نشریه علمی پژوهشهای اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)
مقاله پژوهشی/ سال بیست و سوم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۲، ص: ۲۷۴-۲۴۹

ارزیابی آثار تغییرات اقلیم بر گسترش ناامنی غذایی با تأکید بر نقش مدیریت منابع آب در دشت همدان- بهار

شیوا سلطانی[۱]
سید حبیب‌الله موسوی[۲]
صادق خلیلیان[۳]
حامد نجفی علمدارلو[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۵ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۱/۶/۲۸

چکیده

وقوع تغییرات اقلیم، از طریق ایجاد تغییر در عرضه و قیمت محصولات کشاورزی، مازاد اقتصادی تولیدکنندگان این بخش را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. این اثرات در حالی است که بر اساس مطالعات پیشین، تغییرات اقلیم در دهه‌های آتی، پدیده‌ای مشهود در اغلب دشت‌های ایران خواهد بود؛ که تبعات منفی بر منابع آب و در پی آن، بر تولید محصولات کشاورزی و امنیت غذایی خواهد داشت. لذا با توجه به اهمیت تأمین غذا در فرایند توسعهٔ اقتصادی، تأثیرپذیری امنیت غذایی از تغییرات اقلیم و بررسی آثار رفاهی این پدیده در کشورمان، ضروری است. با توجه به این رویکرد، در مطالعهٔ حاضر، آثار بالقوهٔ پیش‌بینی‌های مختلف اقلیمی بر الگوی کشت دشت همدان- بهار، با در نظر گرفتن سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ به عنوان سال پایه، مورد بررسی قرار گرفت و میزان تأثیرپذیری عملکرد محصولات، منابع آب زیرزمینی، تولید، درآمد و متعاقب آن، امنیت غذایی در بخش کشاورزی این دشت ارزیابی شد. نتایج نشان داد که با در نظر گرفتن رویکردی خوش‌بینانه در پیش‌بینی تغییرات اقلیم، همگام با افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی به میزان ۱۳ درصد، افزایش میانگین قیمت محصولات کشاورزی به میزان ۳۴ درصد و کاهش تولید به میزان ۵ درصد در دورهٔ برنامه‌ریزی ۲۰ سالهٔ تحقیق نسبت به سال پایه، ارزش حال درآمد خالص تولیدکنندگان و شاخص امنیت غذایی در بخش کشاورزی منطقه، به ترتیب، به میزان ۱۷ و ۱۱ درصد کاهش خواهد یافت. با این حال، اتخاذ راهبرد مدیریتی کم‌آبیاری، بهبود امنیت غذایی دشت به میزان ۱۱ تا ۱۵ درصد را در پی خواهد داشت.

واژگان کلیدی: بارش، تولید، آب زیرزمینی، الگوهای پویا، ناامنی غذایی
طبقه‌بندی JEL: Q54, Q25, C61, C46, C33, C22, C02

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس sh.soltani@modares.ac.ir
۲. دانشیار اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسؤول) shamosavi@modares.ac.ir
۳. دانشیار اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس khalil_s@modares.ac.ir
۴. دانشیار اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس hamed_najafi@modares.ac.ir

مقدمه

نتایج مطالعات جمعیت‌شناسی، گویای آن است که جمعیت جهان از تعداد ۶ میلیارد نفر در سال ۱۹۹۸، با نرخی برابر با ۱/۸ درصد در سال افزایش یافته‌است و این انتظار وجود دارد که تا سال ۲۰۵۰ برابر ۹/۴ میلیارد نفر گردد (سازمان غذا و کشاورزی[1]، ۲۰۲۲). روند فزایندهٔ رشد جمعیت از یک سو و محدودیت منابع تولید محصولات کشاورزی از سویی دیگر، موجب شده است که به‌رغم صنعتی شدن جوامع بشری، ناامنی غذایی در نقاط مختلف جهان و بالاخص در کشورهای در حال توسعه، مشاهده گردد (لیپر و همکاران[2]، ۲۰۱۴).

بر اساس گزارشات موجود، تعداد افراد مواجه با ناامنی شدید غذایی در سطح جهان در سال ۲۰۱۹ برابر ۸۰۶ میلیون نفر برآورد شده است که این رقم در حدود ۱۱ درصد جمعیت کرهٔ زمین را شامل می‌شود (بانک جهانی[3]، ۲۰۲۲). اگر چه شیوع ناامنی غذایی از سال ۱۹۹۰، روندی کاهنده را آغاز نموده، اما میزان پیشرفت جهانی در بهبود بحران مذکور، اندک و دارای فاصله‌ای شایان توجه از اهداف توسعهٔ هزاره است (برونسما[4]، ۲۰۱۷).

بررسی شرایط امنیت غذایی کشور ایران در سال‌های اخیر، نشان می‌دهد که شیوع سوء تغذیه، به عنوان یکی از معیارهای اصلی ناامنی غذایی، از مقدار ۴/۸ درصد در سال ۲۰۰۱ به مقدار ۵/۵ درصد در سال ۲۰۱۹ رسیده است (بانک جهانی، ۲۰۲۲). همچنین درصد جمعیت مواجه با ناامنی غذایی در مناطق شهری و روستایی کشور ایران، از نظر میزان انرژی دریافتی، به ترتیب، برابر ۴۲ و ۳۶ درصد و از نظر میزان پروتئین دریافتی، به ترتیب، برابر ۳۷ و ۳۳ درصد گزارش شده‌است (رضایی‌فر و همکاران[5]، ۲۰۲۲). افزون بر این، بررسی‌های دقیق‌تر نشان از کاهش دسترسی افراد جامعه به مواد ریزمغذی همچون آهن و ویتأمین‌های مختلف در رژیم غذایی افراد دارد. به عبارت دیگر، همگام با رشد ناامنی غذایی در خلال دهه‌های اخیر، لزوم توجه به تغییرات در الگوی غذایی و بهبود کیفیت رژیم غذایی، از جمله چالش‌های پیش رو در بحث امنیت غذایی کشور است (سلطانی و همکاران[6]، ۲۰۲۲).

چهارچوب نظری تحقیق

مفهوم امنیت غذایی، به منظور تشریح وضعیت کل جهان، یک کشور یا منطقه، یک خانوار و یا یک فرد، در رابطه با تأمین انرژی غذایی به کار می‌رود (پاک‌روان و همکاران[7]، ۲۰۱۵). در تبیین این مفهوم، آنچه که بیش از دیگر تعاریف مورد پذیرش جامعهٔ جهانی واقع شده، تعریفی است که در

1. Food and Agriculture Organization (2022)
2. Lipper *et al*. (2014)
3. World Bank (2022)
4. Bruinsma (2017)
5. Rezaeifar *et al*. (2022)
6. Soltani *et al*. (2022)
7. Pakravan *et al*. (2015)

اجلاس جهانی غذا در سال ۱۹۹۶ مطرح گردید. بر این اساس، امنیت غذایی نمایان‌گر شرایطی است که در آن، کلیهٔ آحاد مردم در تمامی ادوار، برای تأمین نیازهای یک زندگی سالم، از نظر فیزیکی و اقتصادی به غذای کافی، سالم و مغذی دسترسی دارند (رضایی‌فر و همکاران[1]، ۲۰۲۲). امنیت غذایی در مقایسه با مفهوم کشاورزی پایدار، از وسعت بیشتری برخوردار است و جهت تحقق آن، لازم است که به منابع تولید غذا، درآمد و معیشت خانوار، نیازهای غذایی افراد، چگونگی توزیع غذا در سرزمین، میزان هدررفت غذا، مشکلات ساختاری جمعیت و همچنین حفاظت و احیای منابع مورد نیاز تولید نیز توجه کافی مبذول گردد (ابوریساد و باچ[2]، ۲۰۱۴).

ارکان اصلی امنیت غذایی را می‌توان شامل: (۱) موجود بودن، (۲) توانایی تهیه و تأمین، (۳) بهره‌برداری و (۴) ثبات در دریافت مواد غذایی برشمرد. موجود بودن غذا، کفایت وجود مواد غذایی در مرزهای ملی یک کشور از طریق تولید داخل و واردات را مورد بحث قرار می‌دهد. بعد تأمین مواد غذایی، بر توانایی خانوارها برای خرید مقدار کافی غذا تمرکز دارد و به بیان دقیق‌تر، دسترسی فیزیکی و اقتصادی افراد به غذای کافی را بررسی می‌نماید. بعد بهره‌برداری از مواد غذایی، میزان جذب ریزمغذی‌ها توسط افراد را مورد بحث قرار می‌دهد و در واقع، تناسب رژیم غذایی افراد با نیازمندی‌های یک زندگی سالم، در این بعد مورد توجه است. در نهایت، در بعد چهارم، جهت تحقق امنیت غذایی، لازم است که غذای سالم و کافی در تمام زمان‌ها در اختیار افراد قرار گیرد و پیامدهای شوک‌های اقتصادی یا بحران‌های اقلیمی نباید در این خصوص ایجاد اخلال نمایند (جوزی و همکاران[3]، ۲۰۲۰).

اثرگذاری متغیرهای اقلیمی بر تولیدات بخش کشاورزی و امنیت غذایی در مناطق مختلف، یکی از تمایزهای وابسته به اقلیم محسوب می‌شود که فرایند رشد و توسعهٔ درونی بخش کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (موسوی و همکاران[4]، ۲۰۱۸). این در حالی است که بر اساس مطالعات پیشین، تغییرات اقلیم در دهه‌های آتی، پدیده‌ای مشهود در اغلب دشت‌های ایران خواهد بود و این موضوع تبعات منفی بر منابع آب، تولید محصولات کشاورزی و امنیت غذایی خواهد داشت (سلطانی و همکاران[5]، ۲۰۲۲). لذا با توجه به اهمیت تأمین غذا در فرایند توسعهٔ اقتصادی، تأثیرپذیری امنیت غذایی از تغییرات اقلیم و بررسی آثار رفاهی این پدیده در کشورمان، ضروری است.

بیان مسألهٔ تحقیق

حوضهٔ آبخیز همدان- بهار، با وسعت ۲۴۷۵ کیلومتر مربع واقع در استان همدان، از جمله مناطق کشور است که وقوع تغییرات اقلیم به صورت افزایش دما و کاهش بارندگی در آن، در بسیاری از مطالعات پیشین تأیید شده است (موسوی و همکاران[6]، ۲۰۲۰). اقلیم این دشت، سرد و نیمه خشک

1. Rezaeifar *et al*. (2022)
2. Aborisade & Bach (2014)
3. Jozi *et al*. (2020)
4. Mosavi *et al*. (2018)
5. Soltani *et al*. (2022)
6. Mosavi *et al*. (2020)

با میانگین بلندمدت سالانهٔ دما و بارش تجمعی، به ترتیب، برابر با ۱۱ درجهٔ سانتی‌گراد و ۳۱۲ میلی‌متر است. بر اساس آمار موجود، در حدود ۱۴۴ هزار هکتار از اراضی دشت همدان- بهار در قالب فعالیت‌های زراعی، بهره‌برداری می‌شود که بیش از ۶۸ درصد آن، به تولیدات دیم اختصاص دارد (سازمان جهاد کشاورزی ایران[1]، ۲۰۲۲).

در دهه‌های اخیر، برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی این منطقه افزایش یافته، و لذا ممنوعیت توسعهٔ بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی دشت همدان- بهار از سال ۱۳۷۲، به دلیل منفی شدن بیلان آب، اعمال شده‌است (سازمان آب منطقه‌ای استان همدان[2]، ۲۰۲۲). از این رو، با توجه به شرایط موجود در این دشت از لحاظ تغییرات اقلیم و منابع آب، این انتظار وجود دارد که مقادیر عرضه و قیمت محصولات، سودآوری تولید، مازادهای اقتصادی و متعاقب آن، امنیت غذایی در بخش کشاورزی این منطقه، دستخوش نوسان گردد. لذا به منظور سیاست‌گذاری مؤثر جهت سازگاری با شرایط جدید اقلیمی، برآوردهای صحیحی از تغییرات امنیت غذایی در این دشت که در نتیجهٔ تغییرات اقلیم ایجاد خواهد شد، مورد نیاز است (معززی و همکاران[3]، ۲۰۲۰).

موضوعات مرتبط با تغییرات اقلیم و امنیت غذایی، در بسیاری از مطالعات پیشین مورد بحث قرار گرفته‌اند که در ادامه، به تفکیک مطالعات داخلی و خارجی ارائه شده است.

پژوهش‌های انجام شده در خارج از کشور

بورلیزی و همکاران[4] (۲۰۱۷)، با بهره‌گیری از اطلاعات درآمد و مخارج خانوارها و محاسبهٔ شاخص امنیت غذایی HCES[5]، مناطق مواجه با ناامنی غذایی در کشور برزیل و نیز میزان آسیب‌پذیری بخش کشاورزی این مناطق در مواجهه با تغییرات اقلیم را شناسایی نمودند.

گوهر و کاشمن[6] (۲۰۱۶)، با استفاده از ترکیب الگوهای اقتصادی و هیدرولوژیکی، نشان دادند که تغییرات اقلیم، آثار منفی بر منابع آب، عرضهٔ محصول، مازاد مصرف‌کنندگان و امنیت غذایی دارد. با این حال، افزایش قیمت محصولات کشاورزی در این شرایط، بسته به نوع محصول و تکنولوژی آبیاری، فرصت کسب منافع بیشتر برای برخی از تولیدکنندگان را فراهم می‌آورد.

بررسی شاخص امنیت غذایی در کشور عمان در مطالعهٔ کاتاگاما و همکاران[7] (۲۰۱۵)، نیز نشان داد که افزایش شدید شاخص قیمت مواد غذایی در سال ۲۰۰۸ در نتیجهٔ تبعات منفی تغییرات اقلیم بر بخش کشاورزی، ناامنی غذایی را در این کشور در پی داشته‌است که افزایش درآمد سرانه و توزیع مناسب آن در میان خانوارها، بهبود شرایط مذکور را موجب خواهد شد.

1. Iran Ministry of Agriculture Jihad (2022)
2. Regional Water Company of Hamadan (2022)
3. Moazzezi *et al*. (2020)
4. Borlizzi *et al*. (2017)
5. Household Consumption Expenditure Surveys
6. Gohar & Cashman (2016)
7. Kotagama *et al*. (2015)

بلومی و همکاران[1] (۲۰۱۴)، به بررسی تأثیر متغیرهای اقلیمی و غیر اقلیمی بر امنیت غذایی در ۱۰ کشور آفریقایی در خلال سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۱ پرداختند و با در نظر گرفتن معیارهایی چون میزان تولید مواد غذایی، نرخ مرگ و میر کودکان زیر پنج سال و امید به زندگی، به عنوان شاخص‌های سنجش امنیت غذایی، دریافتند که تولید ناخالص داخلی سرانه، نرخ تورم، نرخ رشد جمعیت و زمین‌های زیر کشت غلات از جمله عوامل مؤثر بر امنیت غذایی هستند. در بین عوامل اقلیمی نیز، افزایش میزان بارش و دما، به ترتیب، دارای تأثیر مثبت و منفی بر امنیت غذایی بودند.

سانگو[2] (۲۰۱۲)، اذعان داشت که افزایش جهانی قیمت مواد غذایی همگام با تغییرات آب و هوایی در سال ۲۰۱۱، دارای تبعات منفی بر امنیت غذایی کشورهای آفریقایی بوده‌است. نتایج، همچنین نشان داد که به‌رغم کفایت تولید در تأمین نیازهای داخل، ذخیرهٔ محصول و توزیع آن در بین خانوارها، به دلیل محدودیت سیلو ناممکن بوده، که این موضوع، فروش مازاد تولید محصولات با قیمت نازل و کاهش درآمد کشاورزان را در پی داشته‌است.

سودارانتو[3] (۲۰۱۰)، در مطالعه‌ای، سیاست‌های امنیت غذایی همچون کاهش تعرفهٔ واردات محصولات کشاورزی، اعطای یارانهٔ سوخت به مزارع کوچک، ایجاد زیرساخت‌های آبیاری، استفاده از بذرهای پربازده، اختصاص یارانه به نهاده‌های کشاورزی و استفاده از نرخ بهرهٔ یارانه‌ای برای اعتبارات کشاورزی در کشور مالزی را مورد بحث قرار داد و دریافت که استمرار سیاست‌های مذکور، بهبود کمی و کیفی دسترسی خانوارها به مواد غذایی، و در مجموع، بهبود تدریجی شاخص امنیت غذایی در این کشور را در پی داشته است.

نتایج مطالعهٔ وانگ[4] (۲۰۱۰)، در بررسی آثار متغیرهای اقتصادی و اقلیمی بر امنیت غذایی کشور چین در دورهٔ ۲۰۰۷-۱۹۸۵، نیز این موضوع را تأیید می‌کند که افزایش دما و کاهش بارندگی در مقایسه با افزایش قیمت مواد غذایی، تأثیر منفی بیشتری بر امنیت غذایی منطقه داشته‌است.

پژوهش‌های انجام شده در داخل کشور

معززی و همکاران[5] (۲۰۲۰)، ارزیابی آثار تغییرات اقلیم بر بهره‌وری آب و امنیت غذایی در دشت همدان- بهار را در دستور کار خود قرار دادند. نتایج، نشان داد که به موجب افزایش دما، کاهش بارندگی، کاهش عرضهٔ آب و متعاقب آن، کاهش عملکرد اغلب محصولات اساسی و افزایش عملکرد برخی محصولات همچون صیفی‌جات، در بدبینانه‌ترین پیش‌بینی اقلیمی در افق ۲۰۷۰، زیانی به میزان ۴۹۰ میلیارد ریال به کشاورزان منطقه تحمیل خواهد شد.

1. Belloumi *et al*. (2014)
2. Songew (2012)
3. Sudaryanto (2010)
4. Wang (2010)
5. Moazzezi *et al*. (2020)

بنی اسدی و همکاران[1] (۲۰۱۸)، با ارزیابی تغییرات مازاد اقتصادی گندم‌کاران دشت ارزوئیه در نتیجهٔ افت سطح آب زیرزمینی، دریافتند که کاهش رفاه بخش کشاورزی دشت در نتیجهٔ کسری مخزن سفرهٔ آب زیرزمینی، برابر ۱۲۹ میلیارد ریال است که جهت تخفیف یافتن تبعات تغییرات مذکور بر امنیت غذایی دشت، لازم است راهکارهایی همچون خاموشی اجباری موتورپمپ‌ها، کاهش سطح زیرکشت محصولات آب‌بر و افزایش مشارکت کشاورزان در مدیریت منابع آبی منطقه، اندیشیده شود.

نتایج مطالعهٔ پرهیزکاری و یزدانی[2] (۲۰۱۷)، در ارزیابی آثار اقتصادی و هیدرولوژیکی تغییرات اقلیم در حوضهٔ آبخیز خررود واقع در استان قزوین، نشان داد که تغییرات اقلیم به‌صورت کاهش میانگین بارش سالانه تحت سناریوهای ملایم تا شدید، به ترتیب، کاهش ۱۱/۳ تا ۲۳ درصدی در منابع آب، افزایش ۷/۰۸ تا ۱۵/۲۲ درصدی در ارزش اقتصادی آب، کاهش ۵/۱۴ تا ۱۶/۳۹ درصدی در مجموع سطوح زیر کشت محصولات آبی و در نهایت، کاهش ۶/۵۸ تا ۱۳/۴۱ درصدی در سود ناخالص کشاورزان نسبت به سال پایه را در پی خواهد داشت. همچنین، نتایج نشان داد که مجموعه تغییرات مذکور موجب کاهش امنیت غذایی در میان خانوارهای کشاورز منطقه می‌گردد.

نیکویی و زیبایی[3] (۲۰۱۲)، به منظور بررسی ابعاد امنیت غذایی در حوضهٔ آبریز زاینده‌رود، از طریق تدوین الگوی جامع برنامه‌ریزی ریاضی با توجه به محدودیت‌های اقتصادی و هیدرولوژیکی، دریافتند که در شرایط عرضهٔ نرمال منابع آب، امکان افزایش ۱۷ درصدی تولید محصولات کشاورزی در راستای بهبود امنیت غذایی وجود دارد.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در اغلب مطالعات مرتبط با آثار تغییرات اقلیم بر بخش کشاورزی، مازادهای اقتصادی تحت عنوان امنیت غذایی تعبیر شده‌اند. لذا اثرگذاری تغییرات اقلیم بر شاخص امنیت غذایی و تحلیل دقیق شرایط ناامنی غذایی با در نظر گرفتن معیارهای مختص این پدیده، کمتر مورد توجه محققان بوده است. با توجه به این رویکرد، در مطالعهٔ حاضر، آثار بالقوهٔ تغییرات اقلیم بر الگوی کشت دشت همدان- بهار مورد بررسی قرار گرفت و میزان تأثیرپذیری شاخص امنیت غذایی در میان خانوارهای کشاورز این منطقه، به صورت کمی ارزیابی شد. به بیان دقیق‌تر، اهداف تحقیق حاضر به شرح زیر است:

۱- بررسی آثار تغییرات اقلیم بر الگوی کشت دشت همدان- بهار؛

۲- بررسی آثار تغییرات اقلیم بر درآمد تولیدکنندگان در دشت همدان- بهار؛

۳- بررسی آثار تغییرات اقلیم بر امنیت غذایی خانوارهای کشاورز در دشت همدان- بهار.

بدیهی است، سنجش میزان امنیت غذایی در مواجهه با کاهش رفاه ناشی از تغییرات اقلیم آتی، معیاری مناسب جهت پیش‌بینی عملکرد تغذیه‌ای اقشار مختلف جامعه را ارائه می‌دهد. پاسخ به این سؤال که خانوارهای شهری و روستایی و بویژه گروه‌های کم‌درآمد، تا چه حد می‌توانند نیازهای غذایی

1. Baniasadi *et al*. (2018)
2. Parhizkari & Yazdani (2017)
3. Nikouei & Zibaei (2012)

خود را تأمین نمایند، راهگشای حوزهٔ تصمیم‌گیری در خصوص سیاست‌های حمایتی مرتبط با مفاهیم فقر و امنیت غذایی خواهد بود.

روش تحقیق

در مطالعهٔ حاضر، به منظور ارزیابی آثار تغییرات اقلیم بر امنیت غذایی خانوارهای کشاورز در دشت همدان- بهار، ابتدا به پیش‌بینی تغییرات اقلیم منطقه از طریق ریزمقیاس‌نمایی سنجهٔ اقلیمی بارش در مدل مولد داده‌های هواشناسی LARS-WG در سطح ایستگاه سینوپتیک منطقه و با بهره‌گیری از اطلاعات سناریوهای SSP در مدل گردش عمومی جو CMIP6، با در نظر گرفتن دورهٔ مشاهداتی ۱۳۹۷-۱۳۶۸، در یک افق برنامه‌ریزی ۲۰ ساله پرداخته شد. سناریوهای SSP، با بهره‌گیری از مجموعه‌ای از اطلاعات کمی و کیفی، پیشرفت‌های احتمالی در انتشار گازهای گلخانه‌ای را در سطح جهان مورد بحث قرار می‌دهند.

در سناریوی SSP1 که نمایان‌گر سطوح پایین انتشار در مقایسه با سایر سناریوها است، چالش‌های کمتری جهت سازگاری با تغییرات آب و هوایی وجود دارد؛ زیرا رشد سریع درآمد همگام با کاهش قابل ملاحظهٔ اتکا به منابع طبیعی از طریق تغییرات تکنولوژی، منتج به ارتقاء سطح تحصیلات، کاهش نرخ باروری و در نتیجه کاهش نرخ رشد جمعیت خواهد شد.

در سناریوی SSP2، روند کنونی انتشار گازهای گلخانه‌ای، کم و بیش ادامه خواهد داشت. با دستیابی به سطح متوسطی از پیشرفت درآمد، نرخ رشد اقتصادی، بویژه در کشورهای کمتر توسعه یافته، بسیار کندتر از شرایط کنونی خواهد بود. در این سناریو، چالش‌های اساسی و نه چندان شدید برای سازگاری با آثار تغییر سنجه‌های اقلیمی وجود دارد.

در سناریوی SSP3، نرخ رشد اقتصادی در ترکیبی از عوامل متعدد همچون فقدان همکاری‌های بین‌المللی، پیشرفت اندک تکنولوژی، عدم توسعهٔ فناوری‌های پاک، سطح پایین آموزش و رشد فزایندهٔ جمعیت، بسیار کند فرض شده است. در این سناریو، سطوح کم درآمد در کشورهای در حال توسعه، چالش‌های جدی برای سازگاری با پدیدهٔ گرمایش جهانی را نمایان می‌دارد (آبسار و پرستون[1]، ۲۰۱۵؛ بوهملت[2]، ۲۰۱۷).

در ادامه، چگونگی اثرگذاری مقادیر پیش‌بینی شدهٔ بارش بر میزان تبخیر و تعریق محصولات زراعی (ET)، در قالب رابطهٔ ۱ ارائه شده است (گاربرچت و همکاران[3]، ۲۰۰۴؛ ایرماک و همکاران[4]، ۲۰۱۳). در این رابطه، برآورد پارامترهای β_1 و β_2 با بهره‌گیری از اطلاعات سالانهٔ تبخیر و تعرق محصولات زراعی و نیز اطلاعات مرتبط با بارش تجمعی سالانه (Pr) ارائه شده توسط ایستگاه‌های

1. Absar & Preston (2015)
2. Bohmelt (2017)
3. Garbrecht *et al*. (2004)
4. Irmak *et al*. (2013)

هواشناسی منطقه در دورهٔ ۱۳۹۷-۱۳۶۸، از طریق روش GME[1] میسر گردید (هانگ و همکاران[2]، ۲۰۱۲).

$$\mathrm{ET_{akct}} = \beta_{1_{ak}} * \mathrm{Pr_{ct}} - \beta_{2_{ak}} * (\mathrm{Pr_{ct}})^2 \quad (۱)$$

در گام بعدی، جهت تعیین مقادیر عملکرد محصولات کشاورزی منطقه در مواجهه با تغییرات تبخیر و تعرق، از رابطهٔ ۲ استفاده شد. در خصوص رابطهٔ میان عملکرد محصولات کشاورزی و تبخیر و تعریق، بسیاری از محققان اذعان داشتند که با توجه به اینکه کاربرد آب اضافی بیش از نقطهٔ بیشینهٔ تبخیر و تعرق، بهبود عملکرد محصول را در پی نخواهد داشت، شکل تبعی درجهٔ دوم از نظر آماری قوی‌تر است (ژانگ و همکاران[3]، ۱۹۹۹؛ لی و همکاران[4]، ۲۰۰۲). لذا در این تحقیق، با بهره‌گیری از اطلاعات مرتبط با عملکرد و تبخیر و تعرق محصولات زراعی منطقه در دورهٔ ۱۳۹۷-۱۳۶۸، به برآورد پارامترهای α_1 و α_2 در قالب رابطهٔ ۲ و با استفاده از روش GME پرداخته شد. بدیهی است پس از محاسبهٔ مقادیر عملکرد محصولات، با استفاده از مقادیر سطح زیر کشت محصولات در هر سناریوی اقلیمی، می‌توان تغییرات تولید بخش کشاورزی منطقه را ارزیابی نمود.

$$\mathrm{Yield_{akct}} = \alpha_{1_{ak}} * \mathrm{ET_{akct}} + \alpha_{2_{ak}} * (\mathrm{ET_{akct}})^2 \quad (۲)$$

در ادامه، اثرگذاری تغییرات اقلیم بر منابع آب زیرزمینی دشت، با استفاده از رابطهٔ ۳ ارزیابی شد.

$$\mathrm{SV_{ct}} = \mathrm{SV_{ct-1}} + \mathrm{Seep_{ct}} - \sum_a \sum_k \mathrm{GP_{akct}} - \overline{\mathrm{Ur}}_{\mathrm{ct}} \quad (۳)$$

بر اساس رابطهٔ فوق، میزان ذخیرهٔ آبخوان دشت همدان- بهار در هر سال ($\mathrm{SV_t}$)، به ذخیرهٔ آبخوان در سال پیشین ($\mathrm{SV_{t-1}}$)، میزان نفوذ به آبخوان (Seep) و نیز مقادیر برداشت کشاورزی (GP) و غیرکشاورزی ($\overline{\mathrm{Ur}}$) از سفرهٔ آب زیرزمینی در سال جاری وابسته خواهد بود (گوهر و کاشمن[5]، ۲۰۱۶). همچنین در این رابطه، میزان نفوذ به سفرهٔ آب زیرزمینی، به صورت اختلاف میان حجم بارش دریافتی و مجموع تبخیر و تعریق محصولات کشاورزی در هر سال ارائه شد و با توجه به ناچیز بودن منابع آب سطحی منطقهٔ تحقیق، از اعمال حجم رواناب در این خصوص اجتناب شد (صفری شاد و همکاران[6]، ۲۰۱۷؛ بیات‌ورکشی و همکاران[7]، ۲۰۱۸).

در ادامه، جهت شبیه‌سازی تغییرات الگوی کشت منطقه در مواجهه با تغییرات اقلیم، از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت پویا در شرایط درونزایی قیمت استفاده شد. رهیافت مذکور، افزون بر ارزیابی

1. General Maximum Entropy
2. Huang *et al*. (2012)
3. Zhang *et al*. (1999)
4. Liu *et al*. (2002)
5. Gohar & Cashman (2016)
6. Safari Shad *et al*. (2017)
7. Bayatvarkeshi *et al*. (2018)

جزییات الگوی کشت، با ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا، در تعیین قیمت‌های تعادلی محصولات اهتمام می‌ورزد (کیانی قلعه‌سرد و همکاران[1]، ۲۰۲۰).

در حالت کلی، یک الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP[2]) در سه مرحله انجام می‌شود (هویت[3]، ۱۹۹۵): در مرحلهٔ نخست، یک مدل برنامه‌ریزی خطی به همراه محدودیت‌های واسنجی و محدودیت‌های منابع، با هدف برآورد قیمت‌های سایه‌ای سطح زیر کشت محصولات، تدوین می‌شود. در گام دوم، مقادیر دوگان مورد بحث، برای برآورد مشخصه‌های تابع هدف غیرخطی استفاده می‌گردد، به‌گونه‌ای که سطوح فعالیت‌های مشاهده‌ای در دورهٔ پایه توسط الگوی غیرخطی مذکور و بدون استفاده از محدودیت‌های واسنجی بازتولید می‌شوند. تابع هدف غیرخطی در مرحلهٔ دوم، با قراردادن یک تابع هزینهٔ غیرخطی در تابع هدف مرحلهٔ اول به‌دست می‌آید. در نهایت در گام سوم، تابع هزینهٔ غیرخطی، در یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی همراه با دیگر محدودیت‌ها استفاده می‌شود.

در الگوی PMP پویا، مسألهٔ تحقیق در یک دورهٔ زمانی تحت عنوان افق برنامه‌ریزی، شبیه‌سازی می‌گردد. با فرض سالانه بودن گام زمانی در افق برنامه‌ریزی تحقیق، متغیرهای تصمیم در هر سال بر اساس نتایج سال قبل تعیین می‌شوند. در واقع در این الگو، مراحل سه‌گانهٔ مدل PMP در هر یک از سال‌های افق برنامه‌ریزی اجرا می‌شود و محدودیت واسنجی در هر سال بر اساس نتایج سال پیشین اعمال می‌گردد. در نهایت، نتایج الگو در کل افق برنامه‌ریزی تجمیع خواهد شد (راوند و همکاران[4]، ۲۰۱۸).

در ادامه، الگوی تجربی تحقیق حاضر مشتمل بر ۱۸ محصول زراعی، بر اساس اطلاعات سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ به عنوان سال پایه و در یک افق برنامه‌ریزی ۲۰ ساله ارائه شده است. در این الگو، معادلات هیدرولوژیکی، شرایط پویایی مدل را فراهم و متغیرهای مربوط به آبخوان و تغییرات آن را از سالی به سال دیگر، شبیه‌سازی می‌نماید. به این ترتیب، تخصیص نهاده‌ها در افق برنامه‌ریزی، به ظرفیت آبخوان در طول زمان بستگی خواهد داشت. رابطهٔ ۴، تابع هدف این الگو را به صورت بیشینه‌ساز ارزش حال درآمد خالص مزرعه (PTNB[5])، ارائه می‌نماید.

$$\mathrm{PTNB_c} = \sum_a \sum_k \sum_t \frac{[(\mathrm{P_{act}} * \mathrm{Yield_{akct}} - \mathrm{ATC_{akct}}) * \mathrm{X_{akct}} - \mathrm{WC}]}{(1+r)^t} \qquad (۴)$$

که در این رابطه، c، t، a و k، به ترتیب، نمایان‌گر سناریوی اقلیمی، زمان، نوع محصول و تکنولوژی آبیاری است. همچنین P قیمت محصول، Yield عملکرد محصول، ATC متوسط هزینهٔ تولید در هکتار، WC هزینهٔ مستقیم آبیاری، X سطح زیرکشت و r نرخ بهره است. هزینهٔ مستقیم آبیاری، به تعرفهٔ آب جهت استفاده در سیستم‌های نوین آبیاری اشاره دارد. متوسط هزینهٔ تولید در هکتار،

1. Kiani Ghalehsard *et al*. (2020)
2. Positive Mathematical Programming
3. Howitt (1995)
4. Ravand *et al*. (2018)
5. Present Total Net Benefit

همان‌طور که در رابطهٔ ۵ نیز مشهود است، در قالب هزینه‌های غیر آبی (NWC)، هزینه‌های سرمایه‌ای سیستم آبیاری (CC) و هزینهٔ انرژی مصرفی جهت پمپاژ آب (PC)، تفکیک شده است. هزینه‌های غیرآبی شامل هزینه‌های مرتبط با زمین، نیروی کار، کودهای شیمیایی و ماشین‌آلات هستند. هزینه‌های سرمایه‌ای (رابطهٔ ۶) نیز به مواردی همچون هزینهٔ خرید سیستم آبیاری (CCS)، نرخ بهره، طول عمر سیستم آبیاری (SL) و میزان یارانهٔ پرداختی دولت در این خصوص (Subsidy) وابسته است. در نهایت، مطابق با رابطهٔ ۷، در خصوص هزینهٔ پمپاژ، باید توجه داشت که این هزینه متناسب با افزایش عمق پمپاژ افزایش می‌یابد و لذا می‌توان آن را به‌صورت حاصل‌ضرب فاکتور هزینهٔ انرژی پمپاژ (Kp) در عمق پمپاژ ($P.\mathrm{depth}_{cst}$) در نظر گرفت.

$$\mathrm{ATC}_{akct} = \mathrm{NWC}_{akct} + \mathrm{CC}_{act} + \mathrm{WC} + \mathrm{PC}_{act} \quad (۵)$$

$$\mathrm{CC}_{ads} = \left\{\frac{\mathrm{CCS}*r}{1-\left[\frac{1}{(1+r)^{SL}}\right]}\right\} * (1 - \mathrm{Subsidy}) \quad (۶)$$

$$\mathrm{PC}_{akct} = \mathrm{Kp}_{akct} * P.\mathrm{depth}_{ct} \quad (۷)$$

در ادامه، تابع تقاضای معکوس به تفکیک هر یک از محصولات کشاورزی در قالب رابطهٔ ۸ و با استفاده از کشش‌های تقاضای محصولات (ε) محاسباتی در مطالعات پیشین (باریکانی و همکاران[1]، ۲۰۰۸؛ کریمی و همکاران[2]، ۲۰۰۹؛ صبوحی و احمدپور[3]، ۲۰۱۲) برآورد گردید. در این رابطه، TP_{akct} مقدار تولید به تفکیک محصولات زراعی را ارائه می‌نماید. همچنین پارامترهای تابع تقاضای معکوس به صورت $\theta_{0a} = [\mathrm{P}_{act} - (\theta_1 * \mathrm{TP}_{akct})]$ و $\theta_{1a} = \left[\varepsilon_a/(\frac{\mathrm{P}_{act}}{\mathrm{TP}_{akct}})\right]$ تعیین می‌شوند (مومنی و زیبایی[4]، ۲۰۱۳).

$$\mathrm{P}_{act} = \theta_{0a} + \theta_{1a} * \sum_k \mathrm{TP}_{akct} \quad (۸)$$

محدودیت‌های منابع در الگوی تجربی تحقیق حاضر شامل محدودیت آب، سطح زیر کشت، سرمایه، نیروی کار و کودهای شیمیایی هستند که محدودیت مرتبط با کود شیمیایی برای هر یک از کودهای نیتروژن، فسفات و پتاس تکرار می‌گردد. محدودیت مرتبط با منابع آب، نشان می‌دهد که کل آب مورد نیاز برای کشت محصولات زراعی دشت، حداکثر به اندازهٔ مجموع منابع آب زیرزمینی و سطحی در دسترس است. در دشت مورد مطالعه، رودخانهٔ دائمی وجود ندارد و درصد عمدهٔ تأمین آب از طریق منابع آب زیرزمینی است و بر همین اساس، محدودیت منابع آب زیرزمینی، مهم‌ترین

1. Barikani *et al*. (2008)
2. Karimi *et al*. (2009)
3. Sabouhi & Ahmadpour (2012)
4. Momeni & Zibaei (2013)

محدودیت مدل را تشکیل می‌دهد (افروزی و زارع ابیانه[1]، ۲۰۲۰). سایر محدودیت‌های مدل نیز بیانگر آن هستند که میزان استفاده از هر یک از منابع زمین، سرمایه، نیروی کار و کودهای شیمیایی برای تولید محصولات، نمی‌تواند از کل منابع در دسترس دشت فزونی یابد.

در نهایت، به‌منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات، از بستهٔ نرم‌افزاری GAMS و الگوریتم CONOPT3 استفاده شد. همچنین گردآوری اطلاعات مربوط به ضرایب فنی محصولات کشاورزی و نهاده‌ها در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶، از طریق آمارنامه‌های وزارت جهاد کشاورزی صورت پذیرفت.

پس از ارزیابی آثار تغییرات اقلیم بر اجزای مختلف الگوی کشت دشت همدان- بهار، به محاسبهٔ شاخص امنیت غذایی در سال پایه و نیز پیش‌بینی آن در افق برنامه‌ریزی تحقیق در هر یک از سناریوهای اقلیمی پرداخته شد.

تاکنون شاخص‌های متعددی همچون شاخص جهانی گرسنگی (GHI[2])، شاخص مقیاس ناامنی غذایی خانوار (HFIAS[3]) و شاخص کلی امنیت غذایی خانوار (AHFSI[4])، به منظور ارزیابی شرایط تغذیه‌ای اقشار مختلف جهان، عموماً با در نظر گرفتن ابعاد محدودی از امنیت غذایی، مورد استفاده قرار گرفته‌اند (جونز و همکاران[5]، ۲۰۱۷).

در سالیان اخیر، با توجه به بهبود دسترسی به داده‌های مرتبط با درآمد و مخارج خانوار، ارزیابی شرایط امنیت غذایی در سطح خانوار و نیز تجمیع آن در سطوح ملی و منطقه‌ای، با استفاده از شاخص امنیت غذایی HCES، رو به افزایش بوده است. در محاسبهٔ این شاخص، معیارهای مختلفی (جدول ۱) شامل کمیت و کیفیت رژیم غذایی و نیز حساسیت اقتصادی، مورد توجه قرار می‌گیرد (مولتدو و همکاران[6]، ۲۰۱۴). در محاسبهٔ شاخص HCES، زیر معیارهای مرتبط با کمیت رژیم غذایی، تقریب مناسبی از دسترسی فیزیکی به مواد غذایی را ارائه می‌دهند. در این خصوص، میزان انرژی مصرفی حاصل از رژیم غذایی، از طریق محاسبهٔ مقدار کل انرژی موجود در مواد غذایی مصرفی خانوار حاصل می‌شود که با استفاده از میانگین این شاخص، می‌توان میزان انرژی مصرفی توسط افراد یک منطقه را شناسایی نمود. زیر معیار جمعیت مواجه با کمبود انرژی دریافتی در رژیم غذایی نیز، ارزیابی میزان دسترسی اعضای خانوار به انرژی کافی در مقایسه با سطح مرجع این شاخص در طول دورهٔ زمانی تحقیق را در دستور کار قرار می‌دهد. معیار کیفیت رژیم غذایی، مصرف مواد پروتئینی، ریز مغذی‌ها، آهن و ویتأمین‌های مختلف را در میان خانوارها بررسی می‌نماید.

1. Afruzi & Zare Abyaneh (2020)
2. Global Hunger Index
3. Household Food Insecurity Access Scale
4. Aggregate Household Food Security Index
5. Jones *et al*. (2017)
6. Moltedo *et al*. (2014)

جدول ۱: معیارهای اندازه‌گیری شاخص امنیت غذایی بر اساس داده‌های درآمد و مخارج خانوار

معیار اندازه‌گیری امنیت غذایی	زیر معیار اندازه‌گیری امنیت غذایی
کمیت رژیم غذایی	میزان انرژی مصرفی سرانه در رژیم غذایی جمعیت مواجه با کمبود انرژی دریافتی در رژیم غذایی
کیفیت رژیم غذایی	تنوع در رژیم غذایی سهم انرژی دریافتی گروه‌های اصلی غذایی سرانهٔ مصرف روزانهٔ مواد غذایی هر فرد در خانوار
حساسیت اقتصادی	سهم مواد غذایی در مخارج خانوار

منبع: اسمیت و سوباندرو[1] (۲۰۰۷)

تنوع در مواد غذایی مصرفی، به عنوان اولین زیر معیار در این دسته، تعداد گروه‌های غذایی مصرفی خانوار در طول دورهٔ زمانی تحقیق را مورد توجه قرار می‌دهد. در این خصوص، غالب بودن میزان وابستگی رژیم غذایی خانوار به مواد غذایی اساسی همچون غلات، به دلیل پایین بودن سطح مواد مغذی در این گروه خوراکی، کیفیت نامناسب رژیم غذایی خانوار را در پی خواهد داشت که این موضوع در زیر معیار سهم انرژی دریافتی گروه‌های اصلی غذایی، ارزیابی می‌گردد. در نهایت، در سومین زیر معیار کیفی، تنوع مصرف مواد غذایی توسط خانوار سنجیده می‌شود که ارزیابی آن، سیاست‌گذاران را در تدوین سیاست‌های مناسب جهت بهبود شاخص امنیت غذایی، رهنمون می‌سازد. آخرین زیر معیار مورد توجه در محاسبه شاخص امنیت غذایی HCES، سهم مواد غذایی در مخارج خانوار است که آسیب‌پذیری خانوار نسبت به شرایط اقتصادی حاکم بر جامعه را ارائه می‌نماید.

در این مطالعه، محاسبهٔ هر یک از زیر معیارهای امنیت غذایی، با گردآوری اطلاعاتی همچون درآمد و مخارج، میزان مصرف اقلام خوراکی و ویژگی‌های جمعیت‌شناسی خانوارهای کشاورز دشت همدان- بهار از طریق تکمیل پرسشنامه در یک نمونه متشکل از ۳۲۰ خانوار کشاورز در سال پایه، با بهره‌گیری از نرم‌افزار ADePT (مولتدو و همکاران[2]، ۲۰۱۴) صورت پذیرفت. در الگوی مذکور، پس از محاسبهٔ هر زیر معیار، فرایند وزن‌دهی به زیرمعیارها جهت تعیین سهم هر معیار در مقدار شاخص HCES، با استفاده از روش I-distance انجام می‌گردد (فارسی علی‌آبادی و همکاران[3]، ۲۰۲۰).

لازم به توضیح است که جهت محاسبهٔ شاخص امنیت غذایی، فرایند وزن‌دهی در مرحلهٔ اول در سطح زیرمعیارها و پس از تجمیع وزن‌ها، در مرحلهٔ دوم در سطح معیارهای اصلی صورت می‌گیرد.

در پایان، به منظور تبیین راهبرد امنیت غذایی در منطقه، مقدار شاخص امنیت غذایی HCES در سال‌های آتی در نتیجهٔ وقوع تغییرات اقلیم، با استفاده از رابطهٔ ۹ پیش‌بینی شد.

$$FS_{ct} = \alpha_{0_{ct}} + \sum_i \alpha_{i_{ct}} X_{i_{ct}} + u_{ct} \qquad (۹)$$

1. Smith & Subandoro (2007)
2. Moltedo *et al*. (2014)
3. Farsi Aliabadi *et al*. (2020)

که در این رابطه، FS نمایان‌گر شاخص امنیت غذایی، c سناریوی اقلیمی، t زمان، i شمارندهٔ متغیر توضیحی، α ضرایب شیب و عرض از مبدأ، X بردار متغیر توضیحی (شامل متغیرهای جمعیت، درآمد خانوار، تحصیلات خانوار، میزان برداشت آب‌های زیرزمینی و مقادیر قیمت و تولید محصولات زراعی) و u جزء اخلال است.

پس از برآورد رابطهٔ ۹، با توجه به میزان اثرگذاری تغییرات اقلیم بر متغیرهای توضیحی الگو، شاخص امنیت غذایی منطقه، با در نظر گرفتن مقدار محاسباتی آن در سال پایه، در سناریوهای اقلیمی پیش‌بینی شد. لازم به ذکر است که در برآورد رابطهٔ فوق به صورت لگاریتمی، با استفاده از تکنیک OLS[1]و در قالب الگوهای سری زمانی در دورهٔ ۱۳۹۷-۱۳۷۰، جهت تشکیل سری زمانی شاخص امنیت غذایی HCES، از اطلاعات مرکز آمار ایران در خصوص داده‌های خام طرح هزینه و درآمد خانوار استان همدان استفاده شد. همچنین اطلاعات قیمت و تولید محصولات زراعی و نیز برداشت آب‌های زیرزمینی، از سازمان‌های جهاد کشاورزی و آب منطقه‌ای استان همدان و در نهایت، اطلاعات جمعیت منطقه و تحصیلات خانوار، از مرکز آمار ایران اخذ شد.

در مرحلهٔ پایانی تحقیق، به ارزیابی راهبرد مدیریتی کم‌آبیاری جهت کاهش آثار منفی تغییرات اقلیم بر شاخص امنیت غذایی در بخش کشاورزی منطقه پرداخته شد. بر اساس نتایج مطالعهٔ سلطانی و موسوی[2] (۲۰۱۶)، با اعمال سیاست ۵ درصد کم‌آبیاری بهینه در کشت گیاهان آب‌بر در دشت همدان- بهار، جبران زیان رفاهی ناشی از تغییرات اقلیم در منطقه امکان‌پذیر خواهد بود. لذا در مطالعهٔ حاضر، نتایج اعمال راهبرد مذکور بر الگوی کشت دشت همدان- بهار و متعاقب آن بر عملکرد محصول، منابع آبی، درآمد خالص مزرعه و در نهایت، بر شاخص امنیت غذایی بررسی شد.

لازم به ذکر است که راهبرد کم‌آبیاری به‌صورت کاهش در میزان آبیاری در هر هکتار کشت گیاهان زراعی آب‌بر، شامل سیب‌زمینی، یونجه و گندم، همراه با پذیرش کاهش عملکرد این محصولات، بررسی شد. بدین منظور، میزان کاهش عملکرد گیاهان در مواجهه با اعمال ۵ درصد کم‌آبیاری، از ضرایب حساسیت گیاهان نسبت به آب که در نتایج تحقیقات دورنباس و کاسام[3] (۱۹۷۹) محاسبه و در نشریهٔ راهنمای آبیاری و زهکشی FAO,33 با قابلیت تعمیم به مناطق مختلف گزارش شده است، استفاده گردید. ضرایب مذکور در مورد گیاهان زراعی سیب‌زمینی، یونجه و گندم، به‌ترتیب، برابر ۱/۱، ۱/۱ و ۱/۰۵ گزارش شده، و بدیهی است که این مقادیر، نمایانگر درصد تغییرپذیری‌های عملکرد گیاهان در نتیجهٔ ۱ درصد تغییر در میزان مصرف آب در یک هکتار است.

نتایج

در جدول ۲، نتایج حاصل از پیش‌بینی سنجهٔ اقلیمی بارش در دشت همدان- بهار با استفاده از مدل مولد داده‌های هواشناسی LARS-WG ارائه شده است. بر اساس اطلاعات این جدول، مقادیر بارش

1. Ordinary Least Squares
2. Soltani & Mosavi (2016)
3. Doorenbos & Kassam (1979)

تجمعی سالانهٔ منطقه در دورهٔ ۲۰ سالهٔ آتی در تمامی سناریوهای اقلیمی، روندی کاهشی خواهد داشت؛ به‌طوری‌که در سناریوهای SSP1، SSP2 و SSP3، میانگین بارش، به ترتیب، برابر ۳۰۳، ۲۷۲ و ۲۵۲ میلی‌متر خواهد بود؛ در حالی که مقدار بارش در سال پایهٔ تحقیق حاضر (۹۷-۱۳۹۶) برابر ۳۲۳ میلی‌متر گزارش شده است. همچنین از بررسی جدول ۲، می‌توان دریافت که در سناریوی SSP1، سری زمانی بارش تجمعی سالانه، مقادیر ۴۳۹ و ۱۵۴ میلی‌متر را به ترتیب، در حالت بیشینه و کمینه به خود اختصاص خواهد داد.

مقادیر مذکور در سناریوی SSP2، به ترتیب، برابر ۴۳۰ و ۱۵۸ میلی‌متر است.

در نهایت، در سناریوی SSP3، بارش تجمعی سالانه در دورهٔ برنامه‌ریزی، در بازهٔ ۳۸۵-۱۵۳ میلی‌متر قرار خواهد گرفت. لازم به توضیح است که وقوع سنجهٔ اقلیمی بارش در یک منطقه، عموماً با نوسانات همراه است. در این شرایط و پیش‌بینی آن در یک دورهٔ زمانی، ممکن است که در یک سال، کاهش و در سال دیگر افزایش یابد. لذا آنچه که در این جریان، مبنای اثرگذاری قرار دارد، میانگین تغییرات بارش در کل دوره است. لذا در جدول ذیل، اگر چه مقدار بارش با نوسانات همراه است، از آنجا که میانگین بارش در کل دوره در مقایسه با مقدار آن در سال پایه کاهش یافته است، اثرگذاری آن بر الگوی کشت منطقه منفی خواهد بود و کاهش عملکرد اغلب محصولات و منابع آبی را در پی خواهد داشت که این موضوع در ادامهٔ تحقیق، ارزیابی شده‌است.

جدول ۲: بارش تجمعی سالانهٔ دشت همدان- بهار در سناریوهای اقلیمی در افق برنامه‌ریزی تحقیق (میلی‌متر)

سال	سناریوی اقلیمی			سال	سناریوی اقلیمی		
	SSP1	SSP2	SSP3		SSP1	SSP2	SSP3
۱	۳۵۰	۲۹۸	۳۱۲	۱۱	۲۹۹	۲۳۲	۳۲۵
۲	۴۰۷	۳۶۰	۳۲۶	۱۲	۱۸۴	۱۹۷	۲۱۱
۳	۳۴۰	۳۱۲	۲۹۸	۱۳	۲۴۴	۲۹۰	۱۷۱
۴	۳۷۶	۴۳۰	۳۸۵	۱۴	۲۶۲	۲۰۳	۳۲۶
۵	۲۲۵	۲۳۷	۲۷۱	۱۵	۱۵۴	۲۱۰	۲۲۵
۶	۳۸۶	۳۵۰	۳۸۴	۱۶	۳۵۴	۱۶۵	۱۵۳
۷	۴۳۲	۳۲۰	۱۷۳	۱۷	۴۳۹	۳۵۴	۱۷۴
۸	۳۰۵	۱۹۴	۲۲۱	۱۸	۱۹۷	۲۴۵	۲۶۴
۹	۲۹۹	۳۵۰	۲۰۷	۱۹	۲۰۲	۱۵۸	۱۶۷
۱۰	۲۲۷	۲۳۰	۲۰۸	۲۰	۳۷۷	۳۰۰	۲۴۵
				میانگین	۳۰۳	۲۷۲	۲۵۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

پس از پیش‌بینی مقادیر بارش تجمعی سالانه در دشت همدان- بهار، سناریوهای اقلیمی در الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت پویای قیمت درونزا لحاظ، و چگونگی اثرگذاری این سناریوها بر الگوی کشت از طریق تغییر مقادیر تبخیر و تعرق و در پی آن، عملکرد محصولات کشاورزی دشت همدان- بهار، با بهره‌گیری از روابط ۱ و ۲، تعیین شد. همچنین میزان اثرپذیری منابع آب زیرزمینی دشت در رویارویی با تغییرات اقلیمی مورد بحث، با استفاده از رابطهٔ ۳ ارزیابی و در الگوی PMP لحاظ گردید.

لازم به ذکر است که روابط ۱ تا ۳، در الگوی برنامه‌ریزی، ادغام و تمامی روابط در قالب ساختاری واحد، مورد بررسی قرار گرفت.

در ادامه، نتایج اعمال مجموعهٔ این تغییرات در الگوی PMP در افق برنامه‌ریزی مطالعهٔ حاضر ارائه شده است. در ابتدا به منظور اعتباربخشی به نتایج مدل، الگوی کشت دشت همدان- بهار در قالب جدول ۳ در حالت مشاهداتی در سال پایه ۹۷-۱۳۹۶ و نیز در شرایط کالیبراسیون مدل PMP جهت بازتولید الگوی پایه، ارائه شده، و همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، این الگو به شکلی مطلوب نسبت به داده‌های سال پایه تطبیق یافته و در بازتولید الگوی کشت سال پایه، توانمند بوده است.

جدول ۳: الگوی کشت دشت همدان- بهار در حالت مشاهداتی در سال پایه و کالیبراسیون توسط مدل PMP

محصول	سطح زیر کشت (هکتار)		محصول	سطح زیر کشت (هکتار)	
	مشاهداتی	کالیبراسیون		مشاهداتی	کالیبراسیون
جو آبی	۱۰۳۶۱	۱۰۳۵۸/۸۴	کلزا	۲۱۶	۲۱۴/۹۵
جو دیم	۱۵۶۶۰	۱۵۶۵۶/۰۳	گندم آبی	۱۳۳۴۱	۱۳۳۳۹/۰۷
چغندر قند	۱۳۲	۱۳۱/۵۴	گندم دیم	۸۲۹۳۵	۸۲۹۳۰/۹۵
خیار	۳۵۷	۳۵۶/۹۷	گوجه‌فرنگی	۱۸	۱۷/۹۳
ذرت علوفه‌ای	۳۰۳	۳۰۲/۹۷	لوبیا	۱۵	۱۴/۹۹
سیب زمینی	۹۶۰۱	۹۶۰۰/۷۴	نخود	۶۸	۶۷/۹۹
سیر	۱۹۳۵	۱۹۳۴/۹۹	هندوانه	۳۰۱	۳۰۰/۹۷
عدس دیم	۵۷	۵۶/۸۹	هندوانه دیم	۶	۵/۹۹
کدو آجیلی	۵۲۱	۵۲۰/۹۲	یونجه	۸۴۸۲	۸۴۸۱/۹۸

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در ادامه در جدول ۴، مقادیر قیمت و تولید محصولات کشاورزی، درآمد و میزان برداشت آب بخش کشاورزی دشت همدان- بهار در سناریوهای اقلیمی در دورهٔ زمانی ۲۰ سالهٔ آتی، مورد بحث قرار گرفته است. بر اساس اطلاعات این جدول، میزان برداشت سالانهٔ بخش کشاورزی از منابع آب زیرزمینی دشت، در دو دههٔ آتی افزایش خواهد یافت، به‌طوری‌که از مقدار ۲۷۳ میلیون متر مکعب در سال پایه، به مقدار ۳۱۰، ۳۴۰ و ۳۵۵ میلیون متر مکعب، به ترتیب، در سناریوهای SSP1، SSP2 و SSP3 خواهد رسید. لذا میزان افزایش آن در مقایسه با سال پایه در دامنهٔ ۱۳ تا ۳۰ درصد خواهد بود.

شایان توجه است که با وقوع تغییرات اقلیم، به دلیل کاهش فرایند تبخیر و تعرق در اغلب محصولات، محیط اطراف گیاه خشک‌تر و نیاز آبی محصولات افزایش خواهد یافت. از سوی دیگر، عملکرد محصولات در نتیجهٔ تغییرات مذکور کاهش می‌یابد. مجموعهٔ این تغییرات، موجب افزایش فشار کشاورزان بر نهادهٔ آب جهت افزایش تولید و به عبارت دیگر، افزایش تقاضای آب در بخش کشاورزی می‌گردد. بر این اساس و با توجه به کاهش میانگین بارندگی در کل دورهٔ برنامه‌ریزی، برداشت سالانهٔ آب در بخش کشاورزی افزایش خواهد یافت.

جدول ۴: مقادیر قیمت و تولید محصولات کشاورزی، درآمد و میزان برداشت آب زیرزمینی بخش کشاورزی دشت همدان- بهار در سناریوهای اقلیمی در افق برنامه‌ریزی تحقیق

نوع متغیر	سال پایه	SSP1	SSP2	SSP3
برداشت سالانهٔ آب (میلیون متر مکعب)	۲۷۳	۳۱۰	۳۴۰	۳۵۵
میانگین قیمت محصولات (ریال/کیلوگرم)	۲۲۰۳۳	۲۹۴۵۲	۳۰۵۸۸	۳۱۷۸۲
مجموع تولید محصولات (هزار تن)	۸۹۷	۸۵۷	۷۷۶	۷۴۴
درآمد خالص سالانهٔ مزرعه (میلیارد ریال)	۲۲۸۸۱	۱۹۰۴۲	۱۷۸۵۲	۱۶۷۸۵

مأخذ: یافته‌های تحقیق

همچنین مطابق با مقادیر ارائه شده در جدول ۴، مجموع تولید محصولات زراعی این دشت در سال پایهٔ تحقیق، برابر ۸۹۷ هزار تن بوده است که در صورت تحقق سناریوهای اقلیمی، مقدار مذکور کاهش می‌یابد. در این میان، بیشترین میزان کاهش تولید، در سناریوی SSP3 و در حدود ۱۵۳ هزار تن خواهد بود. لازم به ذکر است که کاهش میانگین بارش دشت، آثار منفی بر تبخیر و تعرق و در پی آن، بر عملکرد اغلب محصولات خواهد داشت که کاهش مقدار تولید، یکی از تبعات منفی این موضوع است.

در سناریوهای SSP1 و SSP2 نیز مقدار تولید در میانگین سالانهٔ دورهٔ برنامه‌ریزی، به ترتیب، برابر ۸۵۷ و ۷۷۶ هزار تن برآورد شد که نمایان‌گر کاهش تولیدات منطقه به میزان ۴۰ و ۱۲۱ هزار تن است. افزون بر موارد فوق، همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، میانگین افزایش قیمت محصولات کشاورزی دشت در مقایسه با سال پایه، در سناریوهای SSP1، SSP2 و SSP3، به ترتیب، برابر ۷۴۱۹، ۸۵۵۵ و ۹۷۴۹ ریال خواهد بود.

نتایج مذکور، مؤید آن است که کاهش تولید محصولات کشاورزی منطقه، به دلیل اثرپذیری منفی عملکرد اغلب محصولات در مواجهه با تغییر شرایط اقلیمی، موجب کاهش عرضه و در پی آن، افزایش قیمت محصولات می‌گردد. از سوی دیگر، همگام با کاهش بارندگی و افزایش میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی جهت آبیاری محصولات کشاورزی، هزینه‌های تولید، به دلیل افزایش عمق پمپاژ آب زیرزمینی، افزایش خواهد یافت که این موضوع، تبعات منفی تغییر شرایط اقلیمی بر قیمت محصولات را دوچندان می‌نماید.

تغییرات تولید و قیمت محصولات زراعی منطقه، و از طرفی، افزایش هزینه‌های تولید مرتبط با نهادهٔ آب، رفاه تولیدکنندگان را دستخوش نوسان می‌کند که روند کاهشی ارزش حال درآمد خالص مزرعه در جدول ۴، این موضوع را نمایان می‌دارد. مطابق با اطلاعات این جدول، ارزش حال درآمد خالص مزرعه در مقیاس سالانه در دورهٔ برنامه‌ریزی ۲۰ سالهٔ این تحقیق در سناریوی SSP1، برابر ۱۹۰۴۲ میلیارد ریال خواهد بود که از مقایسهٔ عدد مذکور با درآمد خالص مزرعه در سال پایه برابر با ۲۲۸۸۱ میلیارد ریال، می‌توان به کاهش ۱۶/۷۸ درصدی این شاخص در خوش‌بینانه‌ترین پیش‌بینی اقلیمی پی برد. همچنین در سناریوهای SSP2 و SSP3، مقدار زیان مذکور در مقایسه با سال پایه، به ترتیب، برابر ۲۱/۹۸ و ۲۶/۶۴ درصد خواهد بود.

پس از پیش‌بینی آثار تغییرات اقلیم بر اجزای مختلف الگوی کشت دشت همدان- بهار شامل برداشت آب زیرزمینی، قیمت محصولات کشاورزی و درآمد خانوارهای کشاورز، به محاسبهٔ شاخص امنیت غذایی HCES منطقه در سال پایه پرداخته شد. آمار و اطلاعات لازم در این خصوص، از طریق تنظیم پرسشنامه و تکمیل آن در میان خانوارهای کشاورز دشت همدان- بهار در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ فراهم شد. بدین منظور، نمونه‌ای متشکل از ۳۲۰ کشاورز با استفاده از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای دو مرحله‌ای انتخاب و بررسی گردید. در ادامه، در جدول ۵، برخی ویژگی‌های اجتماعی و اقتصادی خانوارهای موجود در نمونهٔ مذکور ارائه شده است.

جدول ۵: ویژگی‌های اجتماعی و اقتصادی خانوارهای کشاورز منطقه در سال پایه

ویژگی اجتماعی و اقتصادی	مقدار
تعداد خانوار	۳۲۰
میانگین سن سرپرست خانوار (سال)	۴۲/۱۲
درصد خانوارهای دارای سرپرست مرد	۹۵/۶
میانگین بعد خانوار	۴/۴۱
درصد افراد باسواد	۸۹/۲
میانگین مخارج سالانهٔ مواد غذایی خانوار (هزار ریال)	۴۰۹۶۵۰
میانگین درآمد سالانهٔ خانوار (هزار ریال)	۱۰۲۴۱۲۵
میانگین درآمد سرانه و سالانهٔ خانوار (هزار ریال)	۲۳۲۲۲۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بررسی اطلاعات این جدول، نشان می‌دهد که در نمونهٔ آماری تحقیق با میانگین بعد خانوار برابر با ۴/۴۱، درآمد سالانهٔ خانوار برابر با ۱۰۲۴۱۲۵ هزار ریال و مخارج سالانهٔ مواد غذایی خانوار برابر ۴۰۹۶۵۰ هزار ریال، در سال پایهٔ تحقیق در حدود ۴۰ درصد درآمد هر خانوار به خرید مواد غذایی اختصاص داشته است. در ادامه، به منظور محاسبهٔ مقدار انرژی دریافتی روزانهٔ یک فرد در نتیجهٔ مصرف اقلام خوراکی، در جدول ۶ ماتریس عملکرد تغذیه‌ای خانوارهای کشاورز دشت در دهک‌های مختلف درآمدی در سال پایهٔ تحقیق ارائه شده، که ارقام این ماتریس از حاصل‌ضرب مقدار مصرف اقلام خوراکی در طول یک سال و میزان کالری دریافتی از هر کیلوگرم مادهٔ خوراکی به‌دست آمده است.

نتایج نشان می‌دهد که مجموع انرژی دریافتی روزانهٔ هر فرد در منطقه، در دهک درآمدی میانه، برابر ۳۶۲۲ کالری است که در حدود ۳۹ و ۲۲ درصد آن، به ترتیب، به گروه‌های خوراکی غلات و میوه و سبزیجات اختصاص دارد. همچنین از بررسی اطلاعات جدول فوق، می‌توان دریافت که مجموع انرژی دریافتی در دهک بالای درآمدی، در حدود ۷ برابر مقدار آن، در دهک پایین درآمدی منطقه می‌باشد. لازم به ذکر است که مطابق با گزارش انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور[1] (۲۰۲۲)، حداقل انرژی مورد نیاز هر فرد در هر روز در کشور ایران جهت تأمین نیازهای یک زندگی سالم، برابر ۲۳۰۰ کالری است که با در نظر گرفتن این مقدار، دهک پایین درآمدی در منطقهٔ تحقیق، از نظر تأمین ابعاد امنیت غذایی در شرایط نامناسبی قرار دارد.

جدول ۶: ماتریس عملکرد تغذیه‌ای دهک‌های درآمدی منطقه در سال پایه (کالری)

گروه‌های خوراکی	دهک درآمدی		
	دهک پایین	دهک میانه	دهک بالا
غلات	۵۰۳	۱۴۲۷	۳۳۲۲
گوشت	۱۱۰	۲۶۶	۱۷۶۰
لبنیات	۷۴	۲۳۵	۴۵۰
روغن	۱۹۷	۳۹۰	۸۰۶
میوه و سبزی	۳۱۶	۸۰۴	۱۹۴۲
قند و شکر	۸۵	۲۶۱	۵۱۹
ادویه‌جات	۶۹	۲۳۳	۴۸۵
چای و قهوه	۲	۶	۱۵
جمع	۱۳۵۶	۳۶۲۲	۹۲۹۹

مأخذ: یافته‌های تحقیق

پس از گردآوری اطلاعات درآمد و مخارج، میزان انرژی دریافتی حاصل از مصرف اقلام خوراکی و ویژگی‌های جمعیت‌شناسی خانوارهای کشاورز دشت همدان- بهار، معیارها و زیرمعیارهای اندازه‌گیری شاخص امنیت غذایی با بهره‌گیری از نرم‌افزار ADePT محاسبه شد که پس از تعیین وزن مؤثر هر معیار از طریق روش I-distance دو مرحله‌ای و تجمیع معیارهای وزن‌دهی شده، شاخص امنیت غذایی HCES در منطقه، برابر ۰/۶۱ به دست آمد. لذا می‌توان دریافت که در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶، شیوع ناامنی غذایی در میان خانوارهای کشاورز دشت همدان- بهار برابر ۳۹ درصد بوده، و شایان توجه است که این نتیجه، با نتایج مطالعات رضایی‌فر و همکاران[2] (۲۰۲۲) و باقرزاده آذر و همکاران[3] (۲۰۱۷) در خصوص شیوعِ به ترتیب، ۴۵ و ۴۹ درصدی ناامنی غذایی در مناطق روستایی استان همدان، قابل قیاس و تا حدودی دارای نزدیکی است.

در ادامه، به منظور پیش‌بینی تغییرات شاخص امنیت غذایی در دشت همدان- بهار در سناریوهای اقلیمی، الگوی رگرسیون امنیت غذایی رابطهٔ ۹، به صورت لگاریتمی، با استفاده از تکنیک OLS و در

1. National Nutrition and Food Technology Research Institute (2022)
2. Rezaeifar *et al*. (2022)
3. Bagherzadeh Azar *et al*. (2017)

قالب الگوهای سری زمانی در دورهٔ ۱۳۹۷-۱۳۷۰، برآورد گردید که نتایج حاصل، در جدول ۷ ارائه شده است. همان‌گونه که در این جدول ملاحظه می‌شود، با توجه به ضرایب برآوردی در الگوی لگاریتمی مورد بحث، با افزایش ۱ درصدی هر یک از متغیرهای درآمد خانوار، برداشت آب زیرزمینی، قیمت و تولید محصولات کشاورزی، شاخص امنیت غذایی HCES در منطقه، به ترتیب، به میزان ۰/۸۹۸ درصد افزایش، ۰/۳۳۵ درصد کاهش، ۰/۰۸۹ درصد کاهش و ۰/۲۱۴ درصد افزایش خواهد یافت.

با توجه به کشش‌های برآوردی و نیز با در نظر گرفتن میزان تغییر هر یک از متغیرهای مذکور در سناریوهای اقلیمی (جدول ۴)، میزان تغییر شاخص امنیت غذایی در هر سناریو، محاسبه و با توجه به شاخص محاسباتی در سال پایه، مقدار شاخص HCES در افق برنامه‌ریزی تحقیق برآورد شد.

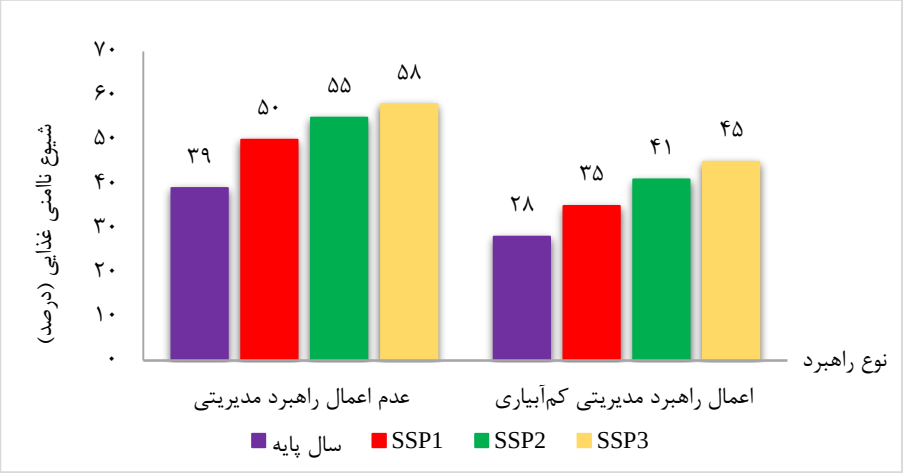
جدول ۷: نتایج حاصل از برآورد الگوی رگرسیون امنیت غذایی در دشت همدان- بهار

متغیر	ضریب	آمارهٔ t	سطح معنی‌داری
ضریب ثابت	۰/۸۴۰	-۰/۵۴۴	۰/۵۹۵
جمعیت	۰/۰۱۳	۱/۶۸۲	۰/۱۰۱
تحصیلات خانوار	۰/۰۳۷	۱/۸۵۰	۰/۰۸۴
درآمد خانوار	۰/۸۹۸	۷/۷۸	۰/۰۰۰
برداشت آب زیرزمینی	-۰/۳۳۵	-۳/۵۰۸	۰/۰۰۳
قیمت محصولات کشاورزی	-۰/۰۸۹	-۳/۰۰۷	۰/۰۲۱
تولید محصولات کشاورزی	۰/۲۱۴	۲/۲۴۶	۰/۱۰۹

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بر این اساس، شاخص امنیت غذایی HCES در دشت همدان- بهار در سناریوهای اقلیمی SSP1، SSP2 و SSP3، به ترتیب، برابر ۵۰، ۴۵ و ۴۲ درصد خواهد بود. لذا با توجه به مقدار این شاخص (برابر با ۶۱ درصد در سال پایه)، می‌توان دریافت که تغییرات اقلیم، موجب کاهش امنیت غذایی منطقه در افق برنامه‌ریزی تحقیق خواهد شد.

در ادامه در نمودار ۱، نتایج حاصل از اعمال راهبرد مدیریتی کم‌آبیاری جهت سازگاری با پیامدهای تغییرات اقلیم بر امنیت غذایی در بخش کشاورزی منطقه، ارائه شده، و لازم به ذکر است که در نمودار ذیل، شیوع ناامنی غذایی که از نظر مقدار و مفهوم، به عنوان مکمل شاخص امنیت غذایی تعبیر می‌شود، ارائه گردیده است.



نمودار ۱: نتایج اعمال راهبرد مدیریتی کم‌آبیاری بر شاخص امنیت غذایی منطقه در سناریوهای اقلیمی

بر اساس نتایج نمودار فوق، شیوع ناامنی غذایی، پس از اعمال راهبرد مدیریتی کم‌آبیاری در بخش کشاورزی منطقه، در سال پایه و در سناریوهای اقلیمی SSP1، SSP2 و SSP3 در افق برنامه‌ریزی تحقیق، به ترتیب، برابر ۲۸، ۳۵، ۴۱ و ۴۵ درصد خواهد بود. لذا مقدار شاخص در مقایسه با شرایط عدم اعمال راهبرد مدیریتی، به میزان ۱۱ تا ۱۵ درصد بهبود خواهد یافت.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

اجرای این پژوهش با هدف تحلیل و ارزیابی آثار تغییرات اقلیم بر امنیت غذایی در بخش کشاورزی دشت همدان- بهار در قالب سناریوهای اقلیمی و در یک دورهٔ برنامه‌ریزی ۲۰ ساله، طرح‌ریزی گردید. بر اساس نتایج حاصل، تغییر شرایط اقلیمی کنونی در سال‌های پیش‌رو، آثار شایان توجهی بر بخش کشاورزی منطقه در پی خواهد داشت. وقوع این شرایط از طریق اثرگذاری منفی بر دسترسی به منابع آب زیرزمینی و نیز عملکرد اغلب محصولات، موجب کاهش تولید و افزایش قیمت مواد غذایی می‌گردد. مجموع تغییرات مذکور، آثاری نامطلوب بر درآمد خالص مزرعه خواهد داشت و رفاه تولیدکنندگان و به تبع آن، ارکان مختلف امنیت غذایی خانوارهای کشاورز را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. در این شرایط، با توجه به اینکه اجتناب از اشکال مختلف سناریوهای اقلیمی، ناممکن می‌نماید، لازم است راهبردهای سازگاری با پدیدهٔ مذکور، در جهت تخفیف یافتن آثار منفی آن بر امنیت غذایی منطقه اعمال گردد. بر این اساس، راهبرد مدیریتی کم‌آبیاری در منطقه، مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاصل، مؤید اثرگذاری مثبت این راهبرد در بهبود ابعاد مختلف امنیت غذایی در منطقه است. لذا با توجه به نتایج، پیشنهاد می‌گردد که راهبردهای مدیریتی با تأکید بر اعمال روش‌های کم‌آبیاری در بخش کشاورزی دشت همدان- بهار، در دستور کار قرار گیرند.

References

Aborisade, B., & Bach, C. (2014). "Assessing the Pillars of Sustainable Food Security". European International Journal of Science and Technology, 3(4): 117-125.

Absar, S. M., & Preston, B. L. (2015). "Extending the Shared Socioeconomic Pathways for Sub-national Impacts, Adaptation, and Vulnerability Studies". Global Environmental Change, 33: 83-96.

Afruzi, A., & Zare Abyaneh, H. (2020). "Investigation of Agricultural Water Demand under the Combination Scenarios of Climate Change, Irrigation Efficiency Enhancement, Cropping Pattern Changes, and the Development of Early-maturing Cultivars: A Case Study of Hamedan-Bahar plain". Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 14(1): 61-75, (in Farsi).

Bagherzadeh Azar, F., Ranjpour, R., Karami Takanlou, Z., Motaffaker Azad, M., & Assadzadeh, A. (2017). "The Impact of Economic Variables on Food Security in the Provinces of Iran: Measuring and Comparing". Quarterly Journal of Applied Theories of Economics, 3(4): 47-76, (in Farsi).

Baniasadi, M., Zare Mehrjordi, M., Mehrabi Boshrababd, H., Mirzaei, H., & Rezaei Estakhrooye, A. (2018). "Social Welfare Decreases due to the Drop in Groundwater Level (Case Study of Wheat Farmers in Orzuiyeh Plain)". Agricultural Economics and Development, 26(2): 165-194, (in Farsi).

Barikani, E., Shajari, S., & Amjadi, A. (2008). "Price and Income Elasticity of Demand for Food in Iran: A Dynamic Demand System". Agricultural Economics and Development, 15(4): 125-145, (in Farsi).

Bayatvarkeshi, M., Fasihi, R., & Zare Abyaneh, H. (2018). "Numerical Simulation of Groundwater Flow Path in Hamadan-Bahar Aquifer". Iranian Journal of Health and Environment, 11(1): 49-62, (in Farsi).

Belloumi, M. (2014). "Investigating the Linkage between Climate Variables and Food Security in ESA Countries". AGRODEP Working Paper 0004.

Bohmelt, T. (2017). "Employing the Shared Socioeconomic Pathways to Predict CO_2 Emissions". Environmental Science & Policy, 75: 56-64.

Borlizzi, A., Delgrossi, M. E., & Cafiero, C. (2017). "National Food Security Assessment through the Analysis of Food Consumption Data from Household Consumption and Expenditure Surveys: The Case of Brazil's Pesquisa de Orçamento Familiares 2008/09". Food Policy, 72: 20-26.

Bruinsma, J. (2017). *World Agriculture: Towards 2015- 2030*. FAO, Rout ledge.

Doorenbos, J., & Kassam, A. H. (1979). "Yield Response to Water". FAO Irrigation and Drain Paper, No. 33, FAO, Rome, Italy.

FAO, (2022). https://www.fao.org/

Farsi Aliabadi, M., Daneshvar Kakhki, M., Sabouhi Sabouni, M., Dourandish, A., & Amadeh, H. (2020). "Determination of Factors Affecting the Prevalence of Undernourishment in Rural Areas of Iran". Village and Development, 23(3): 27-49, (in Farsi).

Garbrecht, J., Van Liew, M., & Brown, G. O. (2004). "Trends in Precipitation, Streamflow and Evapotranspiration in the Great Plains of the United States". J. Hydrol. Eng., 9: 360-367.

Gohar, A. A., & Cashman, A. (2016). "A Methodology to Assess the Impact of Climate Variability and Change on Water Resources, Food Security and Economic Welfare". Agricultural Systems, 147: 51-64.

Howitt, R. E. (1995). "Positive Mathematical Programming". Am. J. Agric. Econ, 77(2): 329-342.

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.

Iran Ministry of Agriculture Jihad, (2022). https://www.maj.ir/

Irmak, S., Odhiambo, L. O., Specht, J. E., & Djaman, K. (2013). "Hourly and Daily Single and Basal Evapotranspiration Crop Coefficients as a Function of Growing Degree Days, Days After Emergence, Leaf Area Index, Fractional Green Canopy Cover, and Plant Phenology for Soybean". Trans. ASABE, 56: 1785-1803.

Jozi, A., Safa, L., & Salali Moghadam, N. (2020). "A Study on the Effects of Nutritional Awareness and Attitude on Rural Households' Food Security Level (The Case of Zanjan County)". Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, 51(4): 715-730, (in Farsi).

Karimi, S., Rasekhi, S., & Ehsani, M. (2009). "An Investigation of the Demand for Subsidized Food in Urban Areas of Iran, Using AIDS Model for Subsidy Allocation Priority". Iranian Journal of Economic Research, 13(39): 147-166, (in Farsi).

Kiani Ghalehsard, S., Shahraki, J., Akbari, A., & Sardar Shahraki, A. (2020). "Investigating the Effects of Climate Change on Food Security of Iran". Journal of Natural Environmental Hazards, 8(22): 19-40, (in Farsi).

Kotagama, H., Al Jabri, S. A. N., Boughanmi, H., & Guizani, N. (2014). *Impact of Food Prices, Income and Income Distribution on Food Security in Oman*. In Environmental Cost and Face of Agriculture in the Gulf Cooperation Council Countries (pp. 145-161). Springer, Cham.

Lipper, L., Thornton, P., Campbell, B. M., Baedeker, T., Braimoh, A., Bwalya, M., Caron, P., Cattaneo, A., Garrity, D., Henry, K., & Hottle, R. (2014). "Climate Smart Agriculture for Food Security". Nature Climate Change, 4(12): 1068.

Liu, W. Z., Hunsaker, D. J., Li, Y. S., Xie, X. Q., & Wall, G. W. (2002). "Interrelations of Yield, Evapotranspiration and Water Use Efficiency from Marginal Analysis of Water Production Function". Agric. Water Manag, 56: 143-151.

Moazzezi, F., Yavari, G. R., Mosavi, S. H., & Bagheri, M. (2020). "Assessing the Impact of Climate Change on Agriculture in Hamedan-Bahar Plain with Emphasis on Water Productivity and Food Security". Journal of Agricultural Economics and Development, 34(3): 305-323, (in Farsi).

Moltedo, A., Troubat, N., Lokshin, M., & Sajaia, Z. (2014). *Analyzing Food Security Using Household Survey Data*. Washington, DC: The World Bank.

Momeni, S., & Zibaei, M. (2013). “The Potential Impacts of Climate Change on the Agricultural Sector of Fars Province”. Journal of Agricultural Economics and Development, 27(3): 169-179, (in Farsi).

Mosavi, S. H. M., Alipour, A. R., & Arjomandi, A. (2018). “The Role of Climatic Distinctions in the Growth Process of Agricultural Sector in Iran”. Agricultural Economics and Development, 26(2): 1-29, (in Farsi).

Mosavi, S. H., Soltani, S., & Khalilian, S. (2020). “Coping with Climate Change in Agriculture: Evidence from Hamadan-Bahar Plain in Iran”. Agricultural Water Management, 241: 106332.

National Nutrition and Food Technology Research Institute. (2022). https://www.sbmu.ac.ir/index.jsp?siteid=199

Nikouei, A. R., & Zibaei, M. (2012). “Water Resources Management and Food Security in Zayandeh-Rud Basin: An Integrated River Basin Analysis”. Journal of Agricultural Economics and Development, 26(3): 183-196, (in Farsi).

Pakravan, M., Hosseini, S., Salami, H., & Yazdani, S. (2015). “Identifying Effective Factors on Food Security of Iranian's Rural and Urban Household”. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, 46(3): 395-408, (in Farsi).

Parhizkari, A., & Yazdani, S. (2017). “Assessment of the Economic and Hydrological Effects of the Climate Change on Kharrood Watershed”. Iranian Journal of Ecohydrology, 4(3): 711-724, (in Farsi).

Ravand, L., Dourandish, A., & Sabuhi, M. (2018). “Effect of Trade Liberalization on Production, Consumption and Trade of Rice”. Journal of Agricultural Economics and Development, 32(3): 199-212, (in Farsi).

Regional Water Company of Hamadan. (2022). https://www.hmrw.ir/st/72

Rezaeifar, M., Khalilian, S., & Najafi Alamdarlo, H. (2022). “Spatial Distribution of Food Insecurity in Urban and Rural Areas of Iran”. Agricultural Economics, 16(1): 99-121, (in Farsi).

Sabouhi, M., & Ahmadpour, M. (2012). “Estimation of Iran Agricultural Products Demand Functions Using Mathematical Programming (Application of Maximum Entropy Method)”. Agricultural Economics, 6(1): 71-91, (in Farsi).

Safari Shad, M., Habibnejad Roshan, M., Solaimani, K., Ildoromi, A., & Zeinivand, H. (2017). “The Potential Effects of the Climate Change on the River Flow in Hamadan Watershed-Bahar”. Hydrogeomorphology, 3(10): 81-98, (in Farsi).

Soltani, S., & Mosavi, S. H. (2016). “Deficit Irrigation Strategy and Improving Irrigation Technology; The Optimal Adaptation in Coping with Climatic Change”. Agricultural Economics, 9(4): 121-149, (in Farsi).

Soltani, S., Mosavi, S. H., Khalilian, S., & Najafi Alamdarlo, H. (2022). “The Effects of Climate Change and Climate Variability on Economic Surplus of Producers and Consumers in the Agricultural Sector of Hamadan-Bahar Plain”. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, 10.22059/ijaedr.2022.341524.669140, (in Farsi).

Songew, V. (2012). Strategies to Improve Food Security in Africa. FORESIGHT AFRICA, 26.

Sudaryanto, T. (2010). *Strategy and Policy to Strengthen National Food Security: Lesson from Indonesia*. Indonesian Center for Agriculture Socio Economic and Policy Studies (ICASEPS).

Wang, J. (2010). "Food Security, Food Prices and Climate Change in China: A Dynamic Panel Data Analysis". Agriculture and Agricultural Science Procedia, 1: 321-324.

World Bank, (2022). https://www.worldbank.org/

Zhang, H., Wang, X., You, M., & Liu, C. (1999). "Water-yield Relations and Water-use Efficiency of Winter Wheat in the North China Plain". Irrig. Sci, 19: 37-45.

Quarterly Journal of The Economic Research (Sustainable Growth and Development)
Original Research Article/ Vol.23, No.2, Summer 2023, P: 249-274

Assessing the effects of climate change on the prevalence of food insecurity with emphasis on the role of water resources management in Hamadan-Bahar plain

Shiva Soltani[1]
Seyed Habibollah Mosavi[2]
Sadegh Khalilian[3]
Hamed Najafi Alamdarlo[4]

Received: 2022-8-27 Accepted: 2022-9-19

Aim and Introduction

The health and food security of a country depends on the production of the agricultural sector, and any disturbance in the production process of this sector can threaten the food security of households. Among the challenges affecting the agricultural sector, climate change is of double importance due to its direct impact on crop yield and water resources. The occurrence of climate change through changes in the supply and price of crops, overshadows the producer surplus in this sector. This is despite the fact that, according to previous studies, climate change in the coming decades will be a visible phenomenon in most plains of Iran, and this issue will have negative consequences on water resources and, as a result, on the production of crops and food security. Therefore, considering the importance of food supply in the process of economic development, it is necessary to investigate the impact of food security on climate change and the welfare effects of this phenomenon in Iran. According to this approach, in the present study, the potential effects of different climatic scenarios on the cultivation pattern of the Hamadan-Bahar plain, considering 2018 as the base year, were investigated, and the impact of water resources, production, income and food security in the agricultural sector of this plain was evaluated.

Methodology

In this study, the dynamic positive mathematical programming(PMP) approach in endogenous price conditions was used. The experimental model, consisting of 18 crops and two types of irrigation technologies, was developed based on the information of 2018 as the base year and in a 20-year planning horizon. This model's objective function is to maximize the present value of net farm income. Resource constraints used in the experimental model include water, land, capital, labor, and chemical fertilizers, with chemical fertilizer restrictions repeated for each nitrogen, phosphate, and potash fertilizers. Finally, the GAMS software and

1. PhD Student, Department of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, E-mail: sh.soltani@modares.ac.ir
2. Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, (Corresponding Author), E-mail: shamosavi@modares.ac.ir
3. Associate Professor of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, E-mail: khalil_s@modares.ac.ir
4. Associate Professor of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, E-mail: hamed_najafi@modares.ac.ir

CONOPT3 algorithm were used for data analysis. In the meteorological dimension of the model, the climatic measurement of rainfall was studied in the form of SSP climatic scenarios. Accordingly, the rate of evapotranspiration of crops and, consequently, the production and yield of crops in the region due to climate change were estimated and integrated into the PMP model. Each of these relationships is responsible for providing some of the information needed in the experimental research model. Finally, the dynamic endogenous price optimization framework was estimated as a unit pattern. After evaluating the changes in the income of farmer households and crop pattern in the face of climate change, the food security index was calculated in the different climate scenarios. In the final stage of the research, management strategies were evaluated in the agricultural sector of the Hamadan-Bahar plain to reduce the negative effects of climate change on the food security.

Results and Discussion

The results showed that the annual cumulative rainfall values of the Hamadan-Bahar plain in the next 20-year period would have a decreasing trend in all climate scenarios, so that in the SSP1, SSP2 and SSP3 scenarios, the average rainfall would be 303, 272 and 252 mm, respectively. Meanwhile, the amount of precipitation in the base year of this research (2018) is reported as 323 mm. Also, the results showed that with the considering an optimistic approach in predicting climate changes (SSP2 scenario), along with the increase of extraction from underground water sources by 13%, the increase in average price of agricultural products by 34% and the decrease in production by 5% in the 20-year planning period compared to the base year, the present value of net producer income and the food security index in the agricultural sector of the region would decrease by 17 and 11 percent, respectively. However, the adoption of management strategies such as the optimal deficit irrigation would improve the food security of the plain by 11 to 15 percent.

Conclusion

The change in the climate conditions in the coming years would have negative effects on the food security conditions in the agricultural sector of the Hamadan-Bahar plain. In this situation, considering that it is impossible to avoid different forms of climate scenarios, it is necessary to apply strategies to adapt to the mentioned phenomenon. Based on this, the optimal deficit irrigation, as a management strategy, was investigated, and the results confirm the positive effect of this strategy in improving the food security index in the region. Therefore, according to the results, management strategies with emphasis on deficit irrigation in the agricultural sector of Hamadan-Bahar plain should be put on the agenda.

Keywords: Rainfall, Production, Groundwater Resources, Dynamic Pattern, Food Insecurity
JEL Classification: C02, C22, C33, C46, C61, Q25, Q54