تغییر اقلیم یا نوسانات اقلیمی؟ ارزیابی آسیب‌پذیری بخش کشاورزی دشت همدان ــ بهار

شیوا سلطانی، سید حبیب‌الله موسوی[1]
shamosavi@modares.ac.ir

چکیده

پدیده‌های افزایش دما و کاهش بارندگی به عنوان بخشی از آثار تغییرات اقلیم، در سال‌های آتی رخداد غالب اکثر دشت‌های ایران خواهند بود. اما افزون بر مقدار میانگین متغیرهای آب و هوایی، نوسانات اقلیمی نیز بر رشد محصولات کشاورزی تأثیری معنادار دارد. لذا مقادیر حدی دما و بارش نیز بر عملکرد محصولات کشاورزی اثرگذار هستند. بر این اساس، در مطالعه‌ی حاضر آثار بالقوه‌ی تغییرات اقلیم و نیز نوسانات اقلیمی بر الگوی کشت دشت همدان ـ بهار مورد مقایسه قرار گرفت و میزان تأثیرپذیری عملکرد محصولات زراعی در مواجهه با تغییرات مذکور و متعاقب آن، تغییرات ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی به صورت کمی ارزیابی شد. نتایج نشان داد که تغییر مقدار میانگین سنجه‌های اقلیمی و نیز نوسانات این متغیرها، دارای تأثیرگذاری منفی بر بخش کشاورزی دشت هستند و در خوشبینانه‌ترین پیش‌بینی، به ترتیب کاهش ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی دشت در حدود ۲۰ و ۲۵ درصد را تا افق ۲۱۰۰ در پی خواهند داشت. این نتایج مؤید آسیب‌پذیری بیشتر بخش کشاورزی در مواجهه با نوسانات اقلیمی است. با این حال بهبود بهره‌وری محصولات کشاورزی به میزان ۱۱/۲۶ درصد، زیان مذکور را جبران خواهد نمود.

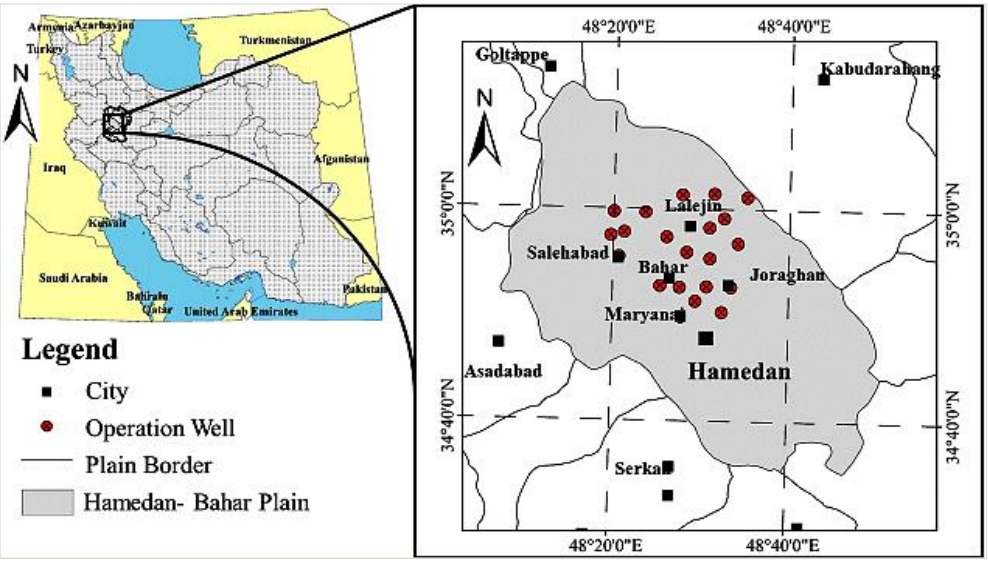
طبقه‌بندی JEL: Q54, C46, C22, C02

کلیدواژگان: سنجه‌های اقلیمی، الگوریتم فایوسن، تابع تولید تصادفی، الگوی کشت، ارزش افزوده

۱ـ به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه

با توجه به آثار گسترده و متقابل اقلیم بر بخش‌های مختلف تولیدی، عوامل زیست‌محیطی و جوامع انسانی، امروزه از تغییرات آب وهوایی به‌عنوان یکی از مهمترین چالش‌های آتی یاد می‌شود که پیامدهای جدی اقتصادی به‌دنبال خواهد داشت (ردسما و همکاران، ۲۰۰۹). اگرچه بخش‌های مختلف اقتصادی اعم از کشاورزی، جنگلداری، آب، صنعت، گردشگری، انرژی و حتی بازارهای مالی و بیمه متأثر از تغییرات اقلیم هستند (کامفرت، ۲۰۰۷؛ هوپ، ۲۰۰۵؛ تول و همکاران، ۲۰۰۴)، در این میان بخش کشاورزی وابسته‌ترین بخش به اقلیم شناخته می‌شود و اقلیم تعیین‌کننده‌ی اصلی مکان، منابع تولید و بهره‌وری فعالیت‌های کشاورزی است (ریلی، ۱۹۹۹). افزون بر این، بخش کشاورزی سهم بالایی در اقتصاد کشورهای در حال توسعه دارد و از ارتباطات گسترده‌ای با دیگر بخش‌های اقتصادی برخوردار است. ضمن اینکه این بخش یکی از منابع تولیدکننده‌ی گازهای گلخانه‌ای است. مجموعه‌ی این ویژگی‌ها، بخش کشاورزی را به محور اصلی بحث‌های سیاستی و پروژه‌های تحقیقاتی در بسیاری از کشورها تبدیل کرده‌است (سارکر و همکاران، ۲۰۱۴؛ بارنولی و کوتانی، ۲۰۱۳؛ هولست و همکاران، ۲۰۱۳؛ پالانیسامی و همکاران، ۲۰۱۱؛ یو و ژائو، ۲۰۰۹؛ مک‌کارل و همکاران، ۲۰۰۸؛ ایزاک و همکاران، ۲۰۰۶). بخش عظیمی از مساحت کشور ایران، با توجه به اقلیم شبه خشک مدیترانه‌ای آن، در برابر تغییرات آب و هوایی آسیب‌پذیر است (شهرکی و همکاران، ۱۳۹۶)، که بسیاری از مطالعات پیشین، مؤید این موضوع هستند. به عنوان مثال مسعودیان (۱۳۸۳) با استفاده از مطالعه‌ی نقشه‌های هم‌دمای ماهانه و ارزیابی سنجه‌های اقلیمی ایران نشان داد که دمای کمینه، بیشینه و میانگین به ترتیب با آهنگ ۳، ۱ و ۲ درجه در هر صد سال افزایش داشته‌است. مرادی و همکاران (۲۰۱۳) نیز یک روند افزایشی متوسط سالانه‌ی ۰/۰۵ درجه‌ی سانتی‌گراد را در میانگین دمای سالانه‌ی ایران مشاهده نمودند. منصوری دانشور و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان دادند که بخش بزرگی از پهنه‌ی ایران دچار خشکسالی شده‌است. لذا به نظر می‌رسد که پدیده‌های افزایش دما و کاهش بارندگی به عنوان بخشی از آثار تغییرات اقلیم، در سال‌های آتی نیز پدیده‌ی غالب اکثر دشت‌های ایران باشد. حوضه‌ی آبریز همدان- بهار که با وسعت ۲۴۵۹ کیلومتر مربع در دامنه‌ی شمالی ارتفاعات کوه الوند در غرب ایران واقع شده‌است، مثالی بارز برای این رخداد است. در شکل ۱ محدوده‌ی جغرافیایی این دشت ارائه گردیده‌است.



شکل ۱. نقشه‌ی جغرافیایی محدوده‌ی مطالعاتی دشت همدان-بهار

در این دشت در حدود ۴۶ هزار هکتار از اراضی موجود به فعالیت‌های کشاورزی اختصاص دارند که در حدود ۲۵ هزار هکتار از آن زیر کشت محصولات زراعی آبی و نزدیک به ۲۰ هزار هکتار از آن نیز به صورت کشت دیم مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (سلطانی و موسوی، ۱۳۹۵). بر اساس آمار هواشناسی منتشر شده، تغییر شرایط اقلیمی این دشت در دو دهه‌ی اخیر به‌صورت افزایش درجه‌ی حرارت و کاهش بارندگی و نیز افزایش انتشار گاز CO_2 بوده‌است. همچنین در این دشت کاهش بارندگی و برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی موجود، باعث منفی شدن بیلان آبی دشت در طول سال‌های اخیر شده و این منابع کمیاب را با خطر نابودی مواجه ساخته‌است (بلالی و همکاران، ۲۰۱۱). با این توضیح، برنامه‌ریزی بلندمدت در خصوص کشاورزی دشت همدان- بهار مستلزم تحلیل دقیق شرایط آب و هوایی است. در بسیاری از مطالعات پیشین از جمله بلالی و همکاران (۲۰۱۱) و سلطانی و موسوی (۱۳۹۴ و ۱۳۹۵) به ارزیابی آثار تغییر اقلیم در دشت همدان- بهار، با در نظر گرفتن مقدار میانگین سنجه‌های اقلیمی پرداخته شده‌است. این در حالی است که جانسون و همکاران (۲۰۱۵)، هتفیلد و پروکر (۲۰۱۵) و اولا گورنال و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که علاوه بر متغیرهای میانگین، نوسانات اقلیمی نیز بر رشد محصولات کشاورزی تأثیری معنادار دارد. لذا مقادیر حدی دما و بارش نیز بر عملکرد محصولات اثرگذار هستند. با توجه به این رویکرد، در مطالعه‌ی حاضر آثار بالقوه‌ی تغییرات اقلیم و نیز نوسانات اقلیمی بر الگوی کشت دشت همدان-بهار مورد بررسی قرار گرفت و میزان تأثیرپذیری عملکرد محصولات زراعی و متعاقب آن، تغییرات ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی به صورت کمی ارزیابی شد. بدیهی است که یافته‌های این مطالعه می‌تواند جهت اتخاذ سیاست‌های آتی، راه گشای محققین و سیاست‌گذاران بخش کشاورزی باشد.

مواد و روش

در این مطالعه ابتدا به منظور تعیین مهمترین سنجه‌های اقلیمی مؤثر بر عملکرد محصولات کشاورزی در دشت همدان- بهار، از الگوریتم فایوسن[۱] (۲۰۱۲) استفاده شد. سپس حساسیت عملکرد محصولات زراعی منطقه نسبت به مقادیر میانگین و واریانس سنجه‌های آب و هوایی منتخب، با بهره‌گیری از تابع تولید تصادفی جاست و پاپ[۲] برآورد گردید (کاباس و همکاران، ۲۰۱۰؛ شهرکی و همکاران، ۱۳۹۶). فرم عمومی این تابع تولید به شرح رابطه‌ی ۱ است.

$$Y = f(X;\beta) + \mu = f(X;\beta) + h(X;\alpha)\varepsilon \qquad (۱)$$

در این رابطه، Y عملکرد محصول، X بردار متغیرهای توضیحی، f جزء معین تابع تولید، β ضریب تابع عملکرد، μ پسماند ناهمسان با میانگین صفر، h جزء تصادفی تابع تولید، α پارامترهای تابع واریانس و ε جزء اخلال تصادفی با میانگین صفر و واریانس ثابت σ^2 است. به منظور تخمین رابطه‌ی فوق، از رویکرد سه مرحله‌ای حداقل مربعات تعمیم‌یافته (FGLS[۳]) استفاده شد. در مرحله‌ی نخست، متغیر عملکرد بر تابع f(X; β) برازش گردید و نتایج توان دوم حداقل مربعات به عنوان $\hat{\mu}$ که تخمینی سازگار از μ با توزیع واریانس ناهمسان و میانگین صفر است، محاسبه شد. در گام دوم، با لحاظ نمودن فرم نمایی h، $\hat{\mu}$ بر انتظار مجانبی‌اش h(X; α) برازش گردید. سپس در گام سوم، عبارت خطای پیش‌بینی محاسباتی در مرحله‌ی دوم، به عنوان وزن معادله‌ی اول (تابع میانگین عملکرد) استفاده و تابع عملکرد به طور مجدد برآورد شد. تحت شرایط مذکور، β سازگار و به‌طور مجانبی کارا خواهد بود. در واقع با استفاده از این روش، ناهمسانی واریانس گام اول تصحیح می‌شود (جاست و پاپ، ۱۹۷۹).

در ادامه، با استفاده از مدل مولد داده‌های هواشناسی LARS-WG در سطح ایستگاه سینوپتیک[۴] فرودگاه واقع در دشت همدان- بهار و نیز با بهره‌گیری از داده‌های سناریوهای اقلیمی در مدل گردش عمومی جو HadCM3، به پیش‌بینی تغییرپذیری‌های دما و بارش در افق‌های ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ پرداخته شد. بدین منظور، در آغاز برای هر یک از مشخصه‌های اقلیمی، اختلاف میزان میانگین داده‌های تولید شده در دوره‌ی پایه و میزان میانگین داده‌های تولید شده در دوره‌ی آینده محاسبه شد و این میزان اختلاف، به مقدار میانگین داده‌های مشاهده‌ای افزوده شد (خلیلی اقدم و همکاران، ۱۳۹۱). رابطه‌ی ۲، مفهوم یاد شده را ارائه می‌کند.

$$F_{fut} = F_{obs} + (F_{GCM}^{fut} - F_{GCM}^{base}) \qquad (۲)$$

در این رابطه F_{fut}، F_{obs}، F_{GCM}^{fut} و F_{GCM}^{base} 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 هر یک از متغیرهای

---

[۱] Feiveson algorithm

[۲] Just and Pope stochastic production function

[۳] Feasible Generalized Least Squares

[4] Synoptic

بارش و دما در افق‌های ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ در سه پیش‌فرض A1B، A2 و B1 محاسبه شد و سپس میزان افزایش متغیرهای مذکور نسبت به سال ۲۰۱۳ که سال پایه‌ی این تحقیق است، تعیین گردید. همچنین به‌منظور پیش‌بینی میزان انتشار CO_2 در دشت همدان- بهار، ابتدا میزان تأثیرپذیری سطح انتشار CO_2 نسبت به عامل جمعیت در استان همدان در قالب رابطه‌ی ۳ برآورد شد (بهبودی و همکاران، ۱۳۸۹).

$$Ln(CO_2)_t = \alpha + \beta_1 Ln(P)_t + \beta_2 Ln(GDP)_t + \beta_3 Ln(E)_t + \beta_4 Ln(CO_2)_{t-1} + e_t \qquad (۳)$$

در این رابطه t شمارنده‌ی سال و متغیرهای CO_2، P، GDP و E به ترتیب بیانگر سطح انتشار دی‌اکسید کربن، جمعیت، تولید ناخالص داخلی و میزان مصرف انرژی، در سطح استان همدان هستند. لازم به یادآوری است که اطلاعات مربوط به متغیرهای یاد شده در سطح استان همدان در دوره‌ی ۱۳۹۰-۱۳۷۰، از مرکز آمار ایران، ترازنامه‌ی انرژی وزارت نیرو و ترازنامه‌ی هیدروکربوری وزارت نفت دریافت شد. پس از برآورد مدل رگرسیون بالا به صورت لگاریتمی و با استفاده از روش OLS[1]، مقدار ضریب β_1 که بیانگر میزان حساسیت سطح انتشار CO_2 نسبت به جمعیت در منطقه‌ی مورد بررسی است، محاسبه شد. سپس با استفاده از مقادیر پیش‌بینی شده‌ی جمعیت جهان در پیش‌فرض‌های A1B، A2 و B1 در افق‌های ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ و نیز با در نظر گرفتن کشش سطح انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به عامل جمعیت در منطقه‌ی مورد بررسی، سطح انتشار CO_2 در دشت همدان- بهار در افق‌های زمانی مورد بحث، پیش‌بینی و درصد تغییرپذیری‌های آن نسبت به سال ۲۰۱۳ در هر پیش‌فرض تعیین شد (سلطانی و موسوی، ۱۳۹۵).

در گام آخر تحقیق، با به‌کارگیری رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی و تدوین مدل PMP[2]، شرایط الگوی کشت منطقه همانندسازی شد و اثرگذاری‌های تغییر مقدار میانگین و نیز نوسانات سطح انتشار دی‌اکسید کربن، دما و بارش بر الگوی کشت، با استفاده از نتایج به‌دست آمده در مراحل پیش، بررسی شد. لازم به یادآوری است که در این بررسی، مدل بسط یافته با استفاده از روش بیشینه‌ی آنتروپی واسنجی شد. در این مدل، تابع هدف، بازده ناخالص سالانه‌ی به‌دست آمده از کل فعالیت‌های زراعی دشت را بیشینه می‌کند. توابع هزینه‌ی به‌کار رفته در تابع هدف به‌صورت مجموع هزینه‌های مربوط به زمین، آب، نیروی کار، کودهای شیمیایی و ماشین‌ها و ادوات کشاورزی هستند. همچنین قیدهای مدل به‌ترتیب شامل قید منابع آب، سطح زیر کشت، سرمایه، نیروی کار و کودهای شیمیایی هستند. قید مرتبط با کود شیمیایی برای هر یک از کودهای نیتروژن، فسفات و پتاس تکرار گردید. 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 نظر رودخانه‌ی دائمی وجود ندارد و درصد عمده‌ی تأمین آب با منابع آب زیرزمینی است (بلالی، ۲۰۱۱) و بر همین پایه، محدودیت منابع آب زیرزمینی مهم‌ترین محدودیت مدل را تشکیل می‌دهد. دیگر قیدهای مدل نیز بیانگر آن هستند که میزان استفاده از هر یک از منابع

[1] Ordinary Least Squares

[2] Positive Mathematical Programming

زمین، سرمایه، نیروی کار و کودهای شیمیایی برای تولید هر هکتار محصول نمی‌تواند از کل منابع در دسترس دشت بیشتر باشد. در پایان به‌منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات، از بسته‌ی نرم‌افزاری GAMS و الگوریتم CONOPT3 استفاده شد و همانندسازی تأثیر تغییر مقدار میانگین و نیز نوسانات سطح انتشار CO_2، دما و بارش بر الگوی کشت، با توجه به کشش‌های محاسباتی در مراحل پیش صورت گرفت. آمار و اطلاعات مربوط به ضریب‌های فنی گیاهان زراعی و نهاده‌ها در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ (معادل با ۲۰۱۳-۲۰۱۲) با استفاده از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای دو مرحله‌ای گردآوری شد. بدین منظور در آغاز، ۴ بخش همدان، لاله‌جین، صالح‌آباد و مرکزی بهار، با توجه به اینکه بین منحنی‌های همدما و همبارش یکسانی قرار گرفته‌اند و دارای شرایط اقلیمی همسانی هستند، به عنوان خوشه‌های اصلی در نظر گرفته شدند. همچنین در مرحله‌ی بعد، روستاهای درون هر خوشه، با توجه به اینکه شرایط مکان‌نگاری یکسانی دارند، خوشه‌بندی شدند. سپس به‌منظور گزینش خوشه‌های مورد بررسی، در دو مرحله از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد. در نهایت، آمار و اطلاعات یاد شده، با گزینش نمونه‌ای متشکل از ۳۶۰ کشاورز و تکمیل پرسشنامه و همچنین مراجعه به سازمان‌ها و نهادهای مربوطه گردآوری شد.

در پایان، میزان آسیب‌پذیری بخش کشاورزی دشت همدان- بهار در مواجهه با تغییرات اقلیمی و نیز نوسانات اقلیمی آتی مورد مقایسه و بحث قرار گرفت.

نتایج

در جدول ۱ حساسیت عملکرد محصولات کشاورزی دشت مورد مطالعه نسبت به مقدار مطلق و نیز انحراف از میانگین متغیرهای اقلیمی و دی‌اکسید کربن حاصل از برآورد تابع تولید تصادفی جاست و پاپ ارائه شده‌است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود حساسیت عملکرد اغلب محصولات نسبت به مقدار میانگین و نیز نوسانات انتشار دی‌اکسید کربن، مثبت و کمتر از ۰/۵ است. همچنین بر اساس نتایج حاصل در این تحقیق، در صورت افزایش مقدار مطلق و انحراف از میانگین سطح انتشار دی‌اکسید کربن به میزان ۱ درصد، عملکرد گندم دیم به ترتیب در حدود ۰/۱۵ و ۰/۰۰۹ درصد افزایش می‌یابد. پس از محصول گندم دیم، محصول نخود از بیشترین میزان حساسیت نسبت به مقدار میانگین انتشار CO_2 برخوردار است. همچنین بر اساس نتایج ارائه شده، همراه با افزایش میانگین دما، عملکرد اغلب صیفی‌جات بهبود می‌یابد که در این بین بیشترین میزان بهبود عملکرد، در ارتباط با محصول گوجه‌فرنگی خواهد بود. در بین محصولات دیم، دو محصول عدس و هندوانه دارای حساسیت منفی نسبت به افزایش مقدار مطلق بارندگی هستند که این موضوع در مغایرت با نتایج به‌دست آمده در خصوص سایر محصولات دیم همچون گندم و جو است.

جدول ۱. حساسیت عملکرد محصولات زراعی دشت همدان- بهار نسبت به دما، بارش و CO_2

	حساسیت نسبت به تغییرات اقلیم			حساسیت نسبت به نوسانات اقلیمی		
محصول	بارش	دما	CO_2	بارش	دما	CO_2
جو آبی	۰/۱۸۰	-۰/۲۱۰	۰/۰۳۹	-۰/۲۲۰	-۰/۳۴۰	۰/۰۱۱
جو دیم	۰/۲۳۴	-۰/۱۶۳	۰/۰۳۰	-۰/۱۲۴	-۰/۳۴۲	۰/۰۱۳
چغندر قند	-۰/۱۳۲	-۰/۰۵۵	۰/۰۲۰	-۰/۰۳۳	۰/۶۵۰	۰/۰۰۰
خیار	-۰/۱۲۲	۰/۱۸۸	۰/۰۱۴	-۰/۰۰۲	۰/۰۸۷	۰/۰۰۰
ذرت علوفه‌ای	-۰/۰۶۷	۰/۱۶۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۶	-۰/۳۲۴	۰/۱۸۰
سیب زمینی	۰/۲۵۷	۰/۰۷۹	۰/۰۰۴	-۰/۰۴۵	۰/۱۸۰	۰/۰۵۱
سیر	۰/۱۴۴	-۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۵۱	-۰/۲۵۴	۰/۱۳۳
عدس دیم	-۰/۰۱۲	-۰/۰۳۸	۰/۰۲۶	-۰/۱۶۶	۰/۱۲۵	۰/۱۵۲
کدو آجیلی	-۰/۰۲۲	-۰/۲۰۶	۰/۰۰۰	-۰/۰۶۰	۰/۵۲۱	۰/۰۶۵
کلزا	-۰/۰۲۶	-۰/۱۷۲	۰/۰۷۳	-۰/۳۵۷	-۰/۴۰۳	۰/۰۳۷
گندم آبی	۰/۰۲۷	-۰/۱۶۷	۰/۰۴۰	-۰/۰۸۴	-۰/۲۳۱	۰/۰۰۳
گندم دیم	۰/۲۰۹	-۰/۰۱۵	۰/۱۵۱	-۰/۰۶۹	۰/۲۲۴	۰/۰۰۹
گوجه‌فرنگی	-۰/۰۷۵	۰/۲۸۲	۰/۰۱۹	-۰/۴۰۲	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۰
لوبیا	۰/۰۶۵	-۰/۲۸۴	۰/۰۴۰	-۰/۰۳۳	-۰/۲۸۶	۰/۲۰۱
نخود	۰/۰۶۶	-۰/۳۵۸	۰/۱۰۳	-۰/۱۲۰	-۰/۳۶۴	۰/۰۰۶
هندوانه	۰/۰۵۷	۰/۲۴۹	۰/۰۳۸	-۰/۰۵۸	۰/۰۲۱	۰/۰۸۷
هندوانه دیم	-۰/۰۴۰	۰/۰۳۴	۰/۰۰۱	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶
یونجه	۰/۱۲۲	-۰/۰۰۱	۰/۱۰۰	-۰/۰۳۶	۰/۴۲۷	۰/۰۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

لازم به توضیح است که پارامتر بارندگی، در برخی موارد 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 محصولات فراهم می‌نماید (کوکیک و همکاران، ۲۰۰۴). افزون بر این، عدم وجود هماهنگی بین توزیع زمانی بارش و مراحل رشد گیاه، می‌تواند دلیل دیگر کاهش عملکرد این محصولات دیم باشد (مساعدی و کاهه، ۱۳۸۷). در محصولات چغندرقند، کلزا، سیب‌زمینی، هندوانه و کدو آجیلی، عملکرد محصول دارای حساسیت منفی نسبت به افزایش دما و افزایش بارندگی است و لذا چنانچه تغییرات اقلیم در سال‌های آتی به‌صورت افزایش دما و کاهش بارش رخ دهد، نوسانات عملکرد این محصولات، بر اساس میزان تغییر هر یک از پارامترهای اقلیمی، متفاوت خواهد بود. نتایج همچنین بیان‌گر آن است که عملکرد محصولات گندم آبی، جو آبی، لوبیا، نخود، سیر و یونجه، نسبت به روند کنونی تغییر پارامترهای اقلیمی دارای تأثیرپذیری منفی و عملکرد محصولات خیار و هندوانه‌ی دیم دارای تأثیرپذیری مثبت است. نتایج جدول ۱ همچنین نشان می‌دهد که حساسیت عملکرد اغلب محصولات در رویارویی

با نوسانات بارندگی منفی است که در این میان بیشترین تأثیرپذیری منفی در ارتباط با محصول گوجه‌فرنگی است. افزون بر این، از بررسی نتایج جدول می‌توان دریافت که حساسیت محصولات جو آبی، جو دیم، ذرت علوفه‌ای، سیر، کلزا، گندم آبی، گوجه‌فرنگی، لوبیا و نخود نسبت به انحراف از میانگین دما منفی است که در این بین بیشترین حساسیت منفی در ارتباط با محصول کلزا است.

در مرحله‌ی بعد به ریزمقیاس‌نمایی سناریوهای اقلیمی در منطقه‌ی مورد مطالعه پرداخته شد و بر این اساس، پارامترهای اقلیمی دشت همدان- بهار با استفاده از مدل مولد داده‌های هواشناسی LARS-WG، در قالب سناریوهای A1B، A2 و B1 در افق‌های ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ پیش‌بینی شدند و سپس درصد تغییرات هر یک از پارامترهای اقلیمی در افق‌های مذکور نسبت به سال ۲۰۱۳ محاسبه گردید. نتایج حاصل از این پیش‌بینی در جدول ۲ ارائه گردیده‌است. نتایج مذکور، ناظر بر این واقعیت است که سطح انتشار دی‌اکسید کربن در دشت همدان- بهار در سال‌های آتی افزایش خواهد یافت و در خوشبینانه‌ترین پیش‌بینی در افق ۲۱۰۰، در حدود ۲۴ درصد نسبت به سال ۲۰۱۳ به سطح انتشار این گاز افزوده می‌شود.

جدول ۲. تغییر بارش، دما و CO_2 دشت همدان- بهار در سناریوهای اقلیمی نسبت به سال ۲۰۱۳ (درصد)

سناریو	افق ۲۰۵۰			افق ۲۱۰۰		
	دما	بارندگی	CO_2	دما	بارندگی	CO_2
A1B	۱۳/۹	-۱۱/۴	۱۸/۲	۲۱/۹	-۱۷/۱	۲۶/۸
A2	۱۶/۵	-۹/۹	۱۷/۳	۲۲/۶	-۱۵/۲	۲۵/۲
B1	۱۳/۱	-۸/۷	۱۷/۳	۲۱/۱	-۱۳/۴	۲۳/۶

مأخذ: یافته‌های تحقیق

به صورت مشابه در خوش‌بینانه‌ترین پیش‌بینی تا افق ۲۱۰۰ دمای دشت در حدود ۲۱ درصد افزایش و بارندگی نزدیک به ۱۳ درصد کاهش خواهد یافت.

در ادامه، تغییرات عملکرد محصولات کشاورزی دشت در مدل PMP لحاظ شد و پس از اجرای مدل، میزان تغییر در ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی نسبت به سال ۲۰۱۳ محاسبه گردید. نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌های مذکور در قالب سناریوهای اقلیمی در ذیل ارائه گردیده‌است. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، همراه با تغییرات اقلیم به‌صورت افزایش دما و کاهش بارندگی و نیز افزایش انتشار گاز دی‌اکسید کربن در دشت همدان- بهار، ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی این دشت در سال‌های آتی روندی کاهشی خواهد داشت که میزان تنزل آن در سناریوی بدبینانه‌ی A1B در افق‌های ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ به ترتیب برابر ۱۵/۵ و ۲۱/۸۸ درصد خواهد بود.

جدول ۳. پیش‌بینی تغییرات ارزش افزوده‌ی‌کشاورزی دشت همدان- بهار در مواجهه با تغییرات و نوسانات اقلیمی در افق‌های ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰

سناریو	تغییرات ناشی از تغییر اقلیم (درصد)		تغییرات ناشی از نوسانات اقلیمی (درصد)	
	افق ۲۰۵۰	افق ۲۱۰۰	افق ۲۰۵۰	افق ۲۱۰۰
A1B	-۱۵/۵۰	-۲۱/۸۸	-۱۸/۵۰	-۲۶/۴۷
A2	-۱۵/۱	-۲۰/۳۷	-۱۸/۲۷	-۲۴/۶۵
B1	-۱۵/۱	-۱۹/۲۵	-۱۸/۲۵	-۲۳/۲۹
میانگین	-۱۵/۲	-۲۰/۵	-۱۸/۳۴	-۲۴/۸۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

افزون بر این، همراه با وقوع نوسانات اقلیمی و متعاقب آن تغییرات عملکرد محصولات، ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی این دشت در سناریوی A1B در افق‌های ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ به ترتیب برابر ۱۸/۵ و ۲۶/۴۷ درصد کاهش خواهد یافت.

در مجموع از بررسی نتایج ارائه شده در جدول ۳ می‌توان دریافت که در نتیجه‌ی وقوع تغییرات اقلیم در افق‌های ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰، ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی دشت در میانگین پیش‌بینی‌های اقلیمی به ترتیب به میزان ۱۵/۲ و ۲۰/۵ درصد کاهش خواهد یافت. این در حالی است که وقوع نوسانات اقلیمی موجبات کاهش بیشتر در ارزش افزوده‌ی کشاورزی فراهم می‌نماید به طوری که در افق‌های ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰، میزان کاهش ارزش افزوده در میانگین سناریوهای اقلیمی به ترتیب برابر ۱۸/۳۴ و ۲۴/۸۰ درصد خواهد بود. نتایج مذکور مؤید آسیب‌پذیری بیشتر بخش کشاورزی دشت همدان- بهار نسبت به نوسانات اقلیمی در مقایسه با تغییرات اقلیم است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مطالعه‌ی حاضر، آثار تغییرات اقلیم و نیز نوسانات اقلیمی بر بخش کشاورزی دشت همدان- بهار با هدف پاسخگویی به این سؤالات که آیا وقوع تغییرات مذکور بر عملکرد محصولات زراعی و شاخص‌های اقتصادی بخش کشاورزی منطقه تأثیرگذار است یا خیر، مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور با استفاده از تلفیق مدل‌های اقتصادی، فیزیولوژی و هواشناسی، به پیش‌بینی تغییرات الگوی کشت منطقه در قالب سناریوهای اقلیمی پرداخته‌شد. نتایج حاصل از ارزیابی تغییرات اقلیم ناظر بر این واقعیت است که اگرچه با افزایش سطح انتشار دی‌اکسید کربن در منطقه، عملکرد محصولات زراعی تا حدودی بهبود می‌یابد اما این میزان بهبود در عملکرد، فاقد توانمندی لازم جهت جبران زیان ناشی از افزایش دما و کاهش بارندگی است و لذا در نتیجه‌ی تغییرات اقلیم مذکور، عملکرد اغلب محصولات کاهش خواهد یافت. همچنین نتایج حاصل از تحلیل اقتصادی تغییرات مذکور، نشان از کاهش ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی منطقه در سال‌های آتی دارد. به عبارت دیگر، در بدبینانه‌ترین پیش‌بینی، چنانچه تا افق ۲۱۰۰ در دشت همدان- بهار، دما به میزان ۲۱/۹ درصد افزایش، بارندگی به میزان ۱۷/۱ درصد کاهش و سطح انتشار دی‌اکسید کربن به میزان ۲۶/۸ درصد افزایش یابد، همگام با کاهش عملکرد اغلب

محصولات زراعی منطقه، ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی این دشت، در حدود ۲۲ درصد کاهش خواهد یافت. این در حالی است که در صورت بروز نوسانات اقلیمی در شرایط مذکور، ارزش افزوده‌ی کشاورزی در حدود ۲۶ درصد کاهش خواهد یافت. لذا میزان خسارت کشاورزان در مواجهه با نوسانات اقلیمی به میزان ۴ درصد بیش از وقوع تغییرات اقلیم است. لذا در چنین شرایطی، اتخاذ راهبردهای تطبیق و سازگاری با نوسانات اقلیمی در بخش کشاورزی، نقش مؤثری در کاهش خسارات احتمالی این پدیده خواهد داشت. با توجه به حصول نتایج فوق، پیشنهاد می‌گردد که در سال‌های آتی جهت انطباق و سازگاری با تغییرات اقلیمی، ارقام پربازده محصولات زراعی در بخش کشاورزی منطقه مورد استفاده قرار گیرند. بر این اساس، با توجه به درصد تغییرات عملکرد محصولات زراعی منطقه در سناریوهای اقلیمی، میزان بهبود مورد نیاز در متوسط بهره‌وری محصولات زراعی دشت، جهت جبران زیان ناشی از تغییرات اقلیم و نیز نوسانات اقلیمی آتی، در جدول ۴ ارائه گردیده‌است.

جدول ۴. درصد مورد نیاز بهبود بهره‌وری محصولات در سناریوهای اقلیمی جهت تطبیق با تغییرات اقلیم و نیز نوسانات اقلیمی منطقه در افق‌های ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰

	تطبیق با تغییرات اقلیم		تطبیق با نوسانات اقلیمی	
سناریو	۲۰۵۰	۲۱۰۰	۲۰۵۰	۲۱۰۰
A1B	۳/۴۲	۶/۰۱	۴/۱۱	۷/۲۷
A2	۲/۸۶	۴/۹۴	۳/۴۶	۶/۰۰
B1	۲/۶۴	۴/۳۳	۳/۱۹	۵/۲۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بر این اساس پیشنهاد می‌گردد که کشاورزان منطقه در افق‌های ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ به ترتیب از ارقامی با ۶/۵۶ و ۱۱/۲۶ درصد بازده بالاتر، در میانگین سناریوهای اقلیمی، استفاده نمایند. اتخاذ راهبرد مذکور، زیان ناشی از تغییرات اقلیم و نیز نوسانات اقلیمی در تولیدات زراعی دشت همدان- بهار را به‌طور کامل جبران خواهد نمود.

منابع

۱. خلیلی اقدم، ن. مساعدی، ا. سلطانی، ا. و کامکار، ب. (۱۳۹۱) ارزیابی توانایی مدل LARS-WG در پیش‌بینی برخی از پارامترهای جوی سنندج. مجله‌ی پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۱۹(۴): ۱۲۲-۸۵.

۲. سلطانی، ش. و موسوی، س. ح. (۱۳۹۴). کم‌آبیاری و بهبود فناوری آبیاری: راهبردهای بهینه‌ی سازگاری با تغییرپذیری اقلیم. مجله‌ی اقتصاد کشاورزی، ۹(۴): ۱۲۱-۱۴۹.

۳. سلطانی، ش. و موسوی، س. ح. (۱۳۹۵). تحلیل ریزمقیاس ماهیت تغییرپذیری‌های اقلیم و تعیین سناریوهای اقلیمی بخش کشاورزی در دشت همدان- بهار. مجله‌ی اقتصاد کشاورزی، ۱۰(۳): ۱۵۵-۱۷۴.

۴. شهرکی، ج.، صبوحی صابونی، م. و یعقوبی، م. (۱۳۹۶). تحلیل اثر تغییرات اقلیم بر تولیدکنندگان گندم با رویکرد تابع تولید تصادفی. مخاطرات محیط طبیعی، ۶ (۱۱): ۷۰-۸۶.

۵. مسعودیان، س. ا. (۱۳۹۱)، آب و هوای ایران، ویرایش اول، اصفهان.

6. Balali, H., Khalilian, S., Viaggi, D., Bartolini, F. & Ahmadian, M. (2011). Groundwater balance and conservation under different water pricing and agricultural policy scenarios: A case study of the Hamedan-Bahar plain. Ecological Economics, 70: 863-872.
7. Barnwal, P. & Kotani, K. (2013). Climatic impacts across agricultural crop yield distribution: An application of quantile regression on rice in Andhra Pradesh, India. Ecological Economics, 87: 95-109.
8. Cabas, J., Weersink, A. & Olale, E. (2010b). Crop yield response to economic, site and climatic variable. Climate Change, 101: 599-616.
9. Feiveson, A. (2012). TRYEM: Stata module to run all possible subset regressions. Statistical Software Components.
10. Gornal, J., Betts, R., Burke, E., Clark, R., Camp, J. (2010). Implications of climate change for agricultural productivity in early twenty-first century. Philosphical Transactions of the Royal Society of London. Biological Sciences, 365(1554): 2973-2989.
11. Hope, c., (2005). Integrated assessment models. In D.Helm (Ed.), *climate change policy*: 77-98. Oxford: Oxford University Press.
12. Kemfert, C., (2009). Climate protection requirements- the economic impact of climate change. *Handbook Utility Management*.
13. Redsma, P., Lansink, A. O., Ewert, F., (2009). Economic impacts of climatic variability and subsidies on European agriculture and observed adaptation strategies. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*. 14: 35-59.
14. Reilly, J., (1999). What does climate change mean for agriculture in developing countries? A comment on Mendelsohn and Dinar. *World Bank Obs*. 14; 295-305.

15. Sarker, M. A. R. Alam, K. & Grow, J. (2014). Assessing the effects of climate change on rice yield: An econometrics investigation using Bangladeshi panel data. Economic Analysis and Policy, 44(4): 405-416.
16. Tol, R., Downing, T., Kuik, O., Smith, J., (2004). Distributional aspects of climate change impacts. Global Environmental Change (special edition on the benefits of climate policy part A): 259-272.

Climate Change or Climatic Fluctuations? Evaluation of Vulnerability of Agricultural Sector in Hamedan-Bahar Plain

Abstract

The phenomena of rising temperatures and falling rainfall as part of the effects of climate change in the coming years will be the prevailing event of most plains in Iran. But in addition to the average amount of weather variables, climate fluctuations also have a significant effect on the growth of agricultural crops. Therefore, the temperature and precipitation limits also affect the yield of agricultural products. Accordingly, in the present study, the potential effects of climate change and climatic fluctuations on the Hamedan-Bahar plain cultivation pattern were compared quantitatively and the effect of crop yield in dealing with these changes, and consequently, agricultural value added changes. The results showed that the change in the mean of climate measures as well as the fluctuations of these variables had a negative effect on the agricultural sector of the plain, and in the most optimistic prediction, respectively, the depreciation of agricultural sector in the plain would be about 20 and 25 percent to the 2100 horizon. These results confirm the vulnerability of the agricultural sector in the face of climate fluctuations. However, improving agricultural productivity by 11.26 percent will offset the losses.

JEL Classification: C02, C22, C46, Q54

Keywords: Climate parameters, feiveson algorithm, stochastic production function, crop pattern, value added