

## تحلیل ریزمقیاس ماهیت تغییرپذیری‌های اقلیم و تعیین سناریوهای اقلیمی بخش کشاورزی در دشت همدان - بهار

شیوا سلطانی، سید حبیب‌الله موسوی<sup>۱\*</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۲۰

### چکیده

بخش کشاورزی به عنوان یک نظام زیست‌فیزیکی، به شدت وابسته به شرایط اقلیمی است و اقلیم، یکی از عوامل اصلی در تعیین مکان، منابع تولید و بهره‌وری فعالیت‌های کشاورزی به‌شمار می‌رود. از این رو، پیش‌بینی تغییرپذیری‌های اقلیمی و ارزیابی راهبردهای هماهنگی و سازگاری با این تغییرپذیری‌ها، نقش مؤثری در کاهش زیان‌های احتمالی این پدیده خواهد داشت. مدل‌های گردش عمومی جو، ابزاری مناسب برای پیش‌بینی فراسنجه‌های اقلیمی در بلندمدت هستند. اما ضعف عمده‌ی این مدل‌ها در کم بودن توان تفکیک مکانی و زمانی آن‌هاست که برای چیره شدن بر این مشکل، لازم است در طی فرآیند ریزمقیاس‌نمایی، مقیاس مکانی و زمانی خروجی این مدل‌ها کاهش یابد. با توجه به این رویکرد، در این بررسی به تحلیل ریزمقیاس تغییرپذیری‌های اقلیم و تعیین سناریوهای اقلیمی منطقه‌ای در دشت همدان - بهار و همچنین مقایسه‌ی آنها با سناریوهای کشوری پرداخته شد و میزان تغییرپذیری‌های الگوی کشت و ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی منطقه در سناریوهای اقلیمی منطقه‌ای و کشوری، با استفاده از ترکیب مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی، مدل رگرسیون واکنش - عملکرد و مدل مولد هواشناسی LARS-WG، مورد بحث و ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که همگام با افزایش دما به میزان ۰/۵۴ درجه‌ی سانتی‌گراد و کاهش بارندگی به میزان ۳/۴ درصد در دشت همدان - بهار، ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی این دشت در افق ۲۰۲۰، به میزان ۳۵ میلیارد ریال کاهش خواهد یافت. اما در صورت تعمیم میانگین شرایط اقلیمی کشور به دشت یادشده، ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی این منطقه در افق ۲۰۲۰ به میزان ۲۱ میلیارد ریال افزایش خواهد یافت. این نتایج، لزوم انجام ریزمقیاس‌نمایی در پیش‌بینی‌های اقلیمی و تناسب نداشتن سناریوهای اقلیمی کشوری با بررسی‌های منطقه‌ای را نمایان می‌سازد.

طبقه‌بندی JEL: C02, C30, C46, C63, Q54

واژه‌های کلیدی: تغییرپذیری‌های اقلیم، ریزمقیاس‌نمایی، الگوی کشت، ارزش افزوده‌ی کشاورزی، دشت همدان - بهار.

\* به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده‌ی مسئول)

## مقدمه

تغییر اقلیم به تغییرپذیری‌های بلندمدت در الگوی رفتاری میانگین فراسنجه‌های آب و هوایی یک منطقه، در شرایط نبود تغییر در وضعیت عمومی اقلیم منطقه، اطلاق می‌شود (استرن، ۲۰۰۶؛ سیواکومار و همکاران، ۲۰۰۵). امروزه در بررسی‌های علمی، تغییرپذیری‌های آتی اقلیم در نواحی مختلف، با توجه به دگرگونی‌هایی که در غلظت گازهای گلخانه‌ای به وجود خواهد آمد، توسط مدل‌های گردش عمومی جو (GCM)<sup>۱</sup> شبیه‌سازی می‌شوند. این مدل‌ها به ارزیابی حرکت‌های جو، تبادل‌های گرمایی و تعامل‌های بین یخ، اقیانوس و خشکی می‌پردازند (شمشادی، ۱۳۹۳). نتایج بررسی این مدل‌ها گویای آن است که با ادامه روند کنونی رشد انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران، در طی ۳۰ و ۱۰۰ سال آینده، دمای هوا در سطح کشور به ترتیب به میزان ۲ و ۳/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت (IPCC<sup>۲</sup>، ۲۰۰۷).

اگرچه بخش‌های مختلف اقتصادی اعم از جنگلداری، صنعت، گردشگری، انرژی و حتی بازارهای مالی و بیمه، متأثر از تغییرپذیری‌های اقلیم هستند (هوپ، ۲۰۰۵)، در این میان بخش کشاورزی، به عنوان یک نظام زیست‌فیزیکی، به شدت وابسته به شرایط اقلیمی است و اقلیم، یکی از عامل‌های اصلی در تعیین مکان، منابع تولید و بهره‌وری فعالیت‌های کشاورزی به‌شمار می‌رود (رایلی، ۱۹۹۹). تغییر اقلیم و گرمایش جهانی با تغییر عملکرد، موجب بروز نوسان‌هایی در تولید محصولات کشاورزی و تحت تأثیر قرار گرفتن رفاه تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان می‌شود (حسینی و همکاران، ۱۳۹۱). افزون بر این، افزایش دمای اتمسفر کره‌ی زمین و تحت تأثیر قرار گرفتن دیگر متغیرهای اقلیمی، موجبات تغییر در الگوهای بارش و شدت یافتن رخداد‌های حدی اقلیمی را در نقاط مختلف جهان فراهم می‌سازد که این موضوع دارای پیامدهای منفی بر بوم‌نظام‌های حیاتی خواهد بود (موریسون و همکاران، ۲۰۰۲). از این رو، پیش‌بینی تغییرپذیری‌های اقلیمی و ارزیابی راهبردهای هماهنگی و سازگاری با این تغییرپذیری‌ها، نقش مؤثری در کاهش زیان‌های احتمالی این پدیده خواهد داشت (سلطانی و موسوی، ۱۳۹۴).

<sup>۱</sup> General Circulation Model

<sup>۲</sup> InterGovernmental Panel on Climate Change

## تحلیل ریز مقیاس ماهیت... ۱۵۷

تاکنون بررسی‌های پرشماری در زمینه‌ی شبیه‌سازی تغییر فراسنجه‌های اقلیمی با استفاده از مدل‌های مولد داده‌های هواشناسی و پیش‌بینی چگونگی اثرگذاری این تغییرپذیری‌ها بر بخش کشاورزی، در مناطق مختلف جهان انجام گرفته‌است. در ادامه‌ی بحث به منظور ایجاد الگویی تجربی، مرور مختصری بر چند بررسی مشهور در این زمینه صورت پذیرفته‌است. ضرغامی و همکاران (۲۰۱۱) از طریق ریزمقیاس‌نمایی تغییرپذیری‌های آب و هوایی توسط مدل LARS-WG<sup>۱</sup> تحت سناریوهای اقلیمی مختلف، افزایش ۲/۳ درجه‌ای دما و کاهش ۳ درصدی بارش را طی سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۹۰ برای استان آذربایجان شرقی گزارش کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که تغییرپذیری‌های یادشده، دارای پیامدهای منفی بر منابع آب سطحی منطقه خواهند بود و بر پایه‌ی شاخص خشکسالی دمارتن<sup>۲</sup>، شرایط اقلیمی منطقه در افق زمانی مورد بررسی، از حالت نیمه‌خشک به حالت خشک تغییر خواهد یافت. نتایج بررسی آلیسون و همکاران (۲۰۰۴) در زمینه‌ی تحلیل ریزمقیاس داده‌های اقلیمی مدل HadRM3<sup>۳</sup> در قالب سناریوی A2 در مناطق مختلف انگلستان نشان داد که بر خلاف حوضه‌های شمالی این کشور که در دهه‌های آینده با کاهش میانگین بارندگی سالانه روبه‌رو خواهند شد، در نواحی جنوبی و شرقی این کشور، میانگین بارش افزایش خواهد یافت. نتایج بررسی کامگا (۲۰۰۱) در بالادست رودخانه‌ی بنو<sup>۴</sup> در آفریقا نیز ناظر بر این واقعیت است که تا سال ۲۱۰۰ این منطقه با افزایش بارندگی به میزان ۴ تا ۱۳ درصد، افزایش دما به میزان ۱ تا ۳ درجه‌ی سانتی‌گراد و تغییرات جریان رودخانه به میزان ۱۸ درصد روبه‌رو خواهد شد. بنی‌اسد (۱۳۹۱)، به بررسی اثرگذاری تغییر فراسنجه‌های اقلیمی شامل دما، رطوبت و بارش و همچنین فراسنجه‌های غیر اقلیمی شامل قیمت جو، قیمت گندم و آب‌بها بر سودآوری کشت گندم در استان خراسان رضوی پرداخت. در این بررسی به منظور شبیه‌سازی تغییرپذیری‌های عملکرد محصول، از رهیافت ریکاردین و برای پیش‌بینی فراسنجه‌های اقلیمی از مدل LARS-WG در قالب سناریوهای اقلیمی مختلف در افق‌های ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ استفاده شد. نتایج نشان داد که تولید گندم در این استان در سال‌های آتی، همراه با زیان اقتصادی خواهد بود. مساح بوانی و مرید (۱۳۸۴)، اثرگذاری تغییرپذیری‌های اقلیمی بر منابع آب

<sup>۱</sup> Long Ashton Research Station-Weather Generator

<sup>۲</sup> De Martonne aridity index

<sup>۳</sup> Hadley Centre Regional Model, version 3

<sup>۴</sup> Benue River

و تولید محصولات کشاورزی حوضه‌ی آبریز زاینده‌رود را در دو افق ۲۰۲۰ و ۲۱۰۰ بررسی و بدین منظور خروجی‌های مدل HadCM3<sup>۱</sup> را تحت دو سناریوی A2 و B2 ریزمقیاس کردند. نتایج این بررسی نشان از کاهش بارندگی به میزان ۱۰ تا ۱۶ درصد و افزایش دما به میزان ۳/۲ تا ۴/۶ درجه‌ی سانتی‌گراد دارد که در پی این تغییرپذیری‌ها، عملکرد گیاهان زراعی کاهش و ضریب تغییرپذیری‌های سالیانه‌ی تولید محصولات افزایش خواهد یافت.

مروری بر بررسی‌های پیشین گویای آن است که گرمایش جهانی دارای اثرگذاری‌های متفاوتی بر فراسنجه‌های اقلیمی در نقاط مختلف کره‌ی زمین است. در عرض‌های جغرافیایی شمالی به دلیل تشدید فرآیند ذوب برف، این انتظار وجود که بارندگی افزایش یابد (لین و همکاران، ۱۹۹۹). اما در مناطق واقع در عرض‌های جغرافیایی میانی و جنوبی، میزان بارندگی بسته به نوع منطقه، افزایش و یا کاهش خواهد یافت (طبری و همکاران، ۱۳۸۶) که این نبود قطعیت، ضرورت انجام پیش‌بینی‌های اقلیمی در سطوح منطقه‌ای را روشن می‌سازد (علی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). یکی از مناطقی که در سال‌های آتی، بروز تغییرپذیری‌های اقلیمی و در نتیجه تحت‌الشعاع قرار گرفتن روند تولید محصولات کشاورزی در آن محتمل خواهد بود، حوضه‌ی آبریز همدان- بهار است که با وسعت ۲۴۵۹ کیلومتر مربع در غرب ایران واقع شده‌است. در این دشت در حدود ۴۶ هزار هکتار از اراضی موجود به فعالیت‌های کشاورزی اختصاص دارد که در حدود ۲۵ و ۲۰ هزار هکتار از آن، به ترتیب، به صورت کشت آبی و دیم بهره‌برداری می‌شود (زمانی، ۱۳۹۰). بر پایه‌ی آمار ارائه شده توسط سازمان هواشناسی استان همدان، در دو دهه‌ی اخیر تغییر شرایط اقلیمی این دشت به‌صورت افزایش دما و کاهش بارندگی بوده‌است. لذا در صورت تداوم این روند، این انتظار وجود دارد که عملکرد اغلب محصولات در این دشت دستخوش تغییر شود که این مهم منجر به ایجاد تغییر در تولیدات غذایی و تحت تأثیر قرار گرفتن شاخص‌های اقتصادی خواهد شد. با توجه به این رویکرد، در این بررسی، به تحلیل ریزمقیاس تغییرپذیری‌های اقلیم و تعیین سناریوهای اقلیمی منطقه‌ای در دشت همدان- بهار و همچنین مقایسه‌ی آنها با سناریوهای کشوری پرداخته شد و میزان تغییر ارزش افزوده‌ی کشاورزی منطقه در سناریوهای منطقه‌ای و کشوری مورد بحث و ارزیابی قرار گرفت.

<sup>۱</sup> Hadley Centre Coupled Model, version 3

## روش تحقیق

مدل‌های گردش عمومی جو، ابزاری مناسب برای پیش‌بینی فراسنجه‌های اقلیمی در بلندمدت هستند. اما ضعف عمده‌ی این مدل‌ها در کم بودن توان تفکیک مکانی و زمانی آن‌هاست که برای چیره شدن بر این مشکل، لازم است در طی فرآیند ریزمقیاس‌نمایی، مقیاس مکانی و زمانی خروجی این مدل‌ها کاهش یابد (دیبایک و کولیبالی، ۲۰۰۵). روش‌های ریزمقیاس‌نمایی به دو نوع آماری و دینامیکی تفکیک می‌شوند که روش‌های آماری به دلیل استفاده از فراسنجه‌های کمتر و سادگی ذاتی، مورد توجه محققان قرار گرفته‌اند (عباسی و همکاران، ۱۳۸۹). در بین مدل‌هایی که در روش‌های آماری کاربرد دارند، مدل LARS-WG در سطح اطمینان بالاتری به ریزمقیاس‌نمایی خروجی مدل‌های GCM می‌پردازد (ماوروماتیس و هانسن، ۲۰۰۱). مدل LARS-WG یک مولد توانمند داده‌های هواشناسی مبتنی بر توزیع نیمه تجربی است که برای تولید داده‌های روزانه‌ی بارش، تابش، دمای کمینه و بیشینه در یک ایستگاه، در شرایط اقلیمی حال و آینده به کار می‌رود (راسکو و همکاران، ۱۹۹۱). دقت بالای این مدل در تولید داده‌های هواشناسی مربوط به ۱۸ ایستگاه در کانادا (ویلیامز، ۱۹۹۱) و ۲۲ ایستگاه واقع در مناطق مختلف انگلستان (سمنف، ۲۰۰۸) گزارش شده‌است. بر این پایه، در این بررسی با استفاده از مدل LARS-WG به پیش‌بینی مقادیر دما و بارش در سطح ایستگاه سینوپتیک فرودگاه واقع در دشت همدان- بهار، با بهره‌گیری از داده‌های سناریوهای A1B، A2 و B1، که در سومین گزارش رسمی IPCC در سال ۲۰۰۷ ارائه شده‌است، در مدل گردش عمومی جو HadCM3 پرداخته شد. در سناریوی A1B عملکرد کشورهای جهان به صورت همگرا خواهد بود و فرض بر این است که (۱) جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ روندی افزایشی داشته و به میزان ۹ میلیارد نفر می‌رسد و پس از آن به تدریج کاهش می‌یابد، (۲) رشد اقتصادی با نرخ‌ی فزاینده افزایش و فناوری‌های جدید در بین کشورهای جهان به یک میزان گسترش خواهد یافت. در این سناریو بر استفاده‌ی متعادل از انواع منابع انرژی تأکید شده‌است. در سناریوی A2 کشورهای جهان به صورت واگرا و مستقل از هم عمل می‌کنند، جمعیت جهان به طور پیوسته افزایش می‌یابد و توسعه‌ی اقتصادی، منطقه‌محور است. در سناریوی B1 کشورهای جهان واگرا و دوست‌دار محیط زیست در نظر گرفته می‌شوند و جمعیت به طور پیوسته افزایش می‌یابد، اما سرعت رشد آن کمتر از سناریوی A2 است. همچنین تغییرهای فناورانه نسبت به سناریوهای خانواده‌ی A کمتر و پراکنده‌تر خواهند بود.

تولید داده در مدل LARS-WG در سه مرحله صورت می‌گیرد: واسنجی، ارزیابی و شبیه‌سازی. به منظور واسنجی و اطمینان از درستی مدل، در آغاز، یک سناریوی حالت پایه برای دوره‌ی آزمون ۱۹۷۷-۲۰۰۶ تدوین و مدل برای این دوره اجرا گردید. سپس خروجی‌های مدل که شامل دمای کمینه و بیشینه، بارش، تابش و مقادیر میانگین و انحراف معیار آنها است با داده‌های مشاهده‌ای در دوره‌ی پایه مقایسه شدند و ارزیابی مدل با بهره‌گیری از آزمون‌های آماری و همچنین مقایسه‌ی نموداری، صورت پذیرفت. پس از حصول اطمینان از قابلیت مدل LARS-WG در تولید داده‌های مشاهده‌ای در دوره‌ی پایه، اقدام به پیش‌بینی داده‌های اقلیمی در افق کوتاه‌مدت ۲۰۲۰، که دربرگیرنده‌ی سال‌های ۲۰۴۰-۲۰۱۱ است، شد. بدین منظور در آغاز، برای هر یک از فراسنجه‌های اقلیمی، اختلاف میزان میانگین داده‌های تولید شده در دوره‌ی پایه و میزان میانگین داده‌های تولید شده در دوره‌ی آینده، محاسبه شده و این میزان اختلاف، به میزان میانگین داده‌های مشاهده‌ای افزوده شد (خلیلی اقدم و همکاران، ۱۳۹۱؛ عباسی و همکاران، ۱۳۸۹). رابطه‌ی ۱، مفهوم یادشده را ارائه می‌کند.

$$F_{fut} = F_{obs} + (F_{GCM}^{fut} - F_{GCM}^{base}) \quad (1)$$

در این رابطه  $F_{obs}$ ،  $F_{GCM}^{base}$  و  $F_{GCM}^{fut}$  به ترتیب بیانگر متغیرهای پیش‌بینی شده، مشاهده شده، پیش‌بینی شده روی شبکه‌ی مدل در دوره‌ی آینده و تولید شده روی شبکه‌ی مدل در دوره‌ی پایه است. رابطه‌ی بالا برای هریک از متغیرهای بارش، دمای کمینه و بیشینه در افق ۲۰۲۰ در سه سناریوی A1B، A2 و B1 محاسبه شد و آن‌گاه میزان افزایش متغیرهای یادشده نسبت به سال ۲۰۱۳ که سال پایه‌ی این تحقیق است تعیین شد. لازم به یادآوری است که اطلاعات هواشناسی مربوط به ایستگاه فرودگاه به صورت روزانه در دوره‌ی ۱۹۷۷-۲۰۰۶ از سازمان هواشناسی کل کشور دریافت و تجزیه و تحلیل مدل در نرم‌افزار LARS-WG 5.1 انجام شد.

پس از پیش‌بینی تغییرپذیری‌های آب و هوایی منطقه در دهه‌های آتی، به ارزیابی اقتصادی و بررسی چگونگی اثرگذاری تغییرپذیری‌های اقلیمی یادشده بر بخش کشاورزی دشت پرداخته شد. به منظور دستیابی بدین هدف، در آغاز، حساسیت عملکرد گیاهان زراعی منطقه نسبت به دما و بارش، با استفاده از مدل رگرسیون واکنش-عملکرد درجه‌ی دوم به صورت رابطه‌ی ۲ برآورد شد.

## تحلیل ریز مقیاس ماهیت... ۱۶۱

$$Y = f(TE_s, RA_s, VTE_s, VRA_s, TR) \quad (۲)$$

در این رابطه،  $Y$  نمایانگر میزان عملکرد محصول،  $TE_s$  میانگین دمای فصل  $s = \{1, 2, 3, 4\}$ ،  $RA_s$  مجموع بارندگی فصل  $s$ ام و  $VTE_s$  و  $VRA_s$  به ترتیب بیانگر انحراف دما و بارش از مقدار میانگین بلندمدت آن است. افزون بر این،  $TR$  متغیر روند زمانی و معرف تغییر در فناوری تولید محصولات کشاورزی در طول زمان است. در برآورد این مدل، با توجه به پرشماری متغیرهای تحت بررسی که کاهش درجه‌ی آزادی و بدنمود<sup>۱</sup> بودن مسئله را در پی داشت، از روش ماکزیمم آنترופی تعمیم یافته (GME<sup>۲</sup>) استفاده شد. گزینش روش یادشده در برآورد مسائل بدنمود، موجب حصول نتایج منحصر به فرد می‌شود (هانگ و همکاران، ۲۰۱۲). در چارچوب این روش، ضریب‌های رگرسیونی به عنوان متغیرهای تصادفی جداگانه به همراه یک بازه‌ی حمایتی در نظر گرفته می‌شوند (کاپوتو و پاریس، ۲۰۰۸). اعداد موجود در این بازه که مقادیری محتمل بوده و در ادبیات موضوع با عنوان مقادیر پشتیبان شناخته می‌شوند، برگرفته از فرضیه‌های علمی تاییدشده یا بررسی‌های پیشین هستند (هانگ و همکاران، ۲۰۱۲). احتمالات ممکن برای تحقق این مقادیر پشتیبان، نامعلوم بوده و بر مبنای روش GME، بیشترین احتمال ممکن برای آنها به دست می‌آید. مجموع حاصل ضرب احتمال تحقق اعداد بازه در هر عدد، ضریب‌های رگرسیونی را تشکیل می‌دهند (وو، ۲۰۰۹).

تجزیه و تحلیل مدل رگرسیون یادشده، به تفکیک هر یک از محصولات، در بسته‌ی نرم‌افزاری GAMS و الگوریتم CONOPT3 صورت پذیرفت. پس از برآورد ضریب‌ها، حساسیت عملکرد هر یک از محصولات نسبت به دما، بارش و سطح انتشار دی‌اکسید کربن تعیین شد. در پایان با به‌کارگیری معیار آنترופی نرمال ( $S(\hat{p})$ )، میزان دقت برآورد ضریب‌ها بررسی شد.

$$S(\hat{p}) = \left[ -\sum_j (P_c^j \ln P_c^j) - \sum_j \sum_k (P_k^j \ln P_k^j) - \sum_j \sum_i (P_{e_i}^j \ln P_{e_i}^j) \right] / K \ln M \quad (۳)$$

<sup>۱</sup> Ill-Posed

<sup>۲</sup> General Maximum Entropy

در این معیار که بیانگر نسبت تغییرپذیری‌های توضیح داده نشده به کل تغییرپذیری‌هاست،  $K$  شمار کل ضریب‌های برآورد شده و  $M$  شمار مقادیر پشتیبان برای هر یک از ضریب‌هاست.  $1 - S(\hat{\rho})$  نیز میزان دقت برازش مدل را نشان می‌دهد (هانگ و همکاران، ۲۰۱۲).

در گام آخر تحقیق، با به‌کارگیری رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی و تدوین مدل PMP، شرایط الگوی کشت منطقه شبیه‌سازی شد و اثرگذاری‌های تغییر دما و بارش بر الگوی کشت، با استفاده از نتایج به‌دست آمده در مراحل پیش، بررسی شد. بدین منظور مدل تجربی این بررسی به شرح رابطه‌های ۴ تا ۱۱ بسط یافت. در این مدل GM بازده ناخالص سالانه‌ی به‌دست آمده از کل فعالیت‌های زراعی در منطقه؛  $X_i$  میزان سطح زیر کشت محصول  $i$  بر حسب هکتار؛  $P_i$  قیمت محصول  $i$ ؛  $Y_i$  عملکرد محصول  $i$  بر حسب کیلوگرم بر هکتار؛  $CW_i$  هزینه‌ی استفاده از آب در یک هکتار از محصول  $i$ ؛  $C_i$  هزینه‌ی استفاده از دیگر نهاده‌های تولید غیر از آب در یک هکتار از محصول  $i$  و نیز  $WC_i$ ،  $K_i$ ،  $M_i$ ،  $L_i$  و  $F_i$  به ترتیب بیانگر میزان استفاده از آب، سرمایه، ماشین‌ها، نیروی کار و کودهای شیمیایی برای تولید محصول  $i$  در یک هکتار زمین زراعی هستند. افزون بر این  $GW$ ،  $SW$ ،  $TLand$ ،  $TLabour$  و  $TFertilizer$  به‌ترتیب میزان کل منابع آب زیرزمینی، آب سطحی، زمین، نیروی کار و کودهای شیمیایی در دسترس در منطقه برای فعالیت‌های زراعی دشت را نشان می‌دهند. همچنین  $TInvest$  بیانگر کل سرمایه‌ی نقدی قابل دسترس در منطقه است و  $TMachin$  نیز کل ظرفیت کار ماشین‌های در دسترس در منطقه را بر حسب ساعت نشان می‌دهد. رابطه‌ی ۴ بیانگر تابع هدف و نیز رابطه‌های ۵ تا ۱۱ قیدهای لحاظ شده در مدل هستند؛ تابع هدف، بازده ناخالص سالانه‌ی به‌دست آمده از کل فعالیت‌های زراعی دشت را بیشینه می‌کند.

$$\text{Max } GM = \sum_{i=1} X_i (P_i Y_i - CW_i - C_i) \quad (۴)$$

$$\text{s. t. } \sum_{i=1} WC_i X_i \leq GW + SW \quad (۵)$$

$$\sum_{i=1} X_i \leq TLand \quad (۶)$$

$$\sum_{i=1} K_i X_i \leq TInvest \quad (۷)$$



### تحلیل ریز مقیاس ماهیت... ۱۶۳

$$\sum_{i=1} M_i X_i \leq TMachin \quad (۸)$$

$$\sum_{i=1} L_i X_i \leq TLabour \quad (۹)$$

$$\sum_{i=1} F_i X_i \leq TFertilizer \quad (۱۰)$$

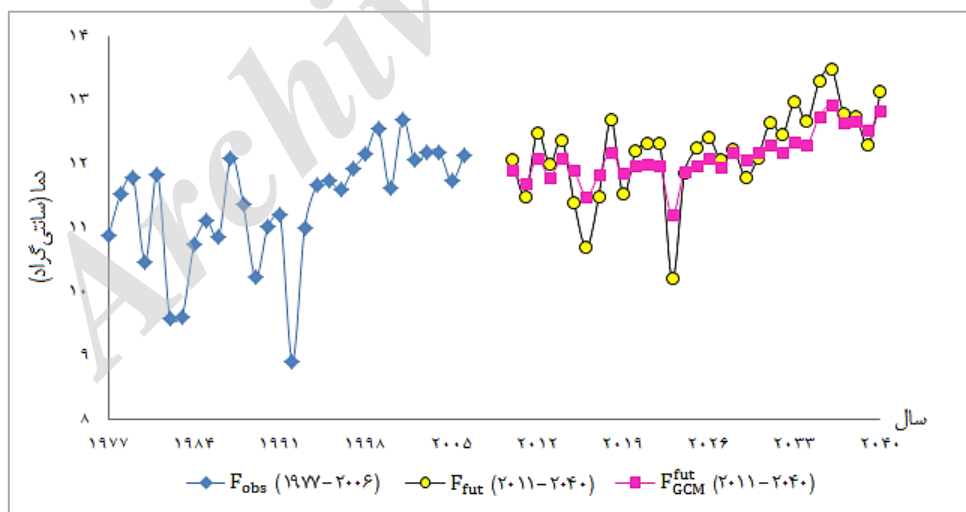
$$X_i \geq 0 \quad (۱۱)$$

توابع هزینه به کار رفته در تابع هدف به صورت مجموع هزینه‌های مربوط به زمین، آب، نیروی کار، کودهای شیمیایی و ماشین‌ها هستند. همچنین قیدهای مدل به ترتیب شامل قید منابع آب، سطح زیر کشت، سرمایه، ماشین‌آلات، نیروی کار و کودهای شیمیایی هستند. لازم به یادآوری است که قید مرتبط با کود شیمیایی برای هر یک از کودهای نیتروژن، فسفات و پتاس تکرار می‌شود. قید مرتبط با منابع آب نشان می‌دهد که کل آب مورد نیاز برای کشت گیاهان زراعی دشت، بیشینه به اندازه‌ی مجموع منابع آب زیرزمینی و سطحی در دسترس است. در دشت مورد بررسی رودخانه‌ی دائمی وجود ندارد و درصد عمده‌ی تأمین آب از طریق منابع آب زیرزمینی است و بر همین پایه، محدودیت منابع آب زیرزمینی مهم‌ترین محدودیت مدل را تشکیل می‌دهد (سلطانی و موسوی، ۱۳۹۴). دیگر قیدهای مدل نیز بیانگر آن هستند که میزان استفاده از هر یک از منابع زمین، سرمایه، ماشین‌ها، نیروی کار و کودهای شیمیایی برای تولید هر هکتار محصول  $i$  نمی‌تواند از کل منابع در دسترس دشت بیشتر باشد. در مرحله‌ی آخر به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات، از بسته‌ی نرم‌افزاری GAMS و الگوریتم CONOPT3 استفاده شد. بدین منظور در بدو امر برای دستیابی به نتایج مناسب در خصوص شبیه‌سازی اثرگذاری‌های تغییر دما و بارش بر الگوی کشت، مدل بسط‌یافته با استفاده از روش ماکزیمم آنترپی و اسنجی شد و پس از آن شبیه‌سازی‌های مورد نظر با توجه به کشش‌های محاسباتی در مراحل پیش صورت پذیرفت. آمار و اطلاعات مربوط به روابط فنی گیاهان زراعی و نهاده‌ها در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۱ (معادل با ۲۰۱۳-۲۰۱۲) با استفاده از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای دو مرحله‌ای و گزینش نمونه‌ای متشکل از ۳۶۰ کشاورز و تکمیل پرسشنامه و همچنین مراجعه به سازمان‌ها و نهادهای مربوطه گردآوری شد. بدین منظور، ابتدا ۴ بخش همدان، لاله‌جین، صالح‌آباد و مرکزی بهار، با توجه به اینکه بین منحنی‌های همدما و همبارش یکسانی قرار گرفته‌اند و از شرایط

اقلیمی همسانی برخوردار هستند، به عنوان خوشه‌های اصلی در نظر گرفته شدند. همچنین در مرحله‌ی بعد، روستاهای درون هر خوشه، با توجه به اینکه شرایط خاک و نیز پستی و بلندی یکسانی دارند، خوشه‌بندی شدند. آن‌گاه به منظور انتخاب خوشه‌های مورد بررسی، در دو مرحله از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد.

### نتایج

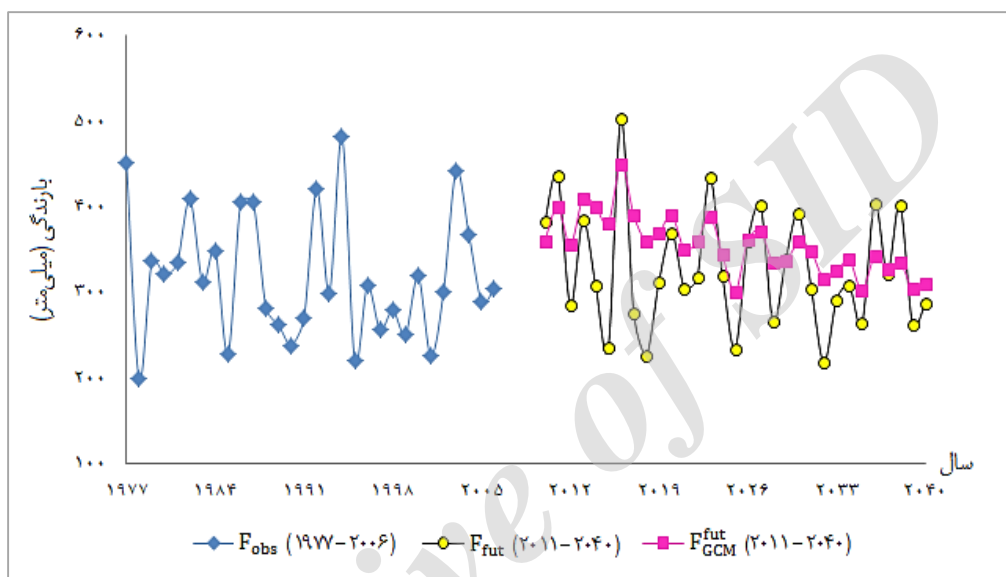
در نخستین مرحله‌ی تحقیق، به پیش‌بینی فراسنجه‌های اقلیمی دشت همدان- بهار با استفاده از مدل مولد هواشناسی LARS-WG پرداخته شد. بدین منظور در آغاز، مدل برای دوره‌ی آماری ۱۹۷۷-۲۰۰۶ تدوین و اجرا شد. پس از آن، خروجی‌های مدل با داده‌های مشاهده‌ای ایستگاه در دوره‌ی آماری مورد بحث مقایسه شدند. تحلیل نتایج در این مرحله نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مقادیر بازسازی شده و مقادیر واقعی در سطح خطای ۰/۰۵ وجود ندارد. این نتیجه بیانگر توانمندی مدل LARS-WG در شبیه‌سازی اقلیم دوره‌ی گذشته‌ی ایستگاه هواشناسی مورد بررسی است. بر این پایه، در مرحله‌ی بعد با به‌کارگیری رابطه‌ی ۱، به پیش‌بینی فراسنجه‌های اقلیمی ایستگاه مورد بررسی، در قالب سناریوهای A1B، A2 و B1 در سال‌های آتی پرداخته شد که نتایج به‌دست آمده از سناریوی بدبینانه‌ی A1B، به عنوان نمونه، در نمودارهای ۱ و ۲ ارائه شده‌است.



نمودار (۱) میانگین دمای سالانه‌ی دشت همدان- بهار تا سال ۲۰۴۰

### تحلیل ریز مقیاس ماهیت...۱۶۵

در این دو نمودار،  $F_{obs}$  نمایانگر میزان مشاهده‌ای متغیر اقلیمی در دوره‌ی ۱۹۷۷-۲۰۰۶،  $F_{GCM}^{fut}$  میزان پیش‌بینی شده‌ی متغیر اقلیمی روی شبکه‌ی مدل در دوره‌ی ۲۰۱۱-۲۰۴۰ و  $F_{fut}$  میزان پیش‌بینی شده‌ی متغیر اقلیمی در دوره‌ی ۲۰۱۱-۲۰۴۰ است.



نمودار (۲) مجموع بارش سالانه‌ی دشت همدان - بهار تا سال ۲۰۴۰

همان‌طور که ملاحظه می‌شود در این دشت در دوره‌ی ۱۹۷۷-۲۰۰۶، دما روند افزایشی و بارندگی روند کاهشی داشته‌است و در طی ۳۰ سال آینده نیز این روند ادامه خواهد یافت به طوری که بنا بر نتایج ارائه شده در جدول ۱، در بدبینانه‌ترین پیش‌بینی در افق ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۱۳، دما به میزان ۰/۵۸ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش و بارش به میزان ۳/۹ درصد کاهش خواهد یافت. همچنین بنا بر سناریوی خوشبینانه‌ی B1، در افق ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۱۳، دما به میزان ۰/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش و بارش به میزان ۲/۸ درصد کاهش خواهد یافت.

جدول (۱) پیش‌بینی تغییرپذیری‌های بارش و دمای متوسط در دشت همدان - بهار در سناریوهای اقلیمی (دما: سانتی‌گراد، بارش: درصد)

افق ۲۰۲۰		سناریو
بارش	دما	
-۳/۹	۰/۵۸	A1B
-۳/۵	۰/۵۵	A2
-۲/۸	۰/۵۰	B1

منبع: یافته‌های تحقیق

در ادامه به مقایسه‌ی نتایج به‌دست آمده از ریزمقیاس‌نمایی داده‌های اقلیمی در دشت همدان - بهار و سناریوهای تدوین شده در زمینه‌ی تغییرپذیری‌های اقلیمی کل کشور پرداخته شده‌است. بر پایه‌ی آمار منتشر شده توسط مرکز اقلیم‌شناسی کانادا (CCDS)<sup>۱</sup>، در سناریوی بدبینانه‌ی A1B در افق ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۱۳، دمای هوا در کشور ایران به میزان ۰/۷۶ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش و بارندگی نیز به میزان ۲/۳ درصد افزایش خواهد یافت. همچنین بر پایه‌ی سناریوی خوشبینانه‌ی B1، در افق ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۱۳ در کل کشور دما به میزان ۰/۴۱ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش و بارندگی نیز به میزان ۰/۸ درصد افزایش خواهد یافت. موارد یادشده، به تفکیک سناریوهای اقلیمی در جدول ۲ ارائه شده‌اند.

جدول (۲) پیش‌بینی تغییرپذیری‌های بارش و دمای میانگین در سطح کشور در سناریوهای اقلیمی (دما: سانتی‌گراد، بارش: درصد)

افق ۲۰۲۰		سناریو
بارش	دما	
۲/۳	۰/۷۶	A1B
۱/۰	۰/۵۷	A2
۰/۸	۰/۴۱	B1

منبع: یافته‌های تحقیق

<sup>۱</sup> Canadian Climate Data and Scenarios

## تحلیل ریز مقیاس ماهیت... ۱۶۷

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود بر پایه‌ی سناریوهای کشوری، در دهه‌های آتی دما در سطح کشور افزایش خواهد یافت که این نتیجه با نتایج به‌دست آمده از سناریوهای منطقه‌ای مستخرج از این تحقیق در مورد دشت همدان- بهار همخوانی دارد اما میزان افزایش دما در آنها متفاوت است. در سناریوی A1B، میزان افزایش دما در حالت کشوری بیش از حالت منطقه‌ای برآورد شده‌است اما در سناریوی B1، عکس این حالت رخ داده‌است. در این میان، پیش‌بینی‌های صورت گرفته در مورد افزایش دما در سناریوی A2 در حالت‌های منطقه‌ای و کشوری تا حدودی همانند است. همچنین در زمینه‌ی چگونگی تغییرپذیری‌های بارش در سال‌های آتی، در پیش‌بینی‌های منطقه‌ای و کشوری نتایج متضادی به‌دست آمد. بر پایه‌ی سناریوهای کشوری در طی ۳۰ سال آتی، میزان بارش در سطح کشور افزایش خواهد یافت که این نتیجه با نتایج به‌دست آمده از سناریوهای منطقه‌ای مبنی بر کاهش بارش در دشت همدان- بهار مغایرت دارد. نتایج یادشده، نبود تناسب بین پیش‌بینی‌های اقلیمی در سطوح منطقه‌ای و کشوری را نمایان می‌سازد.

در مرحله‌ی بعدی تحقیق، به ارزیابی اقتصادی تغییرپذیری‌های اقلیمی دشت همدان- بهار و چگونگی اثرگذاری این تغییرپذیری‌ها بر بخش کشاورزی منطقه پرداخته شد. به منظور دستیابی بدین هدف، در آغاز، حساسیت عملکرد گیاهان زراعی دشت نسبت به دما و بارش با استفاده از رابطه‌ی ۲، برآورد شد. نتایج به‌دست آمده، در جدول ۳ ارائه شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، همراه با افزایش دما، عملکرد اغلب گیاهان صیفی افزایش می‌یابد که در این بین بیشترین میزان بهبود عملکرد، در ارتباط با محصول گوجه‌فرنگی خواهد بود. در بین گیاهان زراعی دیم، دو گیاه زراعی عدس و هندوانه دارای حساسیت منفی نسبت به افزایش بارندگی هستند که این موضوع در مغایرت کامل با نتیجه‌ی به‌دست آمده در مورد دیگر گیاهان زراعی دیم همچون گندم و جو قرار دارد. لازم به توضیح است که فراسنجه‌ی بارندگی، در برخی مناطق دارای اثر منفی بر عملکرد محصولات کشاورزی است، زیرا در شرایط بارندگی زیاد و افزایش رطوبت و به عبارتی کاهش تشعشع، احتمال بروز آسیب‌های ناشی از برخی آفات و بیماری‌ها افزایش می‌یابد که این موضوع، موجبات کاهش عملکرد را در برخی گیاهان زراعی فراهم می‌سازد (کوکیچ و همکاران، ۲۰۰۴).

جدول (۳) حساسیت عملکرد گیاهان زراعی دشت همدان - بهار نسبت به دما و بارش

محصول	دما	بارش	$S(\hat{\beta})$	محصول	دما	بارش	$S(\hat{\beta})$
جو آبی	-۰/۱۳۴	۰/۱۷۷	۰/۰۷	کلزا	-۰/۱۷۲	-۰/۰۲۶	۰/۱۱
جو دیم	-۰/۱۶۷	۰/۲۳۲	۰/۰۹	گندم آبی	-۰/۱۴۹	۰/۰۲۸	۰/۰۷
چغندر قند	۰/۰۳۷	-۰/۱۳۴	۰/۰۴	گندم دیم	-۰/۰۱۳	۰/۱۹۸	۰/۰۸
خیار	۰/۱۷۳	-۰/۱۲۳	۰/۱۲	گوجه‌فرنگی	۰/۲۸۵	-۰/۰۷۳	۰/۱۲
ذرت علوفه‌ای	۰/۱۵۹	۰/۰۶۷	۰/۱۲	لوبیا	-۰/۲۸۴	۰/۰۶۲	۰/۱۲
سیب زمینی	۰/۰۸۲	۰/۲۵۷	۰/۱۵	نخود	-۰/۳۵۸	۰/۰۶۸	۰/۱۲
سیر	-۰/۰۵۲	۰/۱۷۷	۰/۰۹	هندوانه	۰/۲۵۲	۰/۰۶۱	۰/۱۱
عدس دیم	-۰/۰۶۶	-۰/۰۲۲	۰/۰۹	هندوانه دیم	۰/۰۳۴	-۰/۰۴۰	۰/۰۹
کدو آجیلی	-۰/۲۰۸	-۰/۰۲۲	۰/۱۲	یونجه	۰/۰۰۲	۰/۱۲۲	۰/۰۳

منبع: یافته‌های تحقیق

همچنین نبود هماهنگی بین توزیع زمانی بارش و مراحل رشد گیاه در برخی مناطق، موجب کاهش عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود (مساعدی و کاهه، ۱۳۸۷). در کلزا، عملکرد محصول دارای حساسیت منفی نسبت به افزایش دما و افزایش بارندگی است و لذا چنانچه تغییرپذیری‌های اقلیم در سال‌های آتی به صورت افزایش دما و کاهش بارش رخ دهد، تغییرپذیری‌های عملکرد این محصول، بر پایه‌ی میزان تغییر هر یک از فراسنجه‌های اقلیمی، متفاوت خواهد بود. شرایط یادشده در زمینه‌ی گیاهان زراعی سیب‌زمینی، هندوانه، کدو آجیلی، یونجه، ذرت علوفه‌ای و عدس دیم نیز صدق می‌کند. همچنین عملکرد گندم و جو آبی نسبت به افزایش دما و کاهش بارندگی دارای تأثیرپذیری منفی است به طوری که در محصول جو، ۱ درصد کاهش در بارندگی موجب کاهش عملکرد به میزان ۰/۱۸ درصد می‌شود. نتایج به دست آمده در مورد دیگر گیاهان زراعی نیز بیانگر آن است که چنانچه روند کنونی تغییر فراسنجه‌های اقلیمی در دشت همدان - بهار ادامه یابد، عملکرد گیاهان زراعی لوبیا، نخود و سیر، کاهش و عملکرد گیاهان زراعی گوجه‌فرنگی، خیار و هندوانه‌ی دیم افزایش خواهد یافت. همچنین نتایج به دست آمده از محاسبه‌ی معیار آنتروپی نرمال ( $S(\hat{\beta})$ ) که در آخرین ستون جدول ۳ ارائه شده‌است، بیان می‌دارد که دقت برآورد ضریب‌های مدل واکنش - عملکرد بالا با استفاده از تکنیک GME، در اغلب گیاهان زراعی بیش از ۸۵ درصد است که در این بین، بیشترین میزان دقت برآورد ضریب‌های مدل، در رابطه با دو محصول یونجه و چغندر قند و به ترتیب در حدود ۹۷ و ۹۶ درصد است.

## تحلیل ریز مقیاس ماهیت...۱۶۹

در گام آخر به منظور دسترسی به هدف‌های تحقیق، با توجه به حساسیت عملکرد گیاهان زراعی نسبت به تغییر دما و بارش، تغییرپذیری‌های عملکرد گیاهان زراعی در مدل PMP لحاظ شد و پس از اجرای مدل، میزان تغییر در ارزش افزوده‌ی بخش زراعت دشت، نسبت به سال پایه‌ی این تحقیق که برابر سال ۲۰۱۳ (معادل ۹۲-۱۳۹۱) است، محاسبه شد. بدیهی است که مقادیر پولی مورد بحث در این تحقیق، بر پایه‌ی قیمت‌های جاری سال ۲۰۱۳ محاسبه شده‌است. نتایج به‌دست آمده از شبیه‌سازی‌های یادشده در قالب سناریوهای مختلف اقلیمی در جدول ۴ ارائه شده‌است. بر این پایه، در نتیجه‌ی تغییرپذیری‌های دما و بارش، ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی در سال‌های آتی در دشت همدان - بهار کاهش خواهد یافت که میزان این زیان در افق ۲۰۲۰ در سناریوهای A1B، A2 و B1 به ترتیب برابر ۴۵، ۳۵ و ۲۴ میلیارد ریال خواهد بود.

جدول (۴) پیش‌بینی میزان تغییر ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی در سناریوهای منطقه‌ای (میلیارد ریال)

سناریو	افق ۲۰۲۰
A1B	-۴۵
A2	-۳۵
B1	-۲۴

منبع: یافته‌های تحقیق

به عبارت دیگر، در بدبینانه‌ترین پیش‌بینی، چنانچه در دشت همدان - بهار در افق ۲۰۲۰ افزایش دما به میزان ۰/۵۸ درجه‌ی سانتی‌گراد و کاهش بارندگی به میزان ۳/۹ درصد رخ دهد، ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی این دشت به میزان ۴۵ میلیارد ریال کاهش خواهد یافت. افزون بر این، چنانچه روند کنونی تغییرپذیری‌های دما و بارش در منطقه، در سال‌های آتی نیز ادامه یابد، ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی دشت در افق ۲۰۲۰ به میزان ۳۵ میلیارد ریال کاهش خواهد یافت. در نهایت، در خوشبینانه‌ترین پیش‌بینی بر پایه‌ی سناریوی B1، ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی منطقه در افق یادشده به میزان ۲۴ میلیارد ریال کاهش خواهد یافت. در ادامه به پیش‌بینی میزان تغییرپذیری‌های ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی دشت همدان - بهار در سناریوهای اقلیمی کشوری پرداخته شد. بدین منظور، با توجه به حساسیت عملکرد محصولات کشاورزی منطقه نسبت به دما و بارش و نیز با توجه به میزان تغییرپذیری‌های دما و بارش در سناریوهای اقلیمی کشوری، تغییرپذیری‌های عملکرد

محصولات در مدل PMP لحاظ شد و پس از اجرای مدل، میزان تغییر در ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی در سال‌های آتی نسبت به سال ۲۰۱۳ محاسبه شد. نتایج به‌دست آمده در جدول ۵ ارائه شده‌است.

جدول (۵) پیش‌بینی میزان تغییر ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی در سناریوهای کشوری (میلیارد ریال)

سناریو	افق ۲۰۲۰
A1B	۳۲
A2	۲۱
B1	۱۰

منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌طور که مشاهده می‌شود، چنانچه در افق ۲۰۲۰، بر پایه‌ی سناریوهای اقلیمی کشوری، افزایش دما به میزان ۰/۷۶ درجه‌ی سانتی‌گراد و افزایش بارندگی به میزان ۲/۳ درصد رخ دهد، ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی دشت همدان - بهار در افق یادشده نسبت به سال ۲۰۱۳، به میزان ۳۲ میلیارد ریال افزایش خواهد یافت. همچنین چنانچه در افق زمانی مورد بررسی بر پایه‌ی سناریوی A2، افزایش دما به میزان ۰/۵۷ درجه‌ی سانتی‌گراد و افزایش بارندگی به میزان ۱/۰ درصد رخ دهد، ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی دشت همدان - بهار در افق مورد بحث به میزان ۲۱ میلیارد ریال افزایش خواهد یافت. در نهایت بر پایه‌ی سناریوی خوشبینانه‌ی B1، افزایش دما به میزان ۰/۴۱ درجه‌ی سانتی‌گراد و افزایش بارش به میزان ۰/۸ درصد تا افق ۲۰۲۰، موجبات افزایش ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی دشت همدان - بهار به میزان ۱۰ میلیارد ریال را فراهم می‌سازد. نتایج یادشده مؤید این مسئله است که در صورت رخداد شرایط اقلیمی پیش‌بینی شده در سناریوهای کشوری، تغییر اقلیم دارای اثرگذاری‌های مثبت بر شاخص‌های اقتصادی در دشت همدان - بهار خواهد بود. در پایان و در قالب جدول ۶، به مقایسه‌ی میزان ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی دشت در افق ۲۰۲۰ در سناریوهای منطقه‌ای و کشوری پرداخته شده‌است.

جدول (۶) ارزش افزوده‌ی کشاورزی دشت همدان - بهار در سناریوهای منطقه‌ای و کشوری (میلیارد ریال)

سناریو	سناریوهای منطقه‌ای	
	افق ۲۰۲۰	سناریوهای کشوری
A1B	۵۶۵۰	۵۷۲۶
A2	۵۶۵۹	۵۷۱۵
B1	۵۶۶۹	۵۷۰۴

منبع: یافته‌های تحقیق



## تحلیل ریز مقیاس ماهیت... ۱۷۱

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بر پایه‌ی سناریوهای منطقه‌ای، همگام با افزایش دما و کاهش بارندگی در دشت همدان- بهار، ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی این دشت در طی ۳۰ سال آینده کاهش یافته و از میزان ۵۶۹۴ میلیارد ریال در سال ۲۰۱۳ به میزان ۵۶۶۰ میلیارد ریال در میانگین سناریوهای منطقه‌ای، تنزل می‌یابد. اما بر اساس سناریوهای کشوری، در صورت تعمیم میانگین شرایط اقلیمی کشور به دشت مورد بررسی، ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی این دشت در سال‌های پیش‌رو افزایش یافته و از میزان ۵۶۹۴ میلیارد ریال در سال ۲۰۱۳ به میزان ۵۷۲۰ میلیارد ریال در افق ۲۰۲۰ خواهد رسید.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این بررسی به تحلیل ریزمقیاس تغییرپذیری‌های اقلیم در دشت همدان- بهار و بررسی چگونگی تغییر عملکرد گیاهان زراعی این دشت در رویارویی با پدیده‌ی تغییر اقلیم پرداخته شد. همچنین مقادیر فراسنجه‌های اقلیمی در سناریوهای منطقه‌ای و کشوری، مورد مقایسه قرار گرفتند و میزان تأثیرپذیری ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی دشت در سناریوهای منطقه‌ای و کشوری ارزیابی شد. نتایج به‌دست آمده از ریزمقیاس‌نمایی آماری سناریوهای اقلیمی نشان داد که در افق ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۱۳، دمای هوا در دشت همدان- بهار، در میانگین سناریوهای اقلیمی، به میزان ۰/۵۴ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش و بارندگی به میزان ۳/۴ درصد کاهش خواهد یافت. از سویی دیگر بر پایه‌ی سناریوهای کشوری، در دوره‌ی زمانی مورد بحث، دما به میزان ۰/۵۸ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش و بارندگی نیز به میزان ۱/۴ درصد در سطح کشور افزایش خواهد یافت. این نتایج، نبود سازگاری بین پیش‌بینی‌های اقلیمی منطقه‌ای و پیش‌بینی‌های صورت گرفته در سطوح گسترده‌ی کشوری را نمایان می‌سازد. نتایج تحقیق همچنین نشان داد که تغییرپذیری‌های عملکرد گیاهان زراعی دشت در رویارویی با شرایط اقلیمی سناریوهای منطقه‌ای، موجبات کاهش ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی دشت را فراهم می‌کند، اما بر اساس سناریوهای کشوری، در سال‌های پیش‌رو، ارزش یادشده در دشت همدان- بهار افزایش خواهد یافت.

بنابراین، شبیه‌سازی تغییرپذیری‌های عملکرد گیاهان زراعی دشت همدان- بهار در الگوی کشت این منطقه، در قالب سناریوهای منطقه‌ای و کشوری نتایج متضادی در پی خواهد داشت. یافته‌های

یادشده، لزوم انجام ریزمقیاس‌نمایی در پیش‌بینی‌های اقلیمی و استخراج سناریوهای منطقه‌ای و همچنین تناسب نداشتن سناریوهای اقلیمی کشوری با بررسی‌های منطقه‌ای را روشن می‌سازد.

## منابع

- بنی‌اسد، ف. (۱۳۹۱) بررسی اثرات اقتصادی تغییر اقلیم بر گندم‌کاران استان خراسان رضوی: رهیافت ریکاردین. *پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی*، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- حسینی، س. ص. نظری، م. ر. و عراقی‌نژاد، ش. (۱۳۹۲) بررسی اثر تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی با تأکید بر نقش به‌کارگیری راهبردهای تطبیق در این بخش. *مجله‌ی تحقیقات اقتصاد و توسعه‌ی کشاورزی ایران*، ۴۴(۱): ۱-۱۶.
- خلیلی اقدم، ن. مساعدی، ا. سلطانی، ا. و کامکار، ب. (۱۳۹۱) ارزیابی توانایی مدل LARS-WG در پیش‌بینی پارامترهای جوی سنندج. *مجله‌ی پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۱۹(۴): ۸۵-۱۲۲.
- سلطانی، ش. و موسوی، س. ح. (۱۳۹۴) ارزیابی آثار بالقوه‌ی تغییرات اقلیم بر عملکرد و ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی در دشت همدان - بهار. *مجله‌ی اقتصاد کشاورزی*، ۹(۱): ۹۵-۱۱۵.
- شمشادی، ک. (۱۳۹۳) بررسی اثرات اقتصادی تغییر در پارامترهای اقلیمی بر تولیدات بخش کشاورزی ایران و رفاه جامعه. *رساله‌ی دکتری در رشته‌ی اقتصاد کشاورزی*، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- طبری، ح. آیینی، ع. و آقاجانلو، م. ب. (۱۳۸۶) مروری بر اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب‌های کره‌ی زمین: کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب، تهران، صفحات ۴۹-۶۰.
- عباسی، ف. ملبوسی، ش. بابائیان، آ. اثمیری، م. و برهانی، ر. (۱۳۸۹) پیش‌بینی تغییرات اقلیمی خراسان جنوبی در دوره‌ی ۲۰۱۰-۲۰۳۹ میلادی با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری خروجی مدل ECHO-G. *نشریه‌ی آب و خاک*، ۲۴(۲): ۲۱۸-۲۳۳.
- علی‌زاده، ا. سیاری، ن. حسامی کرمانی، م. ر. بنایان اول، م. و فریدحسینی، ع. (۱۳۸۹) بررسی پتانسیل اثرات تغییر اقلیمی بر منابع و مصارف آب کشاورزی (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی کشف‌رود). *نشریه‌ی آب و خاک*، ۲۴(۴): ۸۱۵-۸۳۵.
- مساح بوانی، ع. ر. و مرید، س. (۱۳۸۴) اثرات تغییر اقلیم بر جریان رودخانه‌ی زاینده‌رود اصفهان. *مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۹(۴): ۱۷-۲۷.
- مساعدی، ا. و کاهه، م. (۱۳۸۷) بررسی تأثیر بارندگی بر عملکرد محصولات گندم و جو در استان گلستان. *مجله‌ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۵(۴): ۲۰۶-۲۱۸.

### تحليل ريز مقياس ماهيت... ۱۷۳

- Alison, L. K., Richard, G. J. & Nicholas, S. R. (2004) RCM rainfall for UK flood frequency estimation. *Journal of Hydrology*, 318: 163-172.
- Caputo, M. R. & Paris, Q. (2008) Comparative statics of the generalized maximum entropy estimator of the general linear model. *European Journal of Operational Research*, 185(1): 195-203.
- Dibike, Y. B. & Coulibaly, P. (2005) Hydrologic impact of climate change in the Saguenay watershed: Comparison of downscaling methods and hydrologic models. *Journal of Hydrology*, 307: 145-163.
- Hope, C. (2005) Integrated assessment models. In Helm, D. (Ed.). *Climate Change Policy: 77-98*. Oxford University Press, Oxford.
- Huang, Q., Howitt, R. & Rozelle, S. (2012) Estimating production technology for policy analysis: Trading off precision and heterogeneity. *Journal of Productivity Analysis*, 38(2): 219-233.
- IPCC, (2007) *Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S. D., Qin, M., Manning, Z., Chen, M., Marquis, K. B., Averyt, M. & H. L. Miller (Eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kamga, F. M. (2001) Impact of greenhouse gas induced climate change on the runoff of the upper Benue River (Cameroon). *Journal of Hydrology*, 252: 145-156.
- Kokic, N. R., Potgieter, A. & Carter, J. (2004) An enhanced ABARE system for predicting farm performance. *ABARE Report*, 4: 6-20.
- Lane, M. E., Kirshen, P. H. & Vogel, R. M. (1999) Indicator of impacts of global climate change on US water resources. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 125(4): 194-204.
- Mavromatis, T. H. & Hansen, J. W. (2001) Inter annual variability characteristics and simulated crop response of four stochastic weather generators. *Agricultural and Forest Meteorology*, 109: 283-296.
- Morrison, J., Quick, M. C. & Foreman, M. G. G. (2002) Climate change in the Fraser River watershed: flow and temperature projection. *Journal of Hydrology*, 263: 230-244.
- Rasco, P., Szeidl, L. & Semenov, M. A. (1991) A serial approach to local stochastic models. *Journal of Ecological Modeling*, 57: 27-41.
- Reilly, J. (1999) what dose climate change mean for agriculture in developing countries? A comment on Mendelsohn and Dinar. *World Bank Obs.* 14: 295-305.
- Semenov, M. A. (2008) Simulation of extreme weather events by a stochastic weather generator. *Climate Research*, 35: 203-212.

- Sivakumar, M. V. K., Das, H. & Brunini, O. (2005) Impact of present and future climate variability and change agriculture and forestry in the arid and semi-arid topics. *Journal of Climate Change*, 70: 31-72.
- Stern, N. (2006) Review on the economics of climate change. HM Treasury, London.
- Williams, A. G. (1991) Modeling future climates: From GCMs to statistical downscaling approaches. University of Toronto, Scarborough.
- Wu, X. (2009) A weighted generalized maximum entropy estimator with a data-driven weight. *Entropy*, 11: 917-930.
- Zarghami, M., Abdi, A., Babaeian, I., Hasanzadeh, Y. & Kanani, R. (2011) Impact of climate change on runoff in east Azerbaijan, Iran. *Global and Planetary Change*, 78(3): 137-146.

<http://ccds-dscc.ec.gc.ca/page=pred-cgcm3>

Archive of SID