داده‌های موجود را دارند (Ranjithan et al., 1995) به‌گونه‌ای که قادرند با سازماندهی مجهز شده، نظم و هماهنگی موجود در داخل داده‌ها را پیدا کنند و بر اساس بردارهای ورودی، رخداد و بزرگی یک پدیده را پیش‌بینی نمایند (Conrads & Roehle, 1999) ساختار عادی یک شبکه عصبی مصنوعی، معمولاً از لایه‌های ورودی، میانی

همواره مدل شبکه عصبی مصنوعی برآورد دقیق‌تری را از پیش‌بینی عملکرد نسبت به مدل‌های رگرسیونی نشان می‌دهد. به‌طورکلی مطالعات بررسی شده نشان می‌دهد که تولید و عملکرد محصولات کشاورزی تا حد زیادی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار می‌گیرد (Blanco et al., 2007; Withey & Kooten, 2011; Terry, 2011; Chijioke et al., 2011)

دشت مشهد یکی از مهمترین مراکز کشاورزی در شمال استان خراسان رضوی محسوب می‌شود. این دشت به عنوان یکی از مهمترین مراکز کشاورزی استان دارای ۶۸ هزار هکتار زمین زراعی و باغی است که حدود ۵۶ هزار هکتار آن به کشت محصولات زراعی اختصاص دارد. مهم‌ترین محصولات تولیدی زراعی در این دشت، از نظر درصد سطح زیر کشت مربوط به گندم، جو، گوجه‌فرنگی، یونجه، خربزه، ذرت، پیاز، خیار، چغندرقدند، هندوانه، سیب‌زمینی، نخود، لوبیا، عدس، آفتابگردان و کلزا می‌باشد (Statistical Yearbook of Khorasan Razavi Province; 2013). متوسط بارندگی سالیانه در این دشت ۱۴۸/۷ میلی‌متر، متوسط حداکثر درجه حرارت ۲۲/۲ و متوسط حداقل درجه حرارت ۸/۷ سانتی‌گراد می‌باشد (Agricultural Organization of Khorasan Razavi). همچنین نتایج مدل‌سازی پارامترهای مختلف هواشناسی و اقلیمی شهر مشهد نشان می‌دهد که شرایط اقلیمی آتی تفاوت محسوسی با شرایط فعلی خواهد داشت (Ashrafi et al., 2011). از این‌رو برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و استراتژیک برای مدیریت این شرایط ضروری به نظر می‌رسد.

با توجه به اهمیت موضوع تغییر اقلیم، در مطالعه حاضر ابتدا به پیش‌بینی تغییرات اقلیمی در دشت مشهد پرداخته شد؛ سپس از روش الگوریتم ژنتیک جهت تخمین و پیش‌بینی توابع عملکرد محصولات استفاده شده و در ادامه به کمک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، اثرات تغییر اقلیم بر الگوی کشت محصولات و سود ناخالص کشاورزان بررسی و تحلیل شد.

1 - General Circulation Models

2 - United Kingdom Met Office Hadley Centre

3 - Long Ashton Research Station Weather Generator

4 - Intergovernmental Panel for Climate Change

پیش‌بینی داده‌ها ایجاد نمود. در این روش برای ایجاد معادلات رگرسیون می‌توان از مدل‌های مختلف همچون ترکیب خطی از متغیرهای ورودی، توان دوم متغیرها و یا ترکیبات متقابل آنها و غیره استفاده کرد. همچنین برای تأیید برتری مدل از معیارهای مختلف مانند ضریب تعیین و آماره معناداری رگرسیون (F) استفاده می‌شود.

وضعیت فعلی الگوی کشت کشاورزان و اثر سیاست‌های مختلف بر وضعیت فعلی می‌تواند در الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی مثبت این روش چون بر مبنای استنباط‌های واقعی از داده‌های سال پایه هستند و داده‌های فعلی را بازسازی می‌کنند، روش برنامه‌ریزی مثبت اثباتی) نامیده می‌شود (Hazel & Norton, 1986).

PMP مورد نظر دارای سه مرحله به شرح زیر است (Hazel & Norton, 1986):

۱. تصریح الگوی برنامه‌ریزی خطی با در نظر گرفتن

محدودیت‌های واسنجی

۲. کاربرد مقادیر دوگان مرحله اول جهت تعیین

پارامترهای تابع هدف غیرخطی

۳. کاربرد تابع هدف واسنجی شده در قالب یک

الگوی برنامه‌ریزی غیرخطی به منظور تحلیل سیاست‌ها.

در تحقیق حاضر تابع هدف حداکثرسازی سود

ناخالص کل به همراه دو گروه محدودیت‌های منابع (شامل

زمین زراعی، آب آبیاری، نیروی کار موردنیاز، ماشین-آلات، سرمایه و تناوب‌های زراعی) و محدودیت‌های

کالیبراسیون وارد شده‌اند. محصولات مدل شامل ۱۹

محصول زراعی جو آبی، گندم آبی، گندم دیم، جو دیم،

گوجه‌فرنگی آبی، یونجه آبی، خربزه آبی، ذرت علوفه‌ای

آبی، پیاز آبی، خیار آبی، چغندر قند آبی، هندوانه بذری

دیم، هندوانه بذری آبی، سیب‌زمینی آبی، نخود دیم،

لوبیا آبی، عدس دیم، آفتابگردان آبی و کلزا آبی می-

باشند که مهم‌ترین محصولات زراعی دشت مشهد در

سال زراعی ۹۴-۹۳ بر اساس سطح زیرکشت هستند

((Agricultural Organization of Khorasan Razavi)).

(پنهان) و خروجی تشکیل شده‌است. شمار لایه‌ها و شمار نرون‌ها به طور معمول به وسیله روش آزمون و خطا مشخص می‌شود (Asghari Moghadam et al., 2008). در جهت پیش‌بینی عناصر اقلیمی، می‌بایست از یک شبکه عصبی مناسب استفاده شود که قادر به نگهداری اطلاعات گذشته باشد که در این مطالعه با توجه به توانایی‌های شبکه پرسپترون و قابلیت آموزش و یادگیری زیاد این نوع شبکه عصبی بر اساس تحقیقات گذشته استفاده شده است (Hosseini, 2009). در شبکه پرسپترون هر نرون  $z$  سیگنال‌های ورودی از متغیرهای توضیحی یا نرون  $i$  در لایه قبلی دریافت می‌کند و برای هر سیگنال ورودی  $(x_i)$  یک وزن  $(w_{ji})$  وجود دارد. مطابق با رابطه (۱)، سیگنال مؤثر ورودی  $(N_j)$  به نرون  $z$  برابر با مجموع وزنی تمام سیگنال‌های ورودی است:

$$N_j = \sum_{i=1}^m g_i w_{ji} \quad (1)$$

به منظور ایجاد سیگنال خروجی  $(y_j)$ ، سیگنال ورودی  $N_j$  از یک تابع فعال‌ساز عبور می‌کند و این توابع فعال‌ساز اغلب از نوع سیگموئید، خطی و هایپربولیک می‌باشند (Diaz- Robles et al., 2008).

برای تعیین روند اثرات ممکن بر عملکرد محصولات توسط متغیرهای اقلیمی دما و بارش، تابع عملکرد به صورت زیر تعریف شد:

$$Y_i = f(T_i, P_i) \quad (2)$$

در این معادله رگرسیونی

$Y_i$ : متوسط عملکرد سالانه محصول  $i$

$T_i$ : متوسط دمای ماهانه محصول  $i$  در دوره کاشت

$P_i$ : متوسط بارندگی ماهانه محصول  $i$  در دوره

کاشت می‌باشد.

به منظور برآورد این مدل از روش تابع ژنتیکی<sup>۱</sup> (GFA) استفاده شده‌است به طوری که در این روش با استفاده از تابع ژنتیک و تجزیه و تحلیل بر روی داده‌های موجود، می‌توان یک مدل در جهت تقریب و

در مرحله اول، مدل اولیه به صورت زیر تصریح می‌شود:

$$\text{Maximize } Z = \sum_{i=1}^{19} ((\alpha + \beta_1 T_i + \beta_2 T_i^2 + \beta_3 P_i + \beta_4 P_i^2 + \beta_5 T_i P_i + \beta_6 \hat{R}_i + \beta_7 \hat{R}_i^2 + \beta_8 T_i \hat{R}_i + \beta_9 P_i \hat{R}_i) \times p_i) - c_{o_i} X_i$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^{19} x_i \leq \text{land}_{i,j} \quad (۴)$$

$$\sum_{i=1}^{19} w_i x_i \leq \text{water}_m \quad (۵)$$

$$\sum_{i=1}^{19} l_i x_i \leq \text{labor}_{p,t} \quad (۶)$$

$$\sum_{i=1}^{19} m_i x_i \leq \text{machinery}_{p,t} \quad (۷)$$

$$\sum_{i=1}^{19} K_i x_i \leq \text{capital}_{total} \quad (۸)$$

$$x_{t1} - x_{t2} \leq 0 \quad (۹)$$

$$x_j \leq x'_j + \varepsilon \quad (۱۰)$$

$$x_i \geq 0 \quad (۱۱)$$

که در آن

$x_i$ : متغیرهای تصمیم و یا سطح زیرکشت محصول  $i$ ام (هکتار)

$T_i$ : متوسط دمای محصول  $i$  در دوره کاشت

$P_i$ : متوسط بارندگی محصول  $i$  در دوره کاشت

$\hat{R}_i$ : فرایند خودرگرسیون مرتبه اول مقادیر عملکرد

$p_i$ : قیمت برای محصول  $i$ ام (ریال در هکتار)

$c_{o_i}$ : هزینه هر نهاده تولیدی برای محصول  $i$ ام (ریال در هکتار)

$land_{(i,j)}$ : کل اراضی موجود زراعی (هکتار)

$w_i$ : مقدار آب مورد نیاز محصول  $i$ ام در هر ماه (مترمکعب)

$water_{(m)}$ : کل آب موجود در هر ماه (مترمکعب)

$l_i$ : مقدار کارگر مورد نیاز فعالیت  $i$ ام (نفر روز در هکتار)

$labor_{p,t}$ : کل نیروی کار موجود در منطقه (نفر روز در هکتار)

$m_i$ : مقدار ماشین‌آلات مورد نیاز فعالیت  $i$ ام (ساعت در هکتار)

$machinery_{p,t}$ : کل ماشین‌آلات موجود در منطقه (ساعت در هکتار)

$K_i$ : مقدار سرمایه مورد نیاز فعالیت  $i$ ام (ریال در هکتار)

$capital_{total}$ : کل سرمایه موجود در منطقه (ریال در هکتار)

$x_{t2}$  و  $x_{t1}$ : محصولات تولیدی در تناوب با یکدیگر (هکتار)

$x'_i$ : مقدار مشاهده شده از فعالیت تولیدی

$\varepsilon$ : عدد مثبت کوچک می‌باشد.

مختلف به شبیه‌سازی و تحلیل سیاست‌های مختلف پرداخت.

آمار و اطلاعات مورد نیاز پژوهش در مطالعه حاضر از آمار سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی و سازمان هواشناسی جمع‌آوری گردیده است. همچنین به منظور به دست‌آوردن برخی اطلاعات مانند دوره کشت محصولات با کارشناسان کشاورزی و کشاورزان منطقه به صورت تصادفی مصاحبه حضوری انجام گرفت. برای طراحی، تخمین، پیش‌بینی و ارزیابی مدل‌ها از نرم‌افزارهای EVIEWS7، MATLAB R2015a، Materials Studio 6.0 و GAMS 22.8 به ترتیب برای مدل‌سازی الگوی ARIMA، شبکه عصبی مصنوعی، تابع ژنتیک و برنامه ریاضی مثبت استفاده گردیده است.

### نتایج و بحث

در ابتدا به بررسی نتایج حاصل از شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی پرداخته می‌شود. جدول (۱) متوسط مقادیر روزانه بارش، دمای کمینه و دمای بیشینه در دوره پایه ۲۰۱۰-۱۹۹۱ را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است حداقل سال‌های قابل قبول با استفاده از آزمون کفایت داده‌ها (رابطه ماکوس)، دوره‌ی پایه‌ی ۲۰ ساله را تأیید نموده است. نتایج با توجه به جدول، بیشترین مقدار بارندگی در دوره ۲۰ ساله مورد مطالعه مربوط به ماه مارس و کمترین مقدار مربوط به آگوست می‌باشد. همچنین بیشترین دمای بیشینه در جولای و آگوست و کمترین آن مربوط به ژانویه است. بیشترین و کمترین دمای کمینه نیز به ترتیب در ماه‌های جولای و ژانویه اتفاق افتاده است.

همچنین جدول (۱) بیانگر مقادیر آماره‌های ضریب تعیین، جذر میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق، برای داده‌های تولید شده و داده‌های موجود در دوره پایه جهت ارزیابی مدل است. نتایج به دست آمده قابلیت مدل در شبیه‌سازی را تأیید می‌کند.

بعد از ارزیابی الگو، به تولید داده‌های روزانه بر اساس سه سناریوی تغییر اقلیم A1B، A2 و B1 پرداخته شده است؛ سپس از خروجی الگو میانگین‌گیری شده و مقادیر ماهانه متغیرها در دوره ۲۰۱۱-۳۰ به دست آمد. جدول (۲) نشان‌دهنده این مقادیر پیش‌بینی شده برای

در محدودیت‌های بالا، محدودیت زمین به صورت بهاره و پاییزه و محدودیت آب به صورت ماهانه وارد شده که برای به دست آوردن نیاز آبی گیاه در هر ماه از نرم‌افزار OPTIWAT به عنوان یکی از بهترین و دقیق‌ترین نرم‌افزارهای برآورد نیاز آبی در دشت مشهد با راندمان سی و پنج درصد (تعیین شده توسط کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی) استفاده شده است. محدودیت مربوط به نیروی کار و ماشین‌آلات در سه دوره کاشت، داشت و برداشت ( $p=1,2,3$ ) برای محصولات بهاره و پاییزه ( $t=1,2$ ) نوشته شده است. در محدودیت سرمایه، سرمایه مورد نیاز برای هر محصول را می‌توان هزینه تولیدی آن در هر هکتار در نظر گرفت و در محدودیت تناوب زراعی با توجه به اینکه محصولات گندم و جو بر اساس آمار موجود دارای بیشترین سطح زیرکشت در دشت مشهد هستند و با توجه به بررسی‌های انجام‌گرفته در مورد تناوب محصولات، این دو محصول در تناوب‌های زراعی جزو محصولات اصلی هستند.

در مرحله دوم با توجه به خصوصیات مطلوب توابع هزینه درجه دوم برای هر محصول، به دلیل سادگی محاسبات و همچنین نبودن دلایل کافی برای انتخاب سایر انواع توابع، اغلب این فرم تابع نسبت به سایر فرم‌ها در تابع هدف ترجیح داده می‌شود (Connor et 2008).

این شکل از تابع به صورت رابطه زیر تعریف می‌گردد.

$$C^v(x) = \bar{d}x + \bar{x}Qx/2 \quad (12)$$

که در آن:

$d$ : بردار  $(n \times 1)$  از پارامترهای جزء خطی تابع هزینه  
 $Q$ : ماتریس مثبت، نیمه معین و متقارن با ابعاد  $(n \times n)$  از پارامترهای جزء درجه دوم تابع هزینه است.

نهایتاً در مرحله سوم، تابع هزینه غیرخطی برآورد شده در مرحله دوم در تابع هدف جایگزین می‌شود و مسأله در قالب یک روش غیرخطی شبیه به مسأله اولیه به استثناء محدودیت‌های کالیبراسیون ولی همراه با سایر محدودیت‌های سیستمی مورد استفاده قرار می‌گیرد. حال می‌توان با تغییر شرایط و تعریف سناریوهای

آکائیک و شوارتز-بیزین، مشخص گردید که برای متغیرهای بارش، دمای بیشینه و دمای کمینه به ترتیب الگوهای  $ARIMA(2,0,2)$ ،  $ARIMA(2,0,12)$  و  $ARIMA(2,0,2)$  بهترین الگوها می‌باشند. برای اطمینان از صحت تشخیص فرآیند  $ARIMA$ ، لازم است که قدر مطلق معکوس ریشه‌های  $AR/MA$  کوچکتر از یک باشند تا متغیر مورد نظر باثبات باشد. بر اساس شکل‌های (۱)، (۲) و (۳)، نمایانگر باثبات بودن الگوهای مورد نظر و قابل اطمینان بودن ضرایب برآوردی آن است.

در مرحله بعد یک مدل خودتوضیح غیرخطی (NAR) در قالب یک شبکه پیشخور با یک لایه پنهان در نرم‌افزار MATLAB R2015a طراحی گردیده‌است. برای متغیر بارش تعداد دوازده وقفه و برای متغیرهای دمای بیشینه و کمینه دو وقفه در نظر گرفته شده‌است. در مدل NAR از ۵ نرون در لایه پنهان برای متغیرهای دمای بیشینه و کمینه و ۱۲ نرون در لایه پنهان برای متغیر بارش استفاده گردیده‌است. داده‌های ماهانه مورد استفاده برای مدل از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۳۰ می‌باشد که از داده‌های پیش‌بینی شده توسط مدل LARS-WG بر اساس سناریوی A2 در طی سالهای ۲۰۱۲ تا ۲۰۳۰ استخراج شده‌اند. از داده‌های آموزش طی دوره‌ی (۱۰) ۲۰۰۵- (۱) ۱۹۷۵ برای تعدیل وزن‌ها و از داده‌های اعتبارسنجی طی دوره‌ی (۵) ۲۰۱۱- (۱۱) ۲۰۰۵، برای اطمینان از عملکرد شبکه NAR هنگام ورود داده‌های جدید استفاده شده‌است. همچنین از داده‌های مربوط به دوره‌ی (۱۲) ۲۰۳۰- (۶) ۲۰۱۱، برای آزمون شبکه خودتوضیح غیرخطی استفاده گردیده‌است.

متغیرها در دوره مورد مطالعه می‌باشد. طبق اطلاعات فوق اگر تغییرات فصلی در نظر گرفته شود، به طور کلی دشت مشهد در سالهای آبی و در تمامی فصول، بر اساس هر سه سناریو با افزایش بارندگی و دمای کمینه روبرو خواهد بود. با در نظر گرفتن مقادیر تغییرات فصلی نیز این نتیجه حاصل می‌شود که دمای بیشینه در تمامی فصول سال بر اساس سناریوهای A1B و A2 افزایش می‌یابد. اما با توجه به سناریوی B1 این مقدار در فصل زمستان کاهش و در سایر فصول افزایش می‌یابد.

همانگونه که در بخش مواد و روشها توضیح داده شد برای بررسی نتایج مربوط به شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی از روش شبکه عصبی نیز بهره گرفته شد. پیش از مدل‌سازی و پیش‌بینی از طریق الگوهای شبکه عصبی لازم است که خصوصیات آماری پارامترهای اقلیمی موجود مورد بررسی قرار گیرد. لذا، در این مطالعه از آزمون‌های دیکی- فولر تعمیم‌یافته برای بررسی وجود ریشه واحد استفاده می‌گردد که نتایج این آزمون‌ها در جدول (۳) گزارش شده‌است. نتایج نشان می‌دهد که برای متغیرهای بارش و دمای کمینه، در سطوح معنی‌داری یک، پنج و ده درصد و برای متغیر دمای بیشینه در سطوح معنی‌داری پنج و ده درصد، فرض صفر مبنی بر وجود ریشه واحد در آزمون‌های دیکی- فولر تعمیم‌یافته رد می‌شود که این امر نشان‌دهنده ایستایی سری- زمانی‌های مورد بررسی است.

برای تعیین وقفه بهینه متغیرها، از روش باکس- جنکینز و توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی استفاده گردید. با در نظر گرفتن معیارهای اطلاعاتی

جدول ۱- مقادیر متوسط پارامترهای اقلیمی مشهد و مقادیر آماره‌های ارزیابی الگوی LARS-WG در دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۱

پارامتر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	ضریب تعیین	میانگین مربعات	خطا
بارش	۳۱/۶	۳۲/۵	۵۶/۵	۳۸/۱	۳۰/۳	۶/۲	۱/۹	۰/۹	۳/۸	۴	۱۶/۱	۲۲/۶	۰/۹۸	۳/۰۶	۲/۴۲
دمای بیشینه	۷/۵	۱۰/۳	۱۵	۲۱/۷	۲۷	۳۲/۸	۳۴/۸	۳۳/۹	۲۹/۴	۲۳/۴	۱۶	۱۰/۴	۰/۹۹	۰/۴۷	۰/۳۶
دمای کمینه	۲/۲	۰/۲	۳/۹	۹/۴	۱۳/۷	۱۸/۲	۲۰/۴	۱۸/۶	۱۳/۷	۸/۴	۳/۶	۰/۰۳	۰/۹۹	۰/۲۵	۰/۱۸

مأخذ: یافته‌های تحقیق



جدول ۲- مقدار متغیرهای ماهانه پیش‌بینی شده طبق سناریوهای الگوی HADCM3

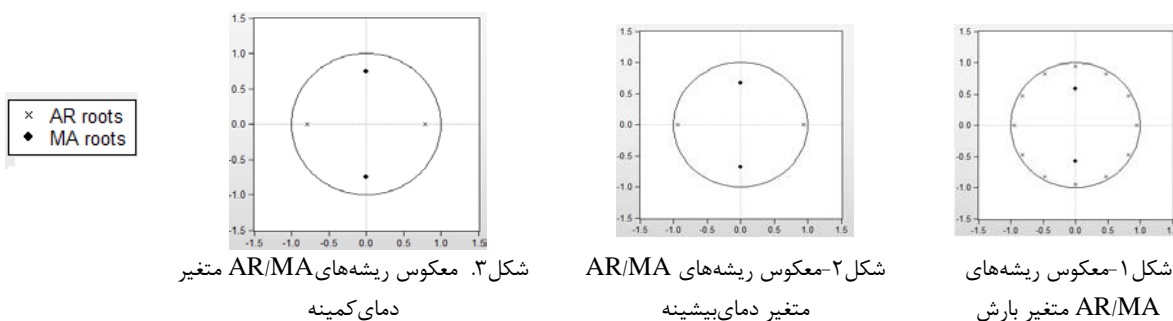
متغیر	سناریو	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
بارش	A1B	۳۳/۷	۳۵/۳	۶۹/۸	۴۷/۶	۳۲/۳	۹/۱	۶/۹	۱/۱	۳/۶	۶/۹	۱۵/۷	۳۰
	A2	۳۶/۵	۳۲/۶	۷۰/۵	۴۵	۳۵/۵	۷/۶	۸	۰/۸	۵/۹	۴/۴	۱۶/۱	۲۷/۷
	B1	۳۸/۲	۳۶/۷	۵۳/۷	۴۴/۴	۳۲/۷	۱۴/۲	۶/۴	۰/۶	۷/۶	۴/۸	۱۶/۳	۲۸/۲
دمای بیشینه	A1B	۷/۸	۱۰	۱۵/۴	۲۲	۲۸/۵	۳۳/۸	۳۵/۹	۳۴/۶	۳۰/۱	۲۳/۳	۱۵/۷	۱۱
	A2	۷/۴	۱۰/۲	۱۵/۶	۲۱/۸	۲۸	۳۳/۲	۳۵	۳۳/۹	۳۰	۲۳/۴	۱۶/۵	۱۰/۸
	B1	۷/۲	۹/۸	۱۵/۷	۲۲/۴	۲۸	۳۳	۳۵	۳۴/۸	۳۰/۶	۲۳/۲	۱۶	۱۰/۷
دمای کمینه	A1B	-۲	-۰/۳	۳/۹	۹/۹	۱۴/۴	۱۸/۷	۲۰/۹	۱۸/۴	۱۴	۸/۵	۳/۸	-۰/۵
	A2	-۲/۱	۰/۴	۴/۹	۹/۸	۱۴/۳	۱۸/۶	۲۱	۱۸/۷	۱۴/۳	۸/۷	۴/۳	۰/۸
	B1	-۲/۳	-۰/۳	۳/۹	۱۰	۱۴/۵	۱۸/۶	۲۰/۹	۱۸/۶	۱۴/۲	۸/۲	۴	۰/۲

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۳- نتایج آزمون‌های ایستایی

نام آزمون	مقدار آماره	مقدار آماره آزمون	مقدار آماره آزمون	مقدار بحرانی
ADF	-۵/۷۸	دمای بیشینه	دمای کمینه	سطح ده درصد
		-۳/۶۵	-۴/۲۸	-۳/۱۳
				سطح پنج درصد
				-۳/۹۸
				سطح یک درصد

مأخذ: محاسبات تحقیق



شکل ۱- معکوس ریشه‌های AR/MA متغیر بارش

شکل ۲- معکوس ریشه‌های AR/MA متغیر دمای بیشینه

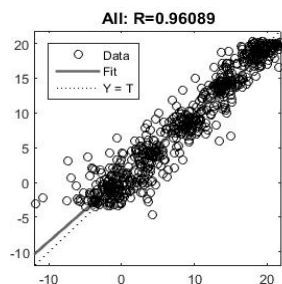
شکل ۳- معکوس ریشه‌های AR/MA متغیر دمای کمینه

جدول ۴- ارزیابی عملکرد روش‌های مختلف پیش‌بینی بر اساس معیارهای دقت

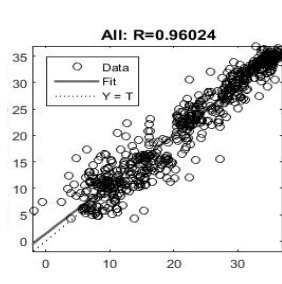
متغیر	معیارهای ارزیابی دقت	
	میانگین مربعات خطا	ریشه میانگین مربعات خطا
بارش	۱۵۸/۹	۱۲/۵
دمای بیشینه	۵/۴	۲/۳
دمای کمینه	۳/۷	۱/۹

مأخذ: محاسبات تحقیق

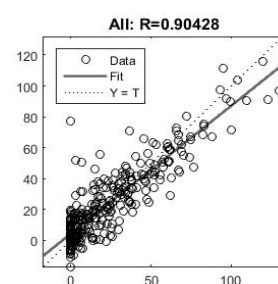
پس از اجرای شبکه و انجام پیش‌بینی توسط آن، معیارهای دقت محاسبه شده‌اند که نتایج آن‌ها در جدول (۴) و شکل‌های (۴)، (۵) و (۶) گزارش گردیده است. بر اساس شاخص‌های دقت موجود در ارزیابی می‌توان گفت که عملکرد و دقت شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی مناسب بوده است.



شکل ۶- برازش متغیر دمای کمینه



شکل ۵- برازش متغیر دمای بیشینه



شکل ۴- برازش متغیر بارش

برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات دشت مشهد با روش تابع ژنتیکی پرداخته می‌شود. برای این منظور از بسته نرم‌افزاری Materials Studio استفاده شده که در آن با توجه به آماره‌های ارزیابی گزارش‌شده-ی هر مدل به انتخاب الگو با بهترین شکل تابعی برازش داده شده، پرداخته شده است که نتایج مربوط به این اثرات در جدول (۵) گزارش شده است. بر اساس سناریوی متوسط، مقدار ضریب تعیین برای محصولات هندوانه آبی، خربزه، چغندر قند، پیاز و گندم آبی بیشترین مقدار (۹۱ و ۹۲ درصد) و محصولات نخود و خیار به ترتیب ۶۱ و ۶۷ درصد، کمترین مقدار را دارند.

جدول (۶) متوسط سطح زیرکشت محصولات زراعی منطقه در سال ۱۳۹۳ نشان می‌دهد. مقایسه سطح زیرکشت محصولات مختلف مطابق با جدول (۶) نشان می‌دهد که محصولات جوآبی و گندم آبی بیشترین سطح زیرکشت را در منطقه مورد مطالعه دارند و بعد از آن به ترتیب محصولات گندم دیم و جودیم هر کدام با ۱۴ درصد، گوجه‌فرنگی با ۷ درصد، یونجه و خربزه هر کدام در حدود ۵ درصد و سایر محصولات باقی‌مانده هر کدام با سهم کمتر از ۴ درصد تشکیل‌دهنده سطوح زیرکشت زراعی در سال ۱۳۹۳ در دشت مشهد می‌باشند. همچنین نتایج پارامترهای تابع هدف به منظور کالیبراسیون مدل بر اساس روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، از طریق تبدیل تابع هدف برنامه‌ریزی خطی به برنامه‌ریزی غیرخطی به کمک تابع هزینه غیرخطی درجه دوم به همراه محدودیت‌های ذکر شده در مرحله قبل با استفاده از بسته نرم‌افزاری بهینه‌سازی GAMS 22.8، در این جدول ارائه شده است.

با توجه به اطلاعات جدول (۱ پیوست)، تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین مقادیر سطح زیرکشت مشاهده شده در سال پایه و مقادیر حاصل از کالیبراسیون مدل برنامه‌ریزی موجود وجود ندارد. این مزیت کمک می‌کند تا شبیه‌سازی رفتار بهره‌برداران واقع‌گرایانه و انعطاف‌پذیر باشد و در این شرایط می‌توان با تغییر شرایط و تعریف

سناریوهای مختلف به شبیه‌سازی و تحلیل سیاست‌های مختلف کشاورزان پرداخت.

جدول (۶) نتایج حاصل از تغییرات اقلیم بر الگوی کشت فعلی را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که بر اساس پیش‌بینی اقلیم برای سالهای آتی، بیشترین تغییرات عملکرد به اندازه ۳۰/۹- برای محصول هندوانه آبی و ۱۲/۴ برای محصول گندم دیم است. کمترین تغییرات نیز برای برای کلزا و جو آبی به ترتیب به اندازه ۰/۲- و ۰/۳- است. در مجموع می‌توان عنوان نمود که عملکرد در محصولات گندم آبی، گندم دیم، ذرت، عدس، لوبیا، چغندر قند، گوجه‌فرنگی، خربزه، هندوانه دیم و پیاز افزایش یافته است که بیشترین مقدار افزایش در عملکرد، برای محصولات هندوانه بذری دیم، گندم دیم و گندم آبی بوده است. تغییرات عملکرد برای محصولات جو آبی، جو دیم، یونجه، کلزا، نخود، هندوانه آبی، آفتابگردان، خیار و سیب‌زمینی منفی بوده است به این معنا که با در نظر گرفتن تغییرات اقلیمی آتی در دوره کاشت تا برداشت هر یک از محصولات ذکر شده، مقادیر عملکرد این محصولات کاهش می‌یابد. بیشترین این تغییرات مربوط به محصولات هندوانه آبی، جو دیم و خیار آبی است.

نتایج جدول (۶) همچنین نشان می‌دهد که سطح زیرکشت گندم ۲۰ درصد، گندم دیم ۲۹ درصد، ذرت ۱۸ درصد، عدس ۳۶ درصد، چغندر ۸/۵ درصد، گوجه-فرنگی ۱/۶ درصد خربزه ۸/۲ درصد، هندوانه دیم ۱۱/۶ درصد و پیاز ۱۲/۴ درصد افزایش یافته اند. این در حالی است که سطح زیر کشت جو آبی و جو دیم به ترتیب، ۱۴/۵ و ۸/۳ درصد، یونجه ۵ درصد، کلزا ۱۷ درصد، نخود ۵ درصد کاهش داشته است. سایر محصولاتی که با کاهش سطح زیر کشت مواجه بوده اند شامل هندوانه آبی، آفتابگردان، خیار، سیب‌زمینی می‌باشند.

با توجه به جدول در صورتیکه کشاورزان در شرایط اقلیمی آتی از الگوی کشت به‌دست آمده از مدل استفاده نمایند، مقادیر سود ناخالص آنها به میزان ۱/۶ درصد افزایش خواهد یافت و از مقدار ۲۵۷۵۰ هزار میلیارد

ریال در سال پایه (۱۳۹۳) به ۲۶۱۷۰ هزار میلیارد ریال  
 خواهد رسید. با توجه به اینکه این مقدار افزایشی می-  
 باشد، پس استفاده از این نوع الگوی ارائه شده به نفع  
 کشاورزان و در جهت افزایش مقدار سود ناخالص  
 کشاورزان می‌باشد.

جدول ۵ - اثر متغیرهای دما و بارش بر عملکرد محصولات زراعی دشت مشهد

متغیر	گندم آبی	گندم دیم	جو آبی	جو دیم	نوجه‌فرنگی	یونجه	ذرت	پیاز	چغندر قند	خیار	مندوانه	دیهندوانه آبی	نخود	سیب‌زمینی	عدس	لوبیا	آفتابگردان	کلزا	خربزه
توان اول بارش	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۳۱	۰/۱۴	۱۱/۵	۶/۵۸	-۰/۴۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	-۰/۰۷	۰	-۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۲۴	
توان اول دما	-۰/۷۲	۰/۱۹	-۱/۸۵	۰/۷۹	-۸/۷۵	۴/۱۲	۵۷/۱۶	۱/۳۸	-۱۵/۷	۰/۰۴	۰/۰۷	-۰/۱	۰/۶۷	۰/۰۲	-۱/۸۹	۲/۴۸	۰/۰۲	-۶/۷۸	
توان اول وقفه	۲/۵۷	۱/۱	۴/۱	۱/۹۷	۲/۳۴	۰/۲۳	۴/۱۷	-۲/۱۱	-۲/۳۳	۰/۸۱	۰/۷۷	۰/۱۶	۰/۷۸	۰/۶۲	۰/۹۴	-۰/۳۲	۱/۰۵	-۰/۶۷	
توان دوم بارش	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۰/۰۳	-۰/۰۲	۰/۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۰/۰۰۱	۰	-۰/۰۰۴	
توان دوم دما	۰/۰۴	۰	۰/۰۸	-۰/۰۳	۰/۲۷	۰	-۰/۸۷	-۰/۰۲	-۰/۳۱	۰	۰	۰/۰۰۲	۰	۰	۰/۰۴	-۰/۰۴	۰	۰/۱۶	
توان دوم وقفه	-۰/۳۷	-۰/۷۵	-۰/۶۸	-۰/۸۸	-۰/۱۲	۰	۰	-۰/۰۱	۰/۰۷	-۱/۴۶	۰	۰/۲۸	۰	۰	-۰/۱۴	۰/۱۱	-۰/۱۹	۰/۰۴	
بارش * دما	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۰/۴۷	-۰/۲۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
بارش * وقفه	۰/۰۲	۰	۰	۰/۰۲	۰	۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
دما * وقفه	-۰/۰۵	۰	۰	-۰/۱۴	۰	۰	-۰/۱۵	۰/۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
عرض از مبدأ	۰/۶۴	-۱/۴۹	۴/۹	-۵/۲	-۸۷	۶۲/۹	-۶۶/۰۹	-۸۴۹	-۱۲/۴۳	۲۳۴	-۰/۶۹	-۱/۴۶	۱/۴۷	-۸/۷۳	-۰/۴۹	۲۲/۵۹	-۲۹/۷۶	-۰/۳۵	۸۲/۴
R <sup>2</sup>	۰/۹۱	۰/۸۲	۰/۸۴	۰/۸۷	۰/۸۱	۰/۷۷	۰/۸۶	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۶۷	۰/۸	۰/۹۲	۰/۶۱	۰/۹	۰/۸۵	۰/۸۸	۰/۸۷	۰/۸۸	۰/۹۲
F	۲۵/۳	۱۸/۷۹	۲۲/۳۹	۱۶/۴	۳۹/۹۵	۱۳/۶۸	۲۷	۲۳/۷۶	۲۷/۹۱	۸/۲۵	۱۶/۱۴	۱۰۲/۴۲	۶/۵۵	۷۶/۴۳	۵۰/۸۸	۳۰/۹۴	۲۸/۵	۳۰/۶	۴۶/۹۷

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۶- تغییرات سطح زیر کشت و عملکرد بر اساس تغییرات اقلیمی در دشت مشهد

محصول	مقادیر پایه (هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	تغییرات عملکرد (%)	مقادیر سطح زیر کشت (هکتار)	تغییرات سطح زیر کشت (%)
گندم آبی	۱۱۵۵۰	۳۵۰۰	۱۲/۳	۱۳۸۱۰	۱۹/۶
گندم دیم	۸۲۰۰	۳۵۰	۱۲/۴	۱۰۵۶۰	۲۸/۸
جو آبی	۱۲۰۰۰	۳۲۰۰	-۰/۳	۱۰۲۵۵	-۱۴/۵
جو دیم	۸۰۰۰	۳۰۰	-۸/۳	۶۲۰۰	-۲۲/۵
یونجه	۲۸۵۰	۱۰۰۰۰	-۵/۴	۱۷۴۰	-۳۸/۹
کلزا	۲۴	۱۵۰۰	-۰/۲	۲۰	-۱۶/۷
ذرت	۱۶۹۴	۴۵۰۰۰	۴/۴	۱۹۹۸	۱۷/۹
نخود	۱۰۰	۱۰۰۰	-۴/۶	۶۲	-۳۸
عدس	۷۰	۸۰۰	۹/۰	۹۵	۳۵/۷
لوبیا	۷۰	۱۳۰۰	-۰/۳	۷۳	۴/۳
چغندر قند	۷۱۰	۳۵۰۰۰	۳/۸	۷۷۰	۸/۵
گوجه فرنگی	۳۷۴۰	۳۸۶۰۰	۴/۶	۳۸۰۰	۱/۶
خرزبه	۲۵۷۸	۲۰۰۰۰	۳/۸	۲۷۸۹	۸/۲
هندوانه آبی	۱۹۵	۱۹۰۰۰	-۳۰/۹	۱۶	-۹۱/۸
هندوانه دیم	۵۰۲	۱۸۲	۱۲/۸	۵۶۰	۱۱/۶
آفتابگردان	۲۷	۱۵۰۰	-۱/۸	۲۱	-۲۲/۲
خیار	۷۵۹	۱۹۰۰۰	-۷/۵	۳۲۰	-۵۷/۸
پیاز	۱۰۶۸	۴۵۰۰۰	۲/۴	۱۲۰۰	۱۲/۴
سیب زمینی	۱۲۰	۳۳۰۰۰	-۰/۷	۵۷	-۵۲/۵
سود ناخالص (میلیون ریال)	۲۵۷۵۰۰۰۰			۲۶۱۷۰۰۰۰	۱/۶

مأخذ: محاسبات تحقیق

## نتیجه گیری

در چند دهه گذشته اقلیم و تغییرات آن به عنوان یکی از مهم ترین مسائل جهانی، مورد توجه بسیاری از متخصصین اقلیمی و اقتصادی قرار گرفته است. به پیامد تغییرات اقلیمی زندگی انسان ها نیز تغییر می کند اما می توان گفت که بخش کشاورزی یکی از اولین بخش های است که تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار می گیرد زیرا که این تغییرات می تواند تولید محصولات زراعی را در آینده بطور قابل ملاحظه ای متحول سازد. در این مطالعه اثرات تغییر اقلیم بر الگوی کشت محصولات زراعی شهرستان مشهد مشخص گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می دهد که تا سال ۲۰۳۱، بارندگی، دمای بیشینه و کمینه فصلی با استفاده از مدل اقلیمی LARS-WG و بر اساس سه سناریوی تغییر اقلیم A1B، A2 و B1 به طور متوسط افزایش می یابد. این پیش بینی با استفاده از مدل شبکه های عصبی مصنوعی نیز بیانگر عملکرد و دقت مناسب برای پیش بینی این متغیرهای اقلیمی بر اساس معیارهای دقت بوده است. همچنین، نتایج تابع عملکرد بر اساس متغیرهای اقلیمی دما و بارش نشان می دهد که تغییرات دما و بارش دارای اثر معنی داری بر عملکرد محصولات هستند که این

ارتباط با استفاده از نتایج آماره های برازندگی ضریب تعیین و F در جهت نیکویی برازش مدل هریک از محصولات زراعی موجود در منطقه گزارش شده است. نتایج حاصل از پارامترهای مدل برنامه ریزی ریاضی مثبت، از طریق تبدیل تابع هدف برنامه ریزی خطی به برنامه ریزی غیرخطی به کمک تابع هزینه غیرخطی درجه دوم و سناریوهای تغییر اقلیم در دوره کاشت تا برداشت هر محصول نشان داد که با پیش بینی اقلیم در سالهای آتی، عملکرد در محصولات گندم آبی، گندم دیم، ذرت، عدس، لوبیا، چغندر قند، گوجه فرنگی، خربزه، هندوانه دیم و پیاز افزایش یافته است و تغییرات عملکرد برای محصولات جو آبی، جو دیم، یونجه، کلزا، نخود، هندوانه آبی، آفتابگردان، خیار و سیب زمینی منفی بوده است و همچنین مقادیر سطح زیر کشت این محصولات نسبت به سال پایه تغییر می یابد. در این صورت سود ناخالص کشاورزان نیز نسبت به سال پایه (۱۳۹۳)، ۱/۶ درصد افزایش می یابد. با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق که نشان داد تغییر اقلیم باعث تغییر عملکرد محصولات می شود، بنابراین پیشنهاد می شود که جهت تدوین سیاستهای مناسب برای مقابله با آثار تغییر اقلیم، لازم است الگوی کشت مناسبی سازگار با شرایط

همچنین واکنش زیاد آن به تغییرات اقلیمی، کاهش سطح زیرکشت آن می‌تواند در منطقه مورد توجه قرار گیرد. با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق، تغییرات اقلیمی آتی اثرات زیادی بر مقادیر تولید در بخش کشاورزی دارد و از آنجا که تغییرات اقلیم یک موضوع فرامنطقه‌ای است بنابراین لازم است پروتکل‌های منطقه‌ای و ناحیه‌ای تدوین گردد تا گروه‌های ذینفع بهتر بتوانند در مقابل تغییرات اقلیمی محافظت شوند و تمهیدات لازم برای جبران این نوسانات تولید از طریق واردات و صادرات و یا کشت فراسرزمینی اتخاذ گردد همچنین در جهت بهبود و ارتقاء درستی پیش‌بینی‌های هواشناسی، از مدل‌های پیش‌بینی اقلیمی کوتاه‌مدت و بلندمدت، به‌منظور محافظت از محصولات کشاورزی و جلوگیری از صدمه ناشی از عوامل نامساعد جوی و اقلیمی در تمام مراحل کاشت، داشت، برداشت حمل و نقل و نگهداری استفاده شود.

اقتصادی و اقلیمی منطقه طراحی گردد. همچنین نتایج نشان داد، بیشترین سطح زیرکشت منطقه مربوط به محصولات گندم و جو است، از طرف دیگر بیشترین تغییرات در عملکرد بر اثر تغییر شرایط اقلیمی نیز مربوط به این محصولات می‌باشد؛ بنابراین لازم است تا سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان امر کشاورزی به این موضوع توجه داشته باشند تا بتوانند با اتخاذ سیاست‌های مناسب مدیریت ریسک، از یک سو ریسک تولید کشاورزان را کاهش دهند و از سوی دیگر با اجرای راهکارهای مناسب مانند پیش‌بینی‌های دقیق تغییرات اقلیمی مانع از نوسانات تولید این دو محصول راهبردی گردند. همچنین با اتخاذ سیاست‌های مناسب تنظیم بازار مانع از کمبود تولید این محصولات و افزایش قیمت آنها شوند. نتایج تحقیق نشان داد که با تغییرات اقلیمی میزان عملکرد محصول هندوانه آبی کاهش داشته است که با توجه به مصرف بالای آب در این محصول و

جدول ۱ پیوست - تغییرات سطح زیرکشت در مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت نسبت به سال پایه

تغییرات سطح (%)	سطح زیرکشت در مدل (هکتار)	سطح زیرکشت در سال پایه (هکتار)	محصول
۰/۰۰۰۱	۱۱۵۵۰/۰۱	۱۱۵۵۰	گندم آبی
۰/۰۰۰۱	۸۲۰۰/۰۱	۸۲۰۰	گندم دیم
۰/۰۰۰۱	۱۲۰۰۰/۰۱	۱۲۰۰۰	جو آبی
۰/۰۰۰۱	۸۰۰۰/۰۱	۸۰۰۰	جو دیم
-۰/۰۰۰۸	۲۸۴۹/۹۷۸	۲۸۵۰	یونجه
۰/۰۰۰۱	۲۴/۰۱	۲۴	کلزا
۰/۰۰۰۱	۱۶۹۴/۰۱	۱۶۹۴	ذرت
۰/۰۰۰۱	۱۰۰/۰۱	۱۰۰	نخود
۰/۰۰۰۱	۷۰/۰۱	۷۰	عدس
۰/۰۰۰۱	۷۰/۰۱	۷۰	لوبیا
۰/۰۰۰۱	۷۱۰/۰۱	۷۱۰	چغندر قند
۰/۰۰۰۱	۳۷۴۰/۰۱	۳۷۴۰	گوجه‌فرنگی
۰/۰۰۰۱	۲۵۷۸/۰۱	۲۵۷۸	خرزبه
۰/۰۰۰۱	۱۹۵/۰۱	۱۹۵	هندوانه آبی
۰/۰۰۰۱	۵۰۲/۰۱	۵۰۲	هندوانه دیم
۰/۰۰۰۱	۲۷/۰۱	۲۷	آفتابگردان
۰/۰۰۰۱	۷۵۹/۰۱	۷۵۹	خیار
۰/۰۰۰۱	۱۰۶۸/۰۱	۱۰۶۸	پیاز
۰/۰۰۰۱	۱۲۰/۰۱	۱۲۰	سیب‌زمینی
۰/۰۰۰	۲۵۷۵۰۰۰۰	۲۵۷۵۰۰۰۰	تابع هدف (میلیون ریال)

مأخذ: محاسبات تحقیق

## REFERENSES

1. Agricultural Organization of Khorasan Razavi (www. koaj.ir). In Farsi.
2. Aksorn, P., and Srinilta, Ch. (2011), Statistical Downscaling for rainfall and temperature prediction in Thailand. Proceedings of the international multi conference of engineers and computer scientists. MARCH 16 – 18, Hong Kong.

3. Asghari Moghadam, A., Nourani, v. and Nadiri, a. (2008), Modeling rainfall of Tabriz plain using artificial neural networks. *Journal of Agricultural Science*, 18(1): 1-15. In Farsi.
4. Ashrafi, B., Mousavi Baghi, M., Kamali, Gh. and daavari, k.(2011), Forecast seasonal variations of climate parameters over the next 20 years using the exponential downscaling data of the HADCM3 model. *Water and Soil Journal*, 25(4): 945-957. In Farsi.
5. Azuara, J., Howitt, R., MacEwan, D., and Lund, J. (2011), Economic impacts of climate-related changes to California agriculture. *Journal of Climatic Change*, 109: 387-405.
6. Blanco, M., Cortignani, R., and Severini, S.(2007), Evaluating changes in cropping patterns due to the 2003 CAP reform, an ex-post analysis of different pmp approaches considering new activities. Presentation at the 107<sup>th</sup> EAAE Seminar Modelling of Agricultural and Rural Development Policies.
7. Bodri, L., and Cermak, V. (2000), Prediction of extreme precipitation using a neural network: application to summer flood occurrence in Moravia. *International Journal of Advances in Software Engineering Research Methodology*, 31: 311-321.
8. Bodri, L., and Cermak, V.(2003), prediction of surface air temperatures by neural network. *Journal of Studia Geophysica ET Geodaetica*, 47: 173-184.
9. Bustami, R., Bessaih, N., Bong, Ch., and Suhaili, S. (2007), Artificial neural network for precipitation and water level predictions of Bedup River. *IAENG International Journal of Computer Science*, 34:2-10.
10. Chijioke, O.B., Haile, M., and Waschkeit, C. (2011), Implication of climate change on crop yeild and food accessibility in sub-Sahran Africa. MSc Thesis, Bon University.
11. Chungi, S.O., Rodri'guez-di'az2, J. A., weatherhead, E. K., and Knox, J. W.(2011), Climate change impacts on water for irrigating paddd rice in south Korea. *Journal of irrigation and drainage*, 60: 263-273.
12. Connor, J., Kirby, M., Schwabe, K., Liukasiewics, A., and Kaczan, D.(2008), Impacts of Reduced Water Availability on Lower Murray Irrigation, Australia, Socio-Economics and the Environment in Discussion. CSIRO working paper series.
13. Conrads, P.A., and Roehle, E. A.(1999), Comparing Physics- Based and Neural Network Mo Simulating Salinity, Temperature and Dissolved in a Complex, Tidally Affected River Basin. Proceeding of the South Carolina Environmental Conference. March 15-16.
14. Diaz-Robles, L. A., Ortega, J. C., Fu, J. S., Reed, G. D., Chow, J. C., Watson, J. G., and Moncada-Herrera, J. A. (2008), a hybrid ARIMA and artificial neural networks model to forecast particulate matter in urban areas. *Journal of Atmospheric Environment*, 42: 8331-8340.
15. FAO, WFP, and IFAD. (2012), The state of food insecurity in the world: economic growth is necessary but not sufficient to accelerate reduction of hunger and malnutrition, food and agricultural organization of the united nations (FAO), the international fund for agricultural development (IFAD), and the world food programming (WFP), FAO, Rome, Italy.
16. Fulop, I. A., Jozsa, J., and Karamer, T. (1998), a neural network application in estimating wind induced shallow lake motion, *Journal of Hydro informatics*, 98: 753-757.
17. Hadley center. 2006. Effect of climate change in the developing countries. UK Meteorological Office.
18. Hashmi, M. Z., Shamseldin, A., and Melville, B. (2009), downscaling of future rainfall extreme events: a weather generator based approach. 18th World IMACS /MODSIM Congress. Cairns. Australia. July 13-17.
19. Hazel, P., and Norton, R. D. (1986), *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*. Colli MacMillan Pub. London.
20. Hosseini, A. (2009), Estimation and analysis of maximum temperatures in Ardabil using Artificial Neural Networks. *Journal of Geographical Research*. 25(3): 57-78. In Farsi.
21. Hung, N.Q., Babel, M. S., Weesakul, S., and Tripathi, N. K. (2008), an artificial neural network model for rainfall forecasting in Bangkok. *Journal of Hydrology and Earth Sciences Discussion*, 5: 183-218.
22. IPCC. (2007), Summary for policy makers Climate change: The physical science basis. Contribution of working group I to the forth assessment report. Cambridge University Press.
23. IPCC. (2013), Summary for policymakers. Fifth assessment 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.
24. Kaul, M., Hill, R. L., Walthall, C. (2005), Artificial neural networks for corn and soybean yield prediction. *Journal of Agricultural System*, 85: 1-18.
25. Kempfert, C. (2009), *Climate Protection Requirements the Economic Impact of Climate Change* . Handbook Utility Management, 725-739.
26. Kuchaki, A. (2015), Adaptation Approaches and Reducing Climate Change Dangers in Agriculture. Oral Collections presented at the Workshop on Climate Change and Low Carbon Technologies, May. In Farsi.
27. Mishra, A.K., and Desai, V.R. (2006), Drought forecasting using feed-forward recursive neural network *International Journal on Ecological Modelling*, 198:127-138.
28. Mislán, M., Haviluddin, H., Hardwinarto, S., Sumaryono, B., and Aipassa, M.(2015), Rainfall monthly prediction based on Artificial Neural Network: A case study in Tenggarong Station, East Kalimantan – Indonesia. *Journal of Computer Science*, 59: 142 -151.

29. Mitchell, T. (2003), Pattern Scaling: An Examination of Accuracy of the Technique for Describing Future Climates. *Journal of Climatic Change*, 60: 217-242.
30. Noferesti, M. (1999), Unit root and co-integration in econometrics. The first edition expressive Institute Publications, Tehran. In Farsi.
31. Ozkan, B., and Akcaoz, H. (2002), Impacts of climate factors on yields for selected crops in southern Turkey. *Journal of Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 7: 367-380.
32. Ranjithan, J., Eheart, J., and Garrett, J. H. (1995), Application of neural network in groundwater remediation under condition of uncertainty. *New Uncertainty conception Hydrology and Water Resources*, 133-140.
33. Redsma, P., Lansink, A., and Ewert, F. (2009), Economic impacts of climatic variability and subsidies on european agriculture and observed adaptation strategies. *Journal of Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14:35-59.
34. Reilly, J. (1999), what does climate change mean for agriculture in developing countries? A comment on mendelsohn and dinar. *Journal of World Bank*, 14: 295-305.
35. Semenov, M.A. (2008), Simulation of extreme weather events by a stochastic weather generator. *Climate Research*, 35: 203-212.
36. Shafie, A.H., El-Shafie, A., Hasan, G., Mazoghi, A., and Mohd, R. (2011), artificial neural network technique for rainfall forecasting applied to Alexandria. *International Journal of the Physical Sciences*, 6: 1306-1316.
37. Statistical Yearbook of Khorasan Razavi Province; (2013).
38. Taghdisian, h., and Minapur, s. (2003), Climate change, what we need to know. Environmental Research Center Publications Environmental Protection Agency. *National Weather Office, Tehran*. In Farsi.
39. Terry, G. (2011), *Climate, change and insecurity: Views from a Gisu hillside*. Doctoral thesis, University of East Anglia.
40. Wang, Z.L., and sheng, H.H. (2010), Rainfall prediction using generalized regression neural network. International Conference on Computational and Information Sciences. December 17-19.
41. Withey, P., and Kooten, C. (2011), The effect of climate change on land use and wetlands conservation in western Canada. Resource Economics & Policy Analysis. Research Group Department of Economics University of Victoria.