

کاهش ضایعات محصولات کشاورزی؛ راهبرد بهینه ارتقاء امنیت غذایی

شیوا سلطانی، سید حبیب‌الله موسوی، صادق خلیلیان و حامد نجفی علمدارلو^۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۴

چکیده

سلامت و امنیت غذایی یک کشور وابسته به تولیدهای بخش کشاورزی است و هر اختلالی در روند تولیدهای این بخش می‌تواند امنیت غذایی خانوارها را تهدید کند. در میان چالش‌های اثرگذار بر بخش کشاورزی، تغییرهای اقلیم به دلیل تاثیر مستقیم بر عملکرد محصولات و نیز منابع آب، دارای اهمیتی دو چندان است. این در حالی است که در دهه‌های آتی، تغییرهای اقلیم پدیده‌ای مشهود در اغلب منطقه‌های خشک و نیمه‌خشک همچون ایران خواهد بود. از این رو با توجه به اهمیت تأمین غذا در فرآیند توسعه اقتصادی، بررسی پیامدهای رفاهی پدیده تغییر اقلیم و نیز ارائه راهکارهای سازگاری با آن ضروری است. بر این اساس، این پژوهش با هدف ارزیابی راهبرد مدیریتی کاهش ضایعات محصولات کشاورزی برای رویارویی با پیامدهای تغییرهای اقلیم بر امنیت غذایی خانوارهای کشاورز دشت همدان- بهار طرح‌ریزی شد. نتایج نشان داد که با در نظر گرفتن رویکردی میانه در پیش‌بینی تغییرهای اقلیم منطقه، همگام با افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی به میزان ۲۵ درصد، افزایش میانگین قیمت محصولات کشاورزی به میزان ۳۹ درصد و کاهش ۱۳ درصدی تولیدهای کشاورزی در دوره برنامه‌ریزی ۲۰ ساله‌ی تحقیق نسبت به سال پایه ۹۷-۱۳۹۶، ارزش حال درآمد خالص تولیدکنندگان در بخش کشاورزی منطقه به میزان ۲۲ درصد کاهش و شاخص سوء تغذیه به میزان ۴۷ درصد افزایش خواهد یافت که اتخاذ راهبرد مدیریتی یادشده، بهبود شرایط ناامنی غذایی دشت به میزان ۲۵ درصد را در پی خواهد داشت.

طبقه‌بندی JEL: Q54, Q25, C61, C46, C33, C22, C02

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، الگوهای پویا، سوء تغذیه، ضایعات محصولات کشاورزی، دشت همدان-بهار

^۱ به ترتیب: دانشجوی دکتری و اساتید دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه

در دهه‌های اخیر، روند فزاینده‌ی رشد جمعیت از یک سو و هدررفت مواد غذایی در مرحله‌های مختلف زنجیره‌ی عرضه‌ی محصول‌ها، از سویی دیگر موجب شده‌است که با وجود صنعتی شدن بیشتر جامعه‌های بشری و بهبود شرایط تولید محصول‌های کشاورزی، ناامنی غذایی و نیز سوء تغذیه در بخش‌های مختلف جهان و به ویژه در کشورهای در حال توسعه مشاهده شود (Keshavarz, 2021). امنیت غذایی مفهومی چند بعدی است که به واسطه‌ی برهم‌کنش دامنه‌ای از عامل‌های اقتصادی، اجتماعی، کشاورزی و فیزیکی تعیین می‌شود. ارکان مختلف این مفهوم را می‌توان با تمرکز بر چهار بعد (۱) موجود بودن، (۲) فراهمی (۳) بهره‌مندی و (۴) ثبات در دریافت مواد غذایی تجمیع کرد که به ترتیب، موجودی غذا در مرزهای ملی یک کشور از طریق تولید داخل و واردات، توانایی خانوارها برای خرید میزان کافی غذا، میزان جذب ریزمغذی‌ها توسط افراد و در نهایت پایداری در دریافت مواد غذایی در همه‌ی زمان‌ها را مورد بحث قرار می‌دهد (Soflaie Shahrabak et al., 2018). بر اساس گزارش‌های موجود، شمار افراد دچار سوء تغذیه، به عنوان یکی از معیارهای اصلی امنیت غذایی، در سطح جهان در سال ۲۰۱۹ با رشد ۴/۷ درصدی نسبت به سال ۲۰۱۸، برابر ۶۱۸ میلیون نفر برآورد شده‌است که این رقم در حدود ۹ درصد جمعیت کره‌ی زمین را شامل می‌شود. لازم به توضیح است که شیوع سوءتغذیه درصدی از جمعیت یک جامعه است که مصرف غذای متداول آنها برای تأمین سطح انرژی غذایی لازم برای حفظ یک زندگی فعال و سالم کافی نیست (Bruinsma et al., 2017). همچنین گسترش سوء تغذیه در ایران، با روندی رو به رشد، از میزان ۴/۸ درصد در سال ۲۰۰۱ به میزان ۵/۵ درصد در سال ۲۰۱۹ رسیده‌است و لذا هم‌اکنون در حدود ۵ میلیون نفر از جمعیت ایران دچار سوء تغذیه هستند (World Bank, 2022). افزون بر این، بررسی‌های دقیق‌تر نشان از کاهش دسترسی افراد جامعه به ریزمغذی‌ها در رژیم غذایی افراد دارد (Rezaeifar et al. 2022). به عبارت دیگر، همگام با رشد ناامنی غذایی در دهه‌های اخیر، کاهش کیفیت رژیم غذایی افراد، از جمله چالش‌های پیش رو در بحث امنیت غذایی کشور است (Ardakani et al., 2017).

سلامت و امنیت غذایی یک کشور به طور مستقیم وابسته به تولیدهای بخش کشاورزی است و هر اختلالی در روند تولید این بخش می‌تواند امنیت غذایی و حتی سیاسی جامعه‌ها را تهدید کند. از این‌رو، چالش‌های اثرگذار بر بخش کشاورزی همانند کمبود سرمایه‌گذاری،

کاهش ضایعات محصولات...۳۷

فناوری نامناسب تولید، شور شدن خاک و خشکسالی، امنیت غذایی خانوارها را در بلندمدت تحت الشعاع قرار می‌دهد و سبب وابستگی بیشتر یک کشور به واردات از بازارهای بین‌المللی می‌شود (Wen et al., 2016). در میان چالش‌های یاد شده، تغییرهای اقلیم به دلیل اثرگذاری مستقیم بر تولیدهای کشاورزی و نیز منابع آب، دارای اهمیتی دو چندان است. این پدیده که اغلب به صورت افزایش دما و کاهش بارندگی نمود می‌یابد، موجب کاهش رواناب‌ها، افزایش تبخیر از سطح خاک و در نتیجه خشک‌تر شدن محیط گیاه و افزایش نیاز آبی آن می‌شود که در نهایت، افزایش تقاضای آب در بخش کشاورزی را در پی خواهد داشت (Mosavi et al., 2020). همچنین کاهش بارندگی و عدم تغذیه‌ی صحیح سفره‌های آب زیرزمینی از دیگر عامل‌هایی است که منجر به بروز بحران منابع آب در شرایط تغییر اقلیم می‌شود (Awadh et al., 2021). از سویی دیگر، افزایش تبخیر و تعرق، منجر به از بین رفتن مواد مغذی خاک و فرسایش آن می‌شود. همچنین با افزایش دما و کوتاه شدن مرحله‌های رشد گیاه، زمان کمتری برای دریافت نور، آب و عنصرهای غذایی وجود خواهد داشت. مجموعه‌ی این عامل‌ها، موجبات کاهش عملکرد اغلب محصولات کشاورزی را فراهم می‌آورد (Shayanmehr et al., 2021). بنابراین انتظار می‌رود همگام با رخداد تغییرهای اقلیم، میزان عرضه و قیمت محصول‌های کشاورزی، مزادهای اقتصادی و در پی آن، امنیت غذایی در بخش کشاورزی دستخوش نوسان شود. نتایج بسیاری از ارزیابی‌های انجام شده نیز بیانگر آن است که فقر و ناامنی غذایی، از پیامدهای نامطلوب تغییرهای اقلیم در منطقه‌های خشک و نیمه‌خشک همچون ایران خواهد بود (Soltani et al., 2022).

با وجود شرایط یادشده، هدررفت تولیدهای کشاورزی در ایران، بالاتر از میانگین جهانی آن گزارش شده است به نحوی که در حدود ۳۰ درصد تولیدهای زراعی و باغی کشور، که معادل ۳ درصد کل ضایعات غذایی جهان برآورد شده است، به صورت سالانه در زنجیره‌ی عرضه‌ی محصول‌های کشاورزی، تبدیل به پسماندهای غذایی می‌شود (AREEO^۱, 2016). ضایعات غذایی، به بخشی از محصول‌های کشاورزی اطلاق می‌شود که در مرحله‌های کاشت، داشت، برداشت، پس از برداشت و عرضه، به موجب عامل‌های آسیب‌زا همانند آفات و بیماری‌ها و یا به دلیل نارسایی سامانه‌های نگهداری، فرآوری و حمل و نقل، کیفیت خود را از دست داده است. لازم به یادآوری است که پسماند یا دورریز غذا تنها در زمینه محصول‌های تولیدی به منظور

^۱ Agricultural Research, Education and Extension Organization

مصرف انسان، محاسبه می‌شود و در دیگر موارد بدون کاربرد است (Chang et al., 2019). گسترش هدررفت محصول‌های کشاورزی، باعث کاهش تولید، افزایش نیاز به واردات، هدررفت نهاده‌های تولید، و در مجموع، پیامدهای منفی بر اقتصاد کشورها است. همچنین تولید غذایی که به مصرف نمی‌رسد افزون بر هدررفت ارزش اقتصادی غذا، منجر به انتشار دی‌اکسید کربن و آلودگی محیط زیست نیز می‌شود (Abdullah et al., 2020). همچنین ضایعات غذایی، از طریق افزایش قیمت محصول‌های کشاورزی، رفاه و امنیت غذایی را دستخوش تغییر می‌کند (Kang et al., 2020). لذا با توجه به حجم عظیم هدررفت محصول‌های کشاورزی و غذایی در کشور، سرمایه‌گذاری سودآور در زمینه کاهش و نیز استفاده‌ی بهینه از ضایعات، بهبود شرایط تولید و مصرف غذا را در پی خواهد داشت (Pirmoradi et al., 2013). نتایج بسیاری از ارزیابی‌های پیشین نیز نشان می‌دهد که اغلب خرده‌کشاورزان در کشورهای در حال توسعه، در نزدیکی خط فقر و در حاشیه‌ی امنیت غذایی به سر می‌برند که کاهش ضایعات کشاورزی، پیامدهایی مثبت بر معیشت آنان خواهد داشت (Iakovou et al., 2010).

با توجه به این رویکرد، در پژوهش کنونی، ارزیابی پیامدهای کاهش ضایعات محصول‌های کشاورزی بر امنیت غذایی خانوارهای کشاورز دشت همدان-بهار، به عنوان یکی از قطب‌های تولید محصول‌های کشاورزی ایران، در دستور کار قرار گرفت. این دشت که با وسعت ۲۴۷۵ کیلومتر مربع در استان همدان واقع شده‌است، دارای اقلیمی سرد و نیمه خشک با میانگین بلندمدت سالانه‌ی دما و بارش به ترتیب برابر با ۱۱ درجه‌ی سلسیوس 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 تولیدهای دیم اختصاص دارد (Iran Ministry of Agriculture Jihad, 2022). در دهه‌های اخیر به دلیل رخداد خشکسالی و توسعه‌ی فعالیت‌های کشاورزی، برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی این منطقه افزایش یافته‌است و لذا ممنوعیت توسعه‌ی بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی دشت همدان-بهار از سال ۱۳۷۲، به دلیل منفی شدن تراز (بیلان) آب، اعمال شده‌است (Regional Water Company of Hamadan, 2022). از این رو، با در نظر گرفتن اهمیت منابع آبی در تامین امنیت غذایی، سیاست‌گذاران در پی اتخاذ راهکارهایی برای سازگاری با بحران تغییرهای اقلیم آبی به منظور برون‌رفت از محدودیت منابع آب در این دشت هستند. لذا در این پژوهش، پیامدهای کاهش

کاهش ضایعات محصولات... ۳۹

ضایعات محصول‌های کشاورزی به عنوان یک راهکار مدیریتی برای کاهش پیامدهای منفی تغییرهای اقلیم بر امنیت غذایی منطقه، بحث و بررسی شد. موضوع‌های مرتبط با امنیت غذایی، تغییرهای اقلیم و ضایعات محصول‌های کشاورزی به صورت جداگانه در بسیاری از بررسی‌های پیشین مورد بحث قرار گرفته‌اند. بخشی از این بررسی‌ها، ارزیابی پیامدهای تغییرهای اقلیم بر امنیت غذایی را در دستور کار خود قرار دادند و اغلب بر این واقعیت تاکید داشتند که پدیده‌ی تغییر اقلیم موجب کاهش منابع آب در دسترس، کاهش عملکرد اغلب محصول‌های کشاورزی و کاهش رفاه و امنیت غذایی در بخش کشاورزی خواهد شد. به عنوان مثال نتایج بررسی (Parhizkari and Yazdani (2017) در ارزیابی پیامدهای اقتصادی و آب‌شناختی (هیدرولوژیکی) تغییرهای اقلیم در استان قزوین نشان داد که کاهش میانگین بارش سالانه تحت پیش‌فرض‌های (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 سطح‌های زیر کشت محصول‌های آبی و در نهایت، کاهش ۶/۵۸ تا ۱۳/۴۱ درصدی در امنیت غذایی کشاورزان را در پی خواهد داشت. Van Passel et al (2017) بر این واقعیت تاکید داشتند که میزان زیان وارد بر بخش کشاورزی کشورهای اروپایی در افق ۲۱۰۰ در رویارویی با تغییر میزان‌های میانگین دما و بارش، در بازه‌ی مقداری +۵ تا -۳۲ درصد قرار خواهد گرفت. Gohar et al (2019) پیامدهای بالقوه‌ی تغییرهای اقلیم بر کمیابی منابع آب، امنیت غذایی و معیشت کشاورزان در کشور باربادوس را در کانون بحث قرار دادند و با بهره‌گیری از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت پویا و نیز ریزمقیاس‌نمایی سناریوهای RCP^۱، اذعان داشتند که تغییرهای اقلیم، وابستگی به زمان‌های اضافی آبیاری را افزایش می‌دهد و موجب افزایش ارزش نهایی آب آبیاری می‌شود. در این شرایط، قیمت مواد غذایی افزایش می‌یابد که کاهش معیشت کشاورزی و امنیت غذایی را در پی خواهد داشت. Molotoks et al (2021) با بهره‌گیری از ریزمقیاس‌نمایی پیش‌بینی‌های اقلیمی دریافتند که در نتیجه‌ی گرمایش جهانی آتی، کشورهای واقع در صحرای آفریقا با بیشترین میزان شیوع سوء تغذیه در افق ۲۰۳۰ روبه‌رو خواهند شد. با این حال، مهار نرخ رشد جمعیت، بهبود عملکرد محصول‌های کشاورزی از طریق کاربرد رقم‌های زراعی مقاوم به خشکی و اصلاح رابطه‌های تجاری، می‌تواند تا حدی در کنترل پیامدهای منفی تغییرهای اقلیم مؤثر واقع شود.

^۱ Representative Concentration Pathway

گروهی دیگر از بررسی‌ها، موضوع‌های مرتبط با ضایعات محصول‌های کشاورزی در کشورهای مختلف جهان را تحلیل کردند. این بررسی‌ها اغلب با استفاده از روش‌های نمونه‌گیری و تکمیل پرسشنامه، به ارزیابی علل ایجاد، روش‌های کاهش و نیز راه‌کارهای استفاده‌ی بهینه از ضایعات محصول‌های کشاورزی پرداختند، در حالی که تحلیل‌های بازاری و اقتصادی این موضوع، توجه کمتری را به خود اختصاص داده‌است. در میان معدود بررسی‌های اقتصادی صورت گرفته در این زمینه، می‌توان به بررسی (Azhdari et al (2013) اشاره کرد که آثار رفاهی کاهش ضایعات در مراحل مختلف زنجیره‌ی عرضه‌ی نان را در ایران ارزیابی کردند. نتایج این بررسی نشان داد که در صورت حذف کامل ضایعات نان، هزینه‌ی تولید و نیز قیمت هر کیلوگرم محصول نهایی در کوتاه‌مدت به ترتیب به میزان ۱۵/۵ و ۲/۶ درصد کاهش می‌یابد که این تغییرها، در یک افق برنامه‌ریزی ۱۰ ساله، بهبود رفاه اجتماعی به میزان ۳/۹ درصد را در پی خواهد داشت. نتایج پژوهش (Keshavarz et al (2016) در بررسی میزان ضایعات پس از برداشت ۲۱ محصول زراعی و باغی عمده‌ی کشور ایران، بر این واقعیت تاکید داشت که میزان هدررفت آب ناشی از ضایعات مورد بحث در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ برابر ۹/۳ میلیارد متر مکعب، و زیان اقتصادی آن برابر ۹۲۲۹۷ میلیارد ریال بوده‌است. (Sun et al (2018) در نتایج بررسی‌های خود اذعان داشتند که میزان ضایعات پس از برداشت محصول‌های کشاورزی کشور چین در سال ۲۰۱۰ در حدود ۱۴/۵ درصد بوده‌است که این میزان، هدررفت ۱۶/۳ میلیارد مترمکعب آب و انتشار ۶۰/۸۵ میلیون تن دی‌اکسید کربن را در پی داشته‌است. (Pereira et al (2022) در بررسی زراعت محصول سویا در کشور برزیل دریافتند که استفاده‌ی نادرست از کمباین، تخریب بافت خاک و تنزل شدید رطوبت خاک، از جمله مهم‌ترین عامل‌های ایجاد حجم بالای ضایعات در مرحله‌ی برداشت این محصول است به گونه‌ای که در این کشور، به طور میانگین، از هر ۲۰ دلار درآمد کشاورزان، ۱ دلار به دلیل وجود ضایعات هدر می‌رود. لذا بهبود دانش کشاورزان در زمینه کشت این محصول می‌تواند در کاهش ضایعات مؤثر واقع شود.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود در اغلب بررسی‌های پیشین، رویکرد بازارگرایانه در زمینه کاهش ضایعات محصول‌های غذایی به عنوان راهکاری برای رویارویی با چالش‌های بخش کشاورزی، کمتر مورد توجه محققان بوده‌است. لذا ارزیابی این موضوع در پژوهش کنونی در دستور کار قرار گرفت و ضمن برآورد پیامدهای تغییرهای اقلیم بر شاخص سوء تغذیه در میان خانوارهای کشاورز دشت همدان-بهار، چگونگی اثرگذاری کاهش ضایعات محصول‌های

کاهش ضایعات محصولات... ۴۱

کشاورزی در مرحله‌های اولیه‌ی تولید تا برداشت، به عنوان یک راهکار مدیریتی، بررسی شد. بدیهی است که یافته‌های این پژوهش برای اتخاذ سیاست‌های آتی، راه‌گشای محققان و سیاست‌گذاران حوزه‌ی سلامت و امنیت غذایی خواهد بود.

روش تحقیق

برای دستیابی به هدف‌های تحقیق، در آغاز، تغییرهای اقلیم منطقه از طریق ریزمقیاس‌نمایی سنج‌ی اقلیمی بارش در مدل مولد داده‌های هواشناسی LARS-WG^۱ در سطح ایستگاه همدید (سینوپتیک) منطقه و با بهره‌گیری از اطلاعات سناریوهای SSP^۲ در مدل گردش عمومی جو CMIP6^۳، با در نظر گرفتن دوره‌ی مشاهده‌ای ۱۳۶۸-۱۳۹۷ در یک افق برنامه‌ریزی ۲۰ ساله پیش‌بینی شد. سناریوهای SSP، با بهره‌گیری از مجموعه‌ای از اطلاعات کمی و کیفی، پیشرفت‌های احتمالی در انتشار گازهای گلخانه‌ای را در سطح جهان ارزیابی می‌کنند. در سناریوی SSP1 که نشان‌دهنده‌ی سطح‌های پایین انتشار در مقایسه با دیگر سناریوهاست، چالش‌های کمتری برای سازگاری با تغییرهای آب و هوایی وجود دارد. در سناریوی SSP2، روند کنونی انتشار گازهای گلخانه‌ای کم و بیش ادامه خواهد داشت. در سناریوی SSP3، نرخ رشد اقتصادی در ترکیبی از عامل‌های مختلف همچون پیشرفت کم فناوری، توسعه نیافتن فناوری‌های پاک، سطح پایین آموزش و رشد فزاینده‌ی جمعیت، بسیار کند فرض شده‌است. در این سناریو، سطح‌های کم درآمد در کشورهای در حال توسعه، چالش‌های جدی برای سازگاری با پدیده‌ی گرمایش جهانی را نشان می‌دهد (Absar & Preston, 2015; Bohmelt, 2017).

در ادامه چگونگی اثرگذاری میزان‌های پیش‌بینی شده‌ی بارش بر میزان تبخیر و تعرق محصول‌های زراعی، در قالب رابطه‌ی ۱ ارائه شده‌است (Garbrecht et al., 2004; Irmak et al., 2013). در این رابطه، a ، k ، c و t به ترتیب نشانگر نوع محصول، فناوری آبیاری، سناریوی اقلیمی و زمان، ET تبخیر و تعرق محصول‌های زراعی و Pr بارش تجمعی سالانه‌ی منطقه است. در این رابطه برآورد فراسنجه‌های (پارامترهای) β_1 و β_2 ، با بهره‌گیری از اطلاعات سالانه‌ی تبخیر و تعرق محصول‌های زراعی و نیز اطلاعات مرتبط با بارش تجمعی سالانه‌ی ارائه شده توسط ایستگاه‌های هواشناسی منطقه در دوره‌ی زمانی ۱۳۶۸-۱۳۹۷، از طریق روش

^۱ Long Ashton Research Station-Weather Generator

^۲ Shared Socioeconomic Pathways

^۳ Coupled Model Intercomparison Project 6

GME^۱ میسر شد (Huang et al., 2012). در گام بعدی، برای تعیین میزان‌های عملکرد محصول‌های کشاورزی منطقه در رویارویی با تغییرپذیری‌های تبخیر و تعرق، از رابطه‌ی ۲ استفاده شد. در این رابطه، a ، k ، c و t به ترتیب نشان‌دهنده نوع محصول، فناوری آبیاری، سناریوی اقلیمی و زمان، Yield عملکرد محصول، ET تبخیر و تعرق محصول‌های زراعی و α_1 و α_2 فراسنجه‌های الگو هستند. در زمینه رابطه‌ی میان عملکرد محصول‌های کشاورزی و تبخیر و تعرق، بسیاری از محققان تاکید داشتند با توجه به اینکه کاربرد آب اضافی بیش از نقطه‌ی بیشینه‌ی تبخیر و تعرق، بهبود عملکرد محصول را در پی نخواهد داشت، شکل تبعی درجه‌ی دوم از نظر آماری قوی‌تر است (Zhang et al., 1999; Liu et al., 2002). لذا در این تحقیق با بهره‌گیری از اطلاعات مرتبط با عملکرد و تبخیر و تعرق محصول‌های زراعی منطقه در دوره‌ی ۱۳۹۷-۱۳۶۸، به برآورد فراسنجه‌های α_1 و α_2 در قالب رابطه‌ی ۲ و با استفاده از روش GME پرداخته شد. بدیهی است پس از محاسبه‌ی میزان عملکرد محصول‌ها، با استفاده از گستره سطح زیر کشت محصول‌ها در هر سناریوی اقلیمی می‌توان تغییرپذیری‌های تولید بخش کشاورزی منطقه را ارزیابی کرد. در ادامه، میزان اثرگذاری تغییرهای اقلیم بر منابع آب زیرزمینی دشت، با استفاده از رابطه‌ی ۳ ارزیابی شد. بر اساس این رابطه، میزان ذخیره‌ی آبخوان دشت همدان-بهار در هر سال (SV_t)، به ذخیره‌ی آبخوان در سال پیشین (SV_{t-1})، میزان نفوذ به آبخوان (Seep) و نیز میزان‌های برداشت کشاورزی (GP) و غیرکشاورزی ($\bar{U}r$) از سفره‌ی آب زیرزمینی در سال جاری وابسته خواهد بود (Gohar & Cashman, 2016). همچنین در این رابطه، میزان نفوذ به سفره‌ی آب زیرزمینی، به صورت اختلاف میان حجم بارش دریافتی و مجموع تبخیر و تعرق محصول‌های کشاورزی در هر سال ارائه شد و با توجه به ناچیز بودن منابع آب سطحی منطقه‌ی تحقیق، از در نظر گرفتن حجم رواناب در این زمینه پرهیز شد (Safari Shad et al., 2017; Bayatvarkeshi et al., 2018).

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

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

$$SV_{ct} = SV_{ct-1} + Seep_{ct} - \sum_a \sum_k GP_{akct} - \bar{U}r_{ct} \quad (۳)$$

^۱ General Maximum Entropy

کاهش ضایعات محصولات... ۴۳

در ادامه، برای شبیه‌سازی تغییرپذیری‌های الگوی کشت منطقه در رویارویی با تغییرهای اقلیم، از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت پویا در شرایط درون‌زایی قیمت استفاده شد. این رهیافت افزون بر ارزیابی جزییات الگوی کشت، با ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا، در تعیین قیمت‌های تعادلی محصول‌ها اهتمام می‌ورزد (Kiani Ghalehsard et al., 2020). در حالت کلی، یک الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)^۱ در سه مرحله انجام می‌شود (Howitt, 1995). در مرحله‌ی نخست، یک مدل برنامه‌ریزی خطی به همراه محدودیت‌های واسنجی و محدودیت‌های منابع، با هدف برآورد قیمت‌های سایه‌ای سطح زیر کشت محصول‌ها، تدوین می‌شود. در گام دوم، میزان‌های دوگان مورد بحث، برای برآورد مشخصه‌های تابع هدف غیرخطی استفاده می‌شود، به‌گونه‌ای که سطح فعالیت‌های مشاهده‌ای در دوره‌ی پایه توسط الگوی غیرخطی یادشده و بدون استفاده از محدودیت‌های واسنجی بازتولید می‌شود. تابع هدف غیرخطی در مرحله‌ی دوم، با قراردادن یک تابع هزینه‌ی غیرخطی در تابع هدف مرحله‌ی اول به‌دست می‌آید. در نهایت در گام سوم، تابع هزینه‌ی غیرخطی، در یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی همراه با دیگر محدودیت‌ها استفاده می‌شود. در الگوی PMP پویا، مسئله‌ی تحقیق در یک دوره‌ی زمانی با عنوان افق برنامه‌ریزی شبیه‌سازی می‌شود. با فرض سالانه بودن گام زمانی در افق برنامه‌ریزی تحقیق، میزان متغیرهای تصمیم در هر سال بر مبنای نتایج سال پیشین تعیین می‌شود. در واقع در این الگو، مرحله‌های سه‌گانه‌ی مدل PMP در هر یک از سال‌های افق برنامه‌ریزی اجرا می‌شود و محدودیت واسنجی در هر سال بر اساس نتایج سال پیشین لحاظ می‌شود. در نهایت نتایج الگو در کل افق برنامه‌ریزی تجمیع خواهد شد (Ravand et al., 2018). در ادامه، الگوی تجربی این تحقیق مشتمل بر ۱۸ محصول زراعی، بر اساس اطلاعات سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ به عنوان سال پایه و در یک افق برنامه‌ریزی ۲۰ ساله ارائه شده‌است. در این الگو، معادله‌های منابع آب، شرایط پویایی مدل را فراهم و متغیرهای مربوط به آبخوان و تغییرپذیری‌های آن را از سالی به سال دیگر شبیه‌سازی می‌کند. به این ترتیب، تخصیص نهاده‌ها در افق برنامه‌ریزی، به ظرفیت آبخوان در طول زمان بستگی خواهد داشت. رابطه‌ی ۴ تابع هدف این الگو را به صورت بیشینه‌ساز ارزش حال درآمد خالص کشتزار (PTNB)^۲، ارائه می‌کند. در این رابطه c ، t ، a و k به ترتیب بیانگر سناریوی اقلیمی، زمان، نوع محصول و فناوری آبیاری است. همچنین P قیمت محصول، $Yield$ عملکرد محصول، ATC میانگین

^۱ Positive Mathematical Programming

^۲ Present Total Net Benefit

هزینه‌ی تولید در هکتار، WC هزینه‌ی مستقیم آبیاری، X سطح زیرکشت و r نرخ بهره است. هزینه‌ی مستقیم آبیاری به تعرفه‌ی آب برای استفاده در سامانه‌های نوین آبیاری اشاره دارد. میانگین هزینه‌ی تولید در هکتار، همان‌طور که در رابطه‌ی ۵ نیز مشهود است، در قالب هزینه‌های غیر آبی (NWC)، هزینه‌های سرمایه‌ای سامانه آبیاری (CC) و هزینه‌ی انرژی مصرفی برای پمپاژ آب (PC) جداسازی شده‌است. هزینه‌های غیر آبی شامل هزینه‌های مرتبط با زمین، نیروی کار، کودهای شیمیایی و ماشین‌ها و ادوات کشاورزی هستند. هزینه‌های سرمایه‌ای (رابطه‌ی ۶) نیز به مواردی همچون هزینه‌ی خرید سامانه آبیاری (CCS)، نرخ بهره، طول عمر سامانه آبیاری (SL) و میزان یارانه‌ی پرداختی دولت در این مورد (Subsidy) وابسته است. در نهایت، برابر با رابطه‌ی ۷، در مورد هزینه‌ی پمپاژ باید توجه داشت که این هزینه متناسب با افزایش عمق پمپاژ افزایش می‌یابد و لذا می‌توان آن را به صورت حاصل ضرب شاخص هزینه‌ی انرژی پمپاژ (Kp) در عمق پمپاژ ($P.depth_{ct}$) در نظر گرفت.

$$PTNB_c = \sum_a \sum_k \sum_t \frac{[(P_{act} * Yield_{akt} - ATC_{akt}) * X_{akt} - WC]}{(1+r)^t} \quad (4)$$

$$ATC_{akt} = NWC_{akt} + CC_{act} + WC + PC_{act} \quad (5)$$

$$CC_{ads} = \left\{ \frac{CCS * r}{1 - \left[\frac{1}{(1+r)^{SL}} \right]} \right\} * (1 - Subsidy) \quad (6)$$

$$PC_{akt} = Kp_{akt} * P.depth_{ct} \quad (7)$$

در ادامه، تابع تقاضای معکوس به تفکیک هر یک از محصول‌های کشاورزی در قالب رابطه‌ی ۸ و با استفاده از کشش‌های تقاضای محصول (ϵ) محاسباتی در بررسی‌های پیشین (Barikani et al., 2008; Karimi et al., 2010; Sabouhi & Ahmadpour, 2012) برآورد شد. در این رابطه، a, k, c و t به ترتیب بیانگر نوع محصول، فناوری آبیاری، سناریوی اقلیمی و زمان، P قیمت محصول، TP تولید محصول و θ_{0a} و θ_{1a} فراسنجه‌های الگو هستند. لازم به یادآوری است که فراسنجه‌های تابع تقاضای معکوس به صورت $\theta_{0a} = [P_{act} - (\theta_1 * TP_{akt})]$ و $\theta_{1a} = \left[\epsilon_a / \left(\frac{P_{act}}{TP_{akt}} \right) \right]$ (Momeni & Zibaei, 2013) تعیین می‌شوند.

کاهش ضایعات محصولات...۴۵

$$P_{act} = \theta_{0a} + \theta_{1a} * \sum_k TP_{akct} \quad (۸)$$

محدودیت‌های منبع‌ها در الگوی تجربی این تحقیق شامل محدودیت آب، سطح زیر کشت، سرمایه، نیروی کار و کودهای شیمیایی هستند که محدودیت مرتبط با کودهای شیمیایی برای هر یک از کودهای نیتروژن، فسفات و پتاس تکرار می‌شود. محدودیت منبع آب نشان می‌دهد که کل آب مورد نیاز برای کشت و تولید محصول‌های 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 منبع آب زیرزمینی است و بر همین مبنا محدودیت منبع آب زیرزمینی مهم‌ترین محدودیت مدل را تشکیل می‌دهد (Afruz & Zare Abyaneh, 2020). دیگر محدودیت‌های مدل نیز بیانگر آن هستند که میزان استفاده از هر یک از منبع‌های زمین، سرمایه، نیروی کار و کودهای شیمیایی برای تولید محصول‌ها نمی‌تواند از کل منبع‌های در دسترس دشت فزونی یابد. در نهایت به‌منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات، از بسته‌ی نرم‌افزاری GAMS و الگوریتم CONOPT3 استفاده شد. همچنین گردآوری اطلاعات مربوط به ضریب‌های فنی محصول‌های کشاورزی و نهاده‌ها در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶، از طریق آمارنامه‌های وزارت جهاد کشاورزی صورت پذیرفت.

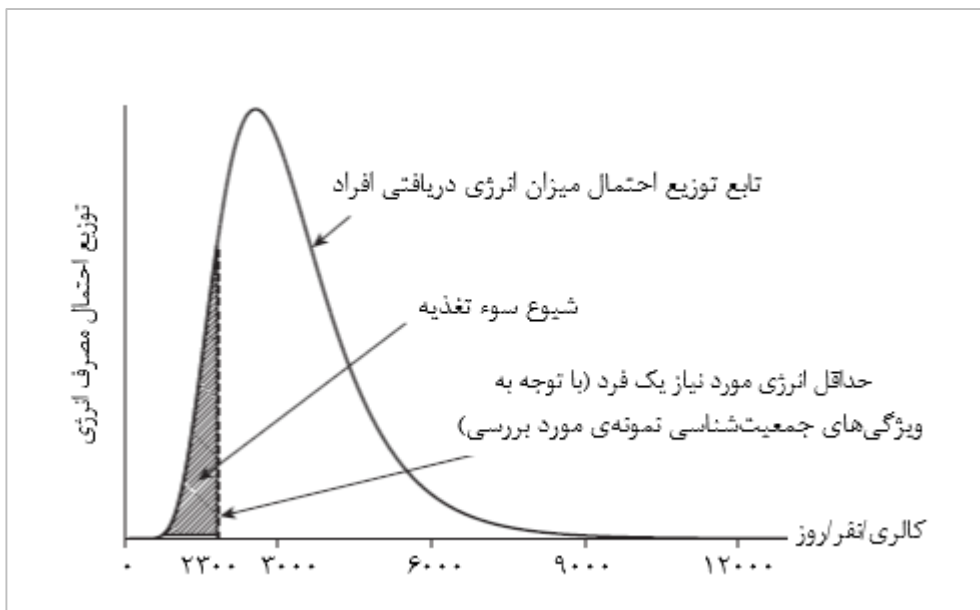
پس از ارزیابی پیامدهای تغییرهای اقلیم بر اجزای مختلف الگوی کشت منطقه، به محاسبه‌ی شاخص سوء تغذیه در سال پایه و نیز پیش‌بینی آن در افق برنامه‌ریزی تحقیق در هر یک از سناریوهای اقلیمی پرداخته شد. محاسبه‌ی شاخص سوء تغذیه، با بهره‌گیری از نرم‌افزار ADePT (Molledo et al., 2014)، با استفاده از رهیافت تابع توزیع احتمال میزان انرژی دریافتی افراد جامعه (رابطه‌ی ۹) و با گردآوری اطلاعاتی همچون درآمد و هزینه، میزان مصرف اقلام خوراکی و ویژگی‌های جمعیت‌شناسی خانوارهای کشاورز دشت همدان- بهار در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ فراهم شد.

$$PoU = P(x < r) = \int_x^r f_x(x) dx = F_x(x_r) \quad (۹)$$

در رابطه‌ی ۹، PoU ^۱ بیانگر درصد جمعیت رویارو با سوء تغذیه، x مقدار انرژی مصرفی یک فرد در یک دوره زمانی مشخص در جامعه، r کمترین انرژی مورد نیاز یک فرد و f_x تابع توزیع

^۱ Prevalence of Undernourishment

احتمال انرژی مصرفی افراد جامعه است. این رابطه نشان می‌دهد که گسترش سوء تغذیه در یک جامعه، به صورت سطحی از زیر منحنی توزیع احتمال انرژی مصرفی افراد تعریف می‌شود که میزان انرژی دریافتی آن کوچکتر از کمترین انرژی استاندارد مورد نیاز یک فرد با توجه به ساختار جمعیتی نمونه‌ی مورد بررسی است. این مفهوم به صورت تصویری در نمودار ۱ نیز ارائه شده‌است.



نمودار (۱) تصویر شمای کلی از چگونگی محاسبه‌ی شیوع سوء تغذیه در یک جامعه

Figure (1) Schematic image of calculate the prevalence of undernourishment in a society

با توجه به نمودار ۱ و نیز برابر با گزارش مؤسسه (انستیتو) تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور (۱۴۰۱)، مبنی بر اینکه کمترین انرژی مورد نیاز هر فرد در هر روز در کشور ایران برای تأمین نیازهای یک زندگی سالم، برابر ۲۳۰۰ کالری است (National Nutrition and Food Technology Research Institute, 2022)، گسترش سوء تغذیه در منطقه‌ی تحقیق، به صورت سطحی از زیر منحنی توزیع احتمال انرژی مصرفی افراد تعریف می‌شود که میزان انرژی دریافتی آن کوچکتر از ۲۳۰۰ کالری/نفر/روز است.

کاهش ضایعات محصولات...۴۷

جامعه‌ی آماری این تحقیق متشکل از جمعیت ۶۲ هزار نفری خانوارهای کشاورز دشت همدان- بهار است. این دشت شامل ۲ شهرستان، ۴ بخش و ۳۴ روستا است و جایگاه بسیار مهمی در تولیدهای کشاورزی استان و در مورد برخی محصولات نقش عمده‌ای در سطح کشور دارد. نمونه‌ی مورد بررسی، با استفاده از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای دو مرحله‌ای به دست آمد. 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 همانندی هستند، به عنوان خوشه‌های اصلی در نظر گرفته شدند. در مرحله‌ی بعد، روستاهای درون هر خوشه، با توجه به اینکه شرایط خاک و پستی و بلندی (توپوگرافی) یکسانی دارند، خوشه‌بندی شدند. سپس به منظور انتخاب خوشه‌های مورد بررسی، در دو مرحله از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد که بدین منظور، رابطه‌ی ۱۰ مورد استفاده قرار گرفت (عمیدی، ۱۳۸۵).

$$n = N\sigma^2 / [(N - 1)(B^2/4) + \sigma^2] \quad (10)$$

در این رابطه، n نمایانگر حجم نمونه، N حجم جامعه، σ^2 واریانس جامعه و B کران خطای برآورد هستند. در نهایت با به‌کارگیری روش بالا، نمونه‌ای متشکل از ۳۲۰ خانوار کشاورز به دست آمد. در ادامه به منظور گردآوری اطلاعات خانوارهای موجود در نمونه‌ی یادشده از پرسشنامه‌ی طرح آمارگیری هزینه و درآمد خانوارهای شهری و روستایی ارائه شده توسط مرکز آمار ایران استفاده شد. این پرسشنامه که در پیوست مطالعه‌ی حاضر، ارائه و کارایی و روایی آن نیز توسط مرکز آمار ایران تایید شده‌است، از طریق مصاحبه‌ی رو در رو محقق با شخصی که بیشترین آگاهی در مورد مواد غذایی خریداری و مصرف شده در خانوار را دارد، تکمیل و اطلاعات آن در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ استخراج شد.

در نهایت به منظور ارزیابی راهبرد امنیت غذایی در منطقه، مقدار شاخص سوء تغذیه در سال‌های آتی در نتیجه‌ی رخداد تغییرهای اقلیم، با استفاده از رابطه‌ی ۱۱ پیش‌بینی شد.

$$PoU_{ct} = \alpha_{0ct} + \sum_i \alpha_{ict} X_{ict} + u_{ct} \quad (11)$$

در این رابطه، PoU بیانگر شاخص سوء تغذیه، c پیش‌فرض (سناریوی) اقلیمی، t زمان، i شمارنده‌ی متغیر توضیحی، α ضریب‌های شیب و عرض از مبدأ، X بردار متغیر توضیحی (شامل متغیرهای جمعیت، درآمد خانوار، تحصیلات خانوار، میزان برداشت آب‌های زیرزمینی و

میزان‌های قیمت و تولید محصول‌های زراعی) و u جزء اخلال است. پس از برآورد رابطه‌ی (۱)، با توجه به میزان اثرگذاری تغییرهای اقلیم بر متغیرهای توضیحی الگو، شاخص سوء تغذیه در منطقه، با در نظر گرفتن میزان محاسبه‌شده آن در سال پایه، در سناریوهای اقلیمی پیش‌بینی شد. لازم به یادآوری است که در برآورد این رابطه به صورت لگاریتمی، با استفاده از روش (تکنیک) OLS^۱ و در قالب الگوهای دوره زمانی (سری زمانی)^۲ در دوره‌ی ۹۷-۱۳۷۰، برای تشکیل سری زمانی شاخص سوء تغذیه در منطقه، از اطلاعات مرکز آمار ایران در زمینه داده‌های خام طرح هزینه و درآمد خانوار استان همدان استفاده شد. همچنین اطلاعات قیمت و تولید محصول‌های 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 دریافت شد.

در مرحله‌ی پایانی تحقیق، راهبرد مدیریتی کاهش ضایعات محصول‌های کشاورزی برای رویارویی با پیامدهای منفی تغییرهای اقلیم بر شاخص سوء تغذیه در منطقه، مورد بحث و بررسی قرار گرفت. بدین منظور، در آغاز با استفاده از اطلاعات گردآوری شده از کشاورزان دشت از طریق تکمیل پرسشنامه در یک نمونه متشکل از ۳۲۰ خانوار کشاورز، میزان ضایعات محصول‌های مختلف در مرحله‌های کاشت تا برداشت، تعیین شد. سپس این میزان ضایعات، به صورت مازاد بر تولید، به الگوی برنامه‌ریزی ریاضی ورود پیدا کرد و پس از اجرای مدل در هر سناریوی اقلیمی، خروجی‌های مدل دوباره برآورد و با شرایط پایه مقایسه شد.

نتایج

در آغاز برای شبیه‌سازی الگوی کشت دشت همدان- بهار، مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت پویای قیمت درون‌زا با استفاده از اطلاعات سال پایه‌ی ۹۷-۱۳۹۶ در منطقه اجرا شد که نتایج اولیه در قالب جدول ۱ در حالت مشاهده‌ای و نیز در شرایط واسنجی (کالیبراسیون) برای بازتولید الگوی پایه، ارائه شده‌است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، این مدل به شکلی مطلوب نسبت به داده‌های سال پایه تطبیق یافته و در بازتولید الگوی کشت سال پایه توانمند بوده‌است. لازم به توضیح است که بخش عمده‌ی کشاورزی دشت همدان-بهار به کشت محصول‌های زراعی (آبی و دیم) اختصاص داشته‌است و باغ‌ها، سهمی اندک (در حدود ۲ درصد) در این

^۱ Ordinary Least Squares

^۲ Time Series

کاهش ضایعات محصولات...۴۹

زمینه دارند (Regional Water Company of Hamadan, 2022). از این رو محصول‌های مورد بررسی در این تحقیق، عمده‌ترین محصول‌های کشاورزی منطقه هستند.

جدول (۱) الگوی کشت دشت همدان - بهار در حالت مشاهده‌ای در سال پایه و واسنجی شده توسط

مدل PMP

Table (1) Cropping pattern of Hamadan-Bahar plain in observation mode at the base year and calibration using PMP model

سطح زیر کشت (هکتار) Cultivation Area (ha)		محصول crop	سطح زیر کشت (هکتار) Cultivation Area (ha)		محصول crop
واسنجی calibration	مشاهده‌ای observation		واسنجی calibration	مشاهده‌ای observation	
214/95	216	کلزا Rapeseed	10358/84	10361	جو آبی Irrigated barely
13339/07	13341	گندم آبی Irrigated wheat	15656/03	15660	جو دیم Rainfed barely
82930/95	82935	گندم دیم Rainfed wheat	131/54	132	چغندر قند Sugar beet
17/93	18	گوجه‌فرنگی Tomato	356/97	357	خیار Cucumber
14/99	15	لوبیا Bean	302/97	303	ذرت علوفه ای Forage corn
67/99	68	نخود Chickpea	9600/74	9601	سیب زمینی Potato
300/97	301	هندوانه Irrigated watermelon	1934/99	1935	سیر Garlic
5/99	6	هندوانه دیم Rainfed watermelon	56/89	57	عدس دیم Rainfed lentil
8481/98	8482	یونجه Alfalfa	520/92	521	کدو آجیلی Pumpkin

Source: Research Findings

منبع: یافته‌های تحقیق

در ادامه، در جدول ۲، نتایج ناشی از پیش‌بینی سنجه‌ی اقلیمی بارش در دشت همدان-بهار با استفاده از مدل مولد داده‌های هواشناسی LARS-WG ارائه شده‌است. بر مبنای اطلاعات این جدول، میزان‌های بارش تجمعی سالانه‌ی منطقه در دوره‌ی ۲۰ ساله‌ی آتی در همه سناریوهای اقلیمی روندی کاهشی خواهد داشت به طوری که در سناریوهای SSP1، SSP2 و SSP3 میانگین بارش به ترتیب برابر ۳۰۳، ۲۷۲ و ۲۵۲ میلی‌متر خواهد بود. این در حالی است که میزان بارش در سال پایه‌ی این تحقیق (۹۷-۱۳۹۶) برابر ۳۲۳ میلی‌متر گزارش شده‌است. پس از پیش‌بینی میزان‌های 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 میزان تبخیر و تعرق و در پی آن، عملکرد محصول‌های کشاورزی دشت همدان- بهار، با بهره‌گیری از رابطه‌های ۱ و ۲، تعیین شد. همچنین میزان اثرپذیری منابع آب زیرزمینی دشت در رویارویی با تغییرهای اقلیمی مورد بحث، با استفاده از رابطه‌ی ۳ ارزیابی و در الگوی PMP لحاظ شد. لازم به یادآوری است که رابطه‌های ۱ تا ۳، در الگوی برنامه‌ریزی، ادغام و همه‌ی رابطه‌ها در قالب ساختاری واحد بررسی شد. در جدول ۲، نتایج اعمال مجموعه‌ی این تغییرها در الگوی PMP در افق برنامه‌ریزی تحقیق ارائه شده‌است.

جدول (۲) میزان‌های بارش تجمعی، قیمت و تولید محصول‌های کشاورزی، درآمد و برداشت آب

زیرزمینی بخش کشاورزی دشت همدان- بهار در سناریوهای اقلیمی در افق برنامه‌ریزی

Table (2) Cumulative annual rainfall, price and production of crops, income and discharge of groundwater in the agricultural sector of the Hamadan-Bahar plain in the climate scenarios on the planning horizon

SSP3	SSP2	SSP1	Base	Variable
252	272	303	323	بارش تجمعی سالانه (میلی‌متر) Cumulative annual rainfall (mm)
355	340	310	273	برداشت سالانه‌ی آب (میلیون متر مکعب) Discharge of groundwater (mm ³)
31782	30588	29452	22033	میانگین قیمت محصول‌ها (ریال/کیلوگرم) Average price of crops (IRR/Kg)
744	776	857	897	مجموع تولید محصول‌ها (هزار تن) Total production of crops (1000 t)
16785	17852	19042	22881	درآمد خالص سالانه‌ی کشتزار (میلیارد ریال) Annual net farm income (10 ⁹ IRR)

Source: Research Findings

منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با رخداد تغییرهای اقلیم، میزان برداشت سالانه‌ی بخش کشاورزی از منبع‌های آب زیرزمینی دشت، در دو دهه‌ی آتی افزایش خواهد یافت به طوری که از میزان ۲۷۳ میلیون متر مکعب در سال پایه، به میزان ۳۱۰، ۳۴۰ و ۳۵۵ میلیون متر مکعب به ترتیب در سناریوهای SSP1، SSP2 و SSP3 خواهد رسید. از این رو میزان افزایش آن در مقایسه با سال پایه در دامنه‌ی ۱۳ تا ۳۰ درصد خواهد بود. شایان توجه است که با رخداد تغییرهای اقلیم، به دلیل کاهش فرآیند تبخیر و تعرق در اغلب محصول‌ها، محیط پیرامون گیاه خشک‌تر و نیاز آبی محصول‌ها افزایش خواهد یافت. از سوی دیگر عملکرد محصول‌ها در نتیجه‌ی این تغییرپذیری‌ها کاهش می‌یابد. مجموعه‌ی این تغییرها موجب افزایش فشار کشاورزان بر نهاده‌ی آب برای افزایش تولید و به عبارت دیگر افزایش تقاضای آب در بخش

کاهش ضایعات محصولات... ۵۱

کشاورزی می‌شود. بر این مبنای و با توجه به کاهش میانگین بارندگی در کل دوره‌ی برنامه‌ریزی، برداشت سالانه‌ی آب در بخش کشاورزی منطقه افزایش خواهد یافت. همچنین برابر با میزان‌های ارائه شده در جدول ۲، مجموع تولید محصول‌های زراعی این دشت در سال پایه‌ی تحقیق برابر ۸۹۷ هزار تن بوده‌است که در صورت تحقق سناریوهای اقلیمی، میزان یادشده کاهش می‌یابد. در این میان، بیشترین میزان کاهش تولید، در سناریوی SSP3 و در حدود ۱۵۳ هزار تن خواهد بود. لازم به یادآوری است که کاهش میانگین بارش دشت، پیامدهایی منفی بر تبخیر و تعرق و در پی آن بر عملکرد اغلب محصول‌ها خواهد داشت که کاهش میزان تولید، یکی از پیامدهای منفی این موضوع است. در سناریوهای SSP1 و SSP2 نیز میزان تولید در میانگین سالانه‌ی دوره‌ی برنامه‌ریزی، به ترتیب برابر ۸۵۷ و ۷۷۶ هزار تن برآورد شد که بیانگر کاهش تولیدهای منطقه به میزان ۴۰ و ۱۲۱ هزار تن است. افزون بر این موارد، همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، میانگین افزایش قیمت محصول‌ها در مقایسه با سال پایه در سناریوهای SSP1، SSP2 و SSP3 به ترتیب برابر ۷۴۱۹، ۸۵۵۵ و ۹۷۴۹ ریال خواهد بود. نتایج یادشده بیانگر آن است که کاهش تولید محصول‌های کشاورزی منطقه به دلیل اثرپذیری منفی عملکرد اغلب محصول‌ها در رویارویی با تغییر شرایط اقلیمی، موجب کاهش عرضه و در پی آن افزایش قیمت محصول‌ها می‌شود. از سویی دیگر، همگام با کاهش بارندگی و افزایش میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی برای آبیاری محصول‌های کشاورزی، هزینه‌های تولید، به دلیل افزایش عمق پمپاژ آب زیرزمینی، افزایش خواهند یافت که این موضوع پیامدهای منفی تغییر شرایط اقلیمی بر قیمت محصول‌ها را دوچندان می‌کند. تغییرپذیری‌های تولید و قیمت محصول‌های زراعی منطقه همگام با افزایش هزینه‌های تولید مرتبط با نهاده‌ی آب، رفاه تولیدکنندگان را دستخوش نوسان می‌کند که روند کاهشی ارزش حال درآمد خالص کشتزار در جدول ۲، این موضوع را نشان می‌دهد. برابر با اطلاعات این جدول، ارزش حال درآمد خالص کشتزار در مقیاس سالانه در دوره‌ی برنامه‌ریزی ۲۰ ساله‌ی این تحقیق در سناریوی SSP1 برابر ۱۹۰۴۲ میلیارد ریال خواهد بود که از مقایسه‌ی عدد یادشده با درآمد خالص کشتزار 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، میزان زیان یادشده در مقایسه با سال پایه به ترتیب برابر ۲۱/۹۸ و ۲۶/۶۴ درصد خواهد بود.

پس از پیش‌بینی پیامدهای تغییرهای اقلیم بر اجزای مختلف الگوی کشت دشت همدان-بهار شامل برداشت آب زیرزمینی، قیمت محصولات کشاورزی و درآمد خانوارهای کشاورز، به محاسبه‌ی شاخص سوء تغذیه در منطقه در سال پایه پرداخته شد. آمار و اطلاعات لازم در این زمینه 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 شد. در ادامه، در جدول ۳، برخی ویژگی‌های اجتماعی و اقتصادی خانوارهای موجود در نمونه‌ی یادشده ارائه شده است.

جدول (۳) ویژگی‌های اجتماعی و اقتصادی خانوارهای کشاورز دشت همدان-بهار در سال

پایه‌ی تحقیق

Table (3) Social and economic characteristics of farmer households in the Hamadan-Bahar plain in the base year of the research

مقدار Quantity	ویژگی اجتماعی و اقتصادی Social and economic characteristics
320	شمار خانوار Number of households
42.12	میانگین سن سرپرست خانوار (سال) Average age of household head (years)
95.6	درصد خانوارهای دارای سرپرست مرد Percentage of male-headed households
4.41	میانگین بعد خانوار Average household size
89.2	درصد افراد باسواد Percentage of literate people
409650	میانگین هزینه‌های سالانه‌ی مواد غذایی خانوار (هزار ریال) Average annual household food expenses (10 ³ IRR)
1024125	میانگین درآمد سالانه‌ی خانوار (هزار ریال) Average annual household income (10 ³ IRR)
232224	میانگین درآمد سرانه و سالانه‌ی خانوار (هزار ریال) Average per capita and annual household income (10 ³ IRR)

Source: Research Findings

منبع: یافته‌های تحقیق

بررسی اطلاعات این جدول نشان می‌دهد که در نمونه‌ی آماری تحقیق با میانگین بعد خانوار برابر با ۴/۴۱، درآمد سالانه‌ی خانوار برابر با ۱۰۲۴۱۲۵ هزار ریال و هزینه‌های سالانه‌ی مواد غذایی خانوار برابر ۴۰۹۶۵۰ هزار ریال، در سال پایه‌ی تحقیق در حدود ۴۰ درصد درآمد هر خانوار به خرید مواد غذایی اختصاص داشته است.

کاهش ضایعات محصولات... ۵۳

در ادامه برای محاسبه‌ی میزان انرژی دریافتی روزانه‌ی یک فرد در نتیجه‌ی مصرف اقلام خوراکی، عملکرد تغذیه‌ای خانوارها در منطقه‌ی تحقیق بحث شد. در این زمینه پس از جداسازی جامعه‌ی آماری تحقیق به ۱۰ دهک درآمدی، دو ماتریس تهیه شد. ماتریس اول شامل میزان مصرف اقلام خوراکی مختلف در یک سال بر مبنای اطلاعات ناشی از بخش خوراکی پرسشنامه‌های طرح آمارگیری هزینه و درآمد خانوارهای شهری و روستایی و ماتریس دوم، با عنوان ماتریس ارزش‌های غذایی، شامل میزان مواد مغذی موجود در یک کیلوگرم از اقلام مختلف غذایی است. از حاصل ضرب ماتریس‌های یادشده، ماتریس عملکرد تغذیه‌ای در دهک‌های مختلف درآمدی منطقه در سال پایه‌ی تحقیق به دست آمد. لازم به توضیح است که ماتریس عملکرد تغذیه‌ای، میزان انرژی دریافتی روزانه‌ی یک فرد در نتیجه‌ی مصرف اقلام مختلف خوراکی را به تفکیک دهک‌های درآمدی جامعه نشان می‌دهد. در جدول ۴، ماتریس ارزش‌های غذایی اقلام مختلف خوراکی شامل گروه‌های غلات، گوشت، لبنیات، روغن، میوه، سبزی، شکر، ادویه‌ها و نوشیدنی‌ها ارائه شده است.

جدول (۴) میزان میانگین مواد مغذی موجود در یک کیلوگرم از اقلام مختلف غذایی

Table (4) The average amount of nutrients in one kilogram of different food items

نوشیدنی Beverage	ادویه‌ها Spices	شکر Sugar	سبزی Vegetable	میوه Fruit	روغن Edible Oil	لبنیات Dairy	گوشت Meat	غلات Cereals	ماده مغذی Nutrition
1.78	1750	3878.8	280.7	504.7	9000	831.6	2794.1	2834.4	انرژی Energy
0.04	49.3	0.0	14.0	5.2	0.0	52.1	141.2	89.1	پروتئین Protein
0.27	329.7	0.0	1714.5	417.5	0.0	444.7	0.3	0.5	ویتامین آ Vitamin A
0.05	1.38	0.0	0.6	0.2	0.0	2.1	1.8	0.4	ویتامین ب Vitamin B
0.01	96.82	1.8	7.9	5.2	0.0	1.1	14.7	21.3	آهن Iron
0.02	1925	40.9	414.5	227.8	0.0	1484.7	132.4	517.2	کلسیم Calcium
0.12	218.55	24.7	42.9	88.5	0.0	38.6	0.0	539.2	کربوهیدرات Carbohydrate
0.01	42.2	0.0	10.8	3.6	198.0	87.3	365.9	6.8	چربی Fat

منبع: National Nutrition and Food Technology Research Institute, (2022)

جدول ۴، برابر با گزارش انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور (۱۴۰۱)، میزان میانگین مواد مغذی موجود در یک کیلوگرم از هر گروه غذایی را نشان می‌دهد. به عنوان مثال بر مبنای اطلاعات این جدول، میزان میانگین انرژی موجود در ۱ کیلوگرم از انواع مختلف گوشت برابر ۲۷۹۴/۱ کالری است. پس از تعیین میزان مصرف انواع گوشت توسط خانوارها در دهک‌های مختلف درآمدی در سال پایه‌ی تحقیق بر مبنای اطلاعات پرسشنامه‌ها و در ادامه، از حاصلضرب این میزان مصرف در عدد ۲۷۹۴/۱ کالری، و تقسیم این حاصلضرب بر عدد ۳۶۵ برای تعیین میزان روزانه‌ی مصرف، میزان انرژی دریافتی روزانه‌ی یک فرد در نتیجه‌ی مصرف انواع گوشت به تفکیک دهک‌های درآمدی جامعه به‌دست خواهد آمد. با در نظر داشتن این رویه، در جدول ۵، ماتریس عملکرد تغذیه‌ای دهک‌های درآمدی منطقه در سال پایه‌ی تحقیق ارائه شده‌است.

جدول (۵) ماتریس عملکرد تغذیه‌ای دهک‌های درآمدی منطقه در سال پایه (کالری)

Table (5) Nutrition performance matrix of income deciles in the region at the baseline (Cal)

مواد غذایی Food	غلات Cereals	گوشت Meat	لبنیات Dairy	روغن Edible Oil	میوه و سبزی Fruit & Vegetable	شکر Sugar	ادویه‌ها Spices	نوشیدنی Beverage	جمع Total
دهک ۱ Decile 1	503	110	74	197	316	85	69	2	1356
دهک ۲ Decile 2	874	169	132	204	436	96	99	3	2013
دهک ۳ Decile 3	920	180	142	250	505	107	136	5	2245
دهک ۴ Decile 4	1185	247	149	308	671	183	158	6	2907
دهک ۵ Decile 5	1427	266	235	390	804	261	233	6	3622
دهک ۶ Decile 6	1595	312	230	404	861	277	246	8	3933
دهک ۷ Decile 7	2003	489	273	496	1209	385	249	10	5114
دهک ۸ Decile 8	2205	514	300	473	1210	439	257	9	5407
دهک ۹ Decile 9	2681	820	388	577	1451	497	362	13	6789
دهک ۱۰ Decile 10	3322	1760	450	806	1942	519	485	15	9299

Source: Research Findings

منبع: یافته‌های تحقیق

کاهش ضایعات محصولات... ۵۵

از بررسی اطلاعات جدول ۵ می‌توان دریافت که دهک چهارم با برخورداری از میزان انرژی مصرفی برابر با ۲۹۰۷ کالری، نخستین دهکی است که انرژی مصرفی آن بیش از ۲۳۰۰ کالری (کمترین انرژی روزانه‌ی مورد نیاز یک فرد) است. لذا دهک‌های درآمدی اول، دوم و سوم، از نظر تامین ابعاد امنیت غذایی در شرایط نامناسبی قرار دارند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که مجموع انرژی دریافتی روزانه‌ی هر فرد در منطقه در دهک درآمدی پنجم، به عنوان دهک درآمدی میانه، برابر ۳۶۲۲ کالری است که در حدود ۳۹ و ۲۲ درصد آن به ترتیب به گروه‌های خوراکی غلات و میوه و سبزی‌ها اختصاص دارد. در نهایت، مجموع انرژی دریافتی در دهک درآمدی دهم، در حدود ۷ برابر میزان آن در نخستین و پایین‌ترین دهک درآمدی منطقه است. شایان توجه است که در این تحقیق، مجموع انرژی دریافتی روزانه‌ی هر فرد در دهک‌های مختلف درآمدی منطقه‌ی تحقیق در دامنه‌ی ۱۳۵۶ تا ۹۲۹۹ کالری قرار دارد. این نتیجه با نتایج بررسی Sayban et al (2022) مبنی بر قرارگیری مجموع انرژی دریافتی روزانه‌ی هر فرد در دهک‌های مختلف درآمدی منطقه‌های روستایی شهرستان بهبهان در دامنه‌ی ۱۲۶۹ تا ۱۰۱۶۱ کالری، قابل قیاس و تا حدودی دارای نزدیکی است.

پس از گردآوری اطلاعات درآمد و هزینه، میزان انرژی دریافتی ناشی از مصرف اقلام خوراکی و ویژگی‌های جمعیت‌شناسی خانوارهای کشاورز دشت همدان- بهار، شاخص سوء تغذیه در منطقه، با بهره‌گیری از نرم‌افزار ADePT، برابر ۰/۱۷ به دست آمد. لذا می‌توان دریافت که در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶، ۱۷ درصد از خانوارهای کشاورز دشت همدان- بهار در شرایط بسیار نامناسبی از لحاظ دریافت انرژی و پروتئین قرار داشته‌اند. در ادامه، به منظور پیش‌بینی تغییرپذیری‌های شاخص سوء تغذیه در دشت همدان- بهار در سناریوهای اقلیمی، الگوی رگرسیون امنیت غذایی رابطه‌ی ۱۱، به صورت لگاریتمی، با استفاده از روش OLS و در قالب الگوهای سری زمانی در دوره‌ی ۱۳۹۷-۱۳۷۰، برآورد شد که نتایج آن در جدول ۶ ارائه شده‌است. همان‌گونه که در این جدول ملاحظه می‌شود، با توجه به ضریب‌های برآوردی در الگوی لگاریتمی مورد بحث، با افزایش ۱ درصدی هر یک از متغیرهای درآمد خانوار، برداشت آب زیرزمینی، قیمت و تولید محصول‌های کشاورزی، شاخص سوء تغذیه در منطقه به ترتیب به میزان ۰/۷۳۸ درصد افزایش، ۰/۴۷۸ درصد کاهش، ۰/۱۰۲ درصد کاهش و ۰/۳۰۰ درصد افزایش خواهد یافت. با توجه به کشش‌های برآوردی و نیز با در نظر گرفتن میزان تغییر هر یک از متغیرهای یادشده در سناریوهای اقلیمی (جدول ۲)، میزان تغییر شاخص سوء تغذیه در هر

سناریو محاسبه و با توجه به شاخص محاسباتی در سال پایه، میزان شاخص سوء تغذیه در افق برنامه‌ریزی تحقیق برآورد شد. بر این مبنای، شاخص سوء تغذیه در دشت همدان- بهار در سناریوهای اقلیمی SSP1، SSP2 و SSP3، به ترتیب برابر ۰/۲۰، ۰/۲۵ و ۰/۲۷ درصد خواهد بود. لذا با توجه به میزان این شاخص برابر با ۰/۱۷ در سال پایه، می‌توان دریافت که تغییرهای اقلیم موجب گسترش سوء تغذیه در منطقه در افق برنامه‌ریزی تحقیق خواهد شد.

جدول (۶) نتایج برآورد الگوی رگرسیون سوء تغذیه در دشت همدان- بهار

Table (6) The results of estimating the regression model of food security in the Hamadan-Bahar plain

سطح معنی‌داری Significance level	آماره‌ی t t- statistic	ضریب Coefficient	متغیر Variable
0/490	-0.410	0/730	ضریب ثابت Fixed coefficient
0.121	0.960	0.021	جمعیت Population
0.048	1.550	0.047	تحصیلات خانوار Household education
0.050	6.05	0.738	درآمد خانوار Household income
0.000	-4.009	-0.478	برداشت آب زیرزمینی Discharge of groundwater
0.008	-3.806	-0.102	قیمت محصولات کشاورزی Price of crops
0.112	2.399	0.300	تولید محصولات کشاورزی Production of crops

Source: Research Findings

منبع: یافته‌های تحقیق

در بخش پایانی، نتایج ناشی از اعمال راهبرد مدیریتی کاهش ضایعات برای سازگاری با پیامدهای تغییرهای اقلیم بر امنیت غذایی منطقه ارزیابی شد. در جدول ۷، میزان ضایعات محصولات کشاورزی دشت همدان- بهار در مرحله‌های تولید تا برداشت در سال پایه‌ی تحقیق ارائه شده‌است. بر مبنای اطلاعات این جدول، میزان تولید محصولات زراعی دشت (با احتساب ضایعات) در سال ۹۷-۱۳۹۶ در حدود ۱۰۱۴/۶۴ هزار تن بود که بیش از ۱۳ درصد آن در مرحله‌های کاشت تا برداشت تبدیل به ضایعات شد. لذا میزان برداشت محصولات زراعی منطقه، در سال پایه برابر ۸۹۷ هزار تن و میزان ضایعات در حدود ۱۱۸ هزار تن برآورد شد.

کاهش ضایعات محصولات... ۵۷

جدول (۷) میزان ضایعات کشاورزی منطقه در مرحله‌های کاشت تا برداشت در سال پایه
Table (7) The agricultural waste of the zone in the stages of production to harvest

میزان ضایعات (درصد) Amount of waste (%)	میزان ضایعات (هزار تن) Amount of waste (10 ³ t)	برداشت* (هزار تن) Harvest (10 ³ t)	محصول Crop
10	4.89	44.05	جو آبی Irrigated barely
7	2.25	29.94	جو دیم Rainfed barely
8	0.37	4.23	چغندر قند Sugar beet
13	1.06	7.12	خیار Cucumber
9	1.76	17.82	ذرت علوفه ای Forage corn
14	71.47	439.01	سیب زمینی Potato
10	3.13	28.16	سیر Garlic
6	0.01	0.12	عدس دیم Rainfed lentil
9	0.06	0.59	کدو آجیلی Pumpkin
10	0.06	0.58	کلزا Rapeseed
12	7.95	58.33	گندم آبی Irrigated wheat
10	16.13	145.10	گندم دیم Rainfed wheat
15	0.07	0.38	گوجه‌فرنگی Tomato
4	0.001	0.02	لوبیا Bean
6	0.16	2.55	نخود Chickpea
12	1.31	9.63	هندوانه آبی Irrigated watermelon
12	0.003	0.02	هندوانه دیم Rainfed watermelon
6	6.96	109.12	یونجه Alfalfa
13.11	117.64	897.00	مجموع Total

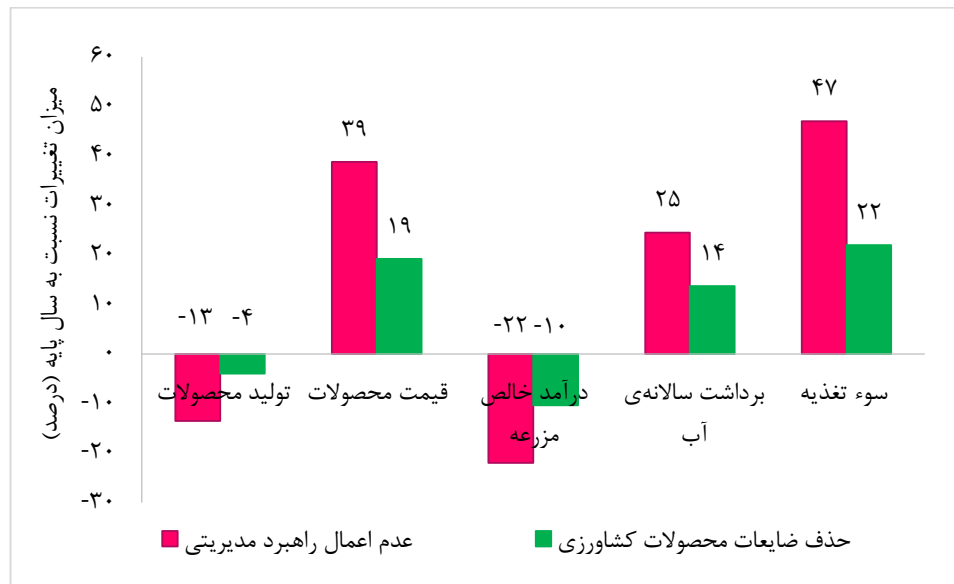
منبع: یافته‌های تحقیق (*برداشت محصول، میزان تولید پس از کسر ضایعات را شامل می‌شود).

در این میان، بیشترین میزان هدررفت، در زمینه محصول گوجه‌فرنگی بوده‌است به گونه‌ای که ۱۵ درصد از میزان این محصول در مراحل کاشت تا برداشت تبدیل به ضایعات شد. محصول‌های سیب‌زمینی و خیار نیز به ترتیب با ۱۴ و ۱۳ درصد حجم ضایعات، در جایگاه‌های

بعدی قرار دارند. همچنین از بررسی نتایج این جدول می‌توان دریافت که کمترین میزان هدررفت محصول در مرحله‌های کاشت تا برداشت، در ارتباط با حبوبات شامل محصول‌های عدس، لوبیا و نخود بوده‌است.

در ادامه، میزان‌های ارائه شده در جدول ۷ در زمینه ضایعات محصول‌های کشاورزی منطقه، به صورت مازاد بر تولید وارد الگوی برنامه‌ریزی ریاضی شد و پس از اجرای مدل در هر سناریوی اقلیمی، خروجی‌های مدل دوباره برآورد و با شرایط پایه مقایسه شد. نتایج این قسمت در نمودار ۲ ارائه شده‌است. در این نمودار، درصد تغییرپذیری‌های قیمت و تولید محصول‌های کشاورزی، درآمد خالص کشتزار، برداشت سالانه‌ی آب زیرزمینی و شاخص سوء تغذیه در منطقه در رویارویی با تغییرهای اقلیم (سناریوی SSP2) نسبت به سال پایه، در شرایط اعمال نشدن راهبردهای مدیریتی و همچنین در صورت اعمال راهبرد مدیریتی حذف ضایعات محصول‌های کشاورزی، بحث شده‌است. همان‌طور که در این نمودار مشاهده می‌شود، در صورت رخداد تغییرهای اقلیم در قالب سناریوی میانه‌ی SSP2 در منطقه‌ی تحقیق و اعمال نشدن هر نوع راهبرد مدیریتی در این مورد، میزان تولید محصول‌ها، قیمت محصول‌ها و درآمد خالص کشتزار، در افق ۲۰ ساله‌ی آتی نسبت به سال پایه به ترتیب به میزان ۱۳ درصد کاهش، ۳۹ درصد افزایش و ۲۲ درصد کاهش خواهد یافت. در این شرایط چنانچه راهبرد مدیریتی حذف ضایعات محصول‌های کشاورزی در منطقه اعمال شود، این میزان‌ها به ترتیب برابر ۴ درصد کاهش، ۱۹ درصد افزایش و ۱۰ درصد کاهش خواهد بود. همچنین با رخداد تغییرهای اقلیم، برداشت از منابع آب زیرزمینی دشت در مقایسه با سال پایه، پیش و پس از اعمال راهبرد مدیریتی حذف ضایعات به ترتیب به میزان ۲۵ و ۱۴ درصد افزایش خواهد یافت. به عبارت دیگر، حذف ضایعات کشاورزی در مرحله‌های کاشت تا برداشت، تخفیف یافتن افزایش تقاضای منابع آبی دشت در رویارویی با تغییرهای اقلیم آینده، به میزان ۱۱ درصد را در پی خواهد داشت. رخداد مجموعه‌ی این تغییرها موجب می‌شود که شرایط امنیت غذایی خانوارهای کشاورز دشت نیز تا حدی بهبود یابد.

کاهش ضایعات محصولات...۵۹



نمودار (۲) نتایج اعمال راهبرد مدیریتی حذف ضایعات محصول‌های کشاورزی بر جزییات

الگوی کشت و شاخص سوء تغذیه در منطقه در سناریوی اقلیمی SSP2

Figure (2) The results of applying the management strategy of eliminating agricultural waste on the details of the cultivation pattern and the undernourishment index in the region under the SSP2 climate scenario

به عبارت دیگر، برابر با اطلاعات نمودار ۲، در صورت رخداد تغییرهای اقلیم در دشت همدان- بهار، شاخص سوء تغذیه در افق ۲۰ ساله‌ی آتی نسبت به سال پایه، به میزان ۴۷ درصد افزایش می‌یابد، اما با اعمال راهبرد مدیریتی حذف ضایعات محصول‌های کشاورزی دشت، میزان افزایش یادشده برابر ۲۲ درصد خواهد بود و به بیان دقیق‌تر، وخامت ناامنی غذایی منطقه به دلیل رخداد تغییرهای اقلیم، با حذف ضایعات کشاورزی در حدود ۲۵ درصد بهبود می‌یابد.

در پایان یادآوری این نکته ضروری است که موضوع‌های مرتبط با امنیت غذایی، تغییرهای اقلیم و ضایعات محصول‌های کشاورزی به صورت جداگانه در بسیاری از بررسی‌های پیشین بحث شده‌اند. بخشی از این پژوهش‌ها، بررسی پیامدهای تغییرهای اقلیم بر امنیت غذایی را در دستور کار خود قرار دادند و اغلب بر این واقعیت تاکید داشتند که پدیده‌ی تغییر اقلیم موجب کاهش رفاه و امنیت غذایی در بخش کشاورزی خواهد شد. این بررسی‌ها برای دستیابی به اهداف خود، از روش‌های مختلفی استفاده کرده‌اند. در میان شاخص‌ترین ارزیابی‌هایی که در این زمینه از الگوهای برنامه‌ریزی مثبت پویا استفاده کرده‌اند می‌توان به پژوهش Gohar and

Cashman (2016)، Gohar et al (2019) و Kiani Ghalehsard et al (2020) اشاره کرد که هر سه بررسی بر پیامدهای منفی تغییرهای اقلیم بر مزاددهای اقتصادی و نیز بر امنیت غذایی تاکید داشتند و لذا نتایج آنها همانند نتایج این تحقیق بوده است. از سویی دیگر، نتایج اغلب پژوهش‌های پیشین بر مثبت بودن تاثیر کاهش ضایعات بر تولید، رفاه و امنیت غذایی تاکید داشته است که در این بین می‌توان به نتایج بررسی‌های (Azhdari et al (2013)، Keshavarz et al (2016)، Pereira et al (2022) اشاره نمود. لذا نتایج پژوهش کنونی مبنی بر اثرگذاری مثبت راهبرد مدیریتی حذف ضایعات محصول‌های کشاورزی در مرحله‌های کاشت تا برداشت در بهبود شرایط امنیت غذایی منطقه با نتایج اغلب بررسی‌های پیشین همانندی دارد. شایان یادآوری است که با توجه به نوآوری بررسی کنونی از نظر ترکیب موضوع‌های امنیت غذایی، تغییرهای اقلیم و ضایعات محصول‌های کشاورزی، برای مقایسه‌ی نتایج آن با نتایج بررسی‌های پیشین می‌بایست هر بخش آن به صورت جداگانه با دیگر پژوهش‌ها ارزیابی شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش با هدف تحلیل و ارزیابی راهبردهای مدیریتی برای سازگاری با پیامدهای منفی تغییرهای اقلیم بر امنیت غذایی خانوارهای کشاورز دشت همدان - بهار در یک دوره‌ی برنامه‌ریزی ۲۰ ساله، طرح‌ریزی شد. بر مبنای نتایج به دست آمده، تغییر شرایط اقلیمی کنونی در سال‌های پیش رو، اثرگذاری‌هایی شایان توجه بر بخش کشاورزی منطقه در پی خواهد داشت. رخداد این شرایط از طریق اثرگذاری منفی بر دسترسی به منابع‌های آب زیرزمینی و نیز عملکرد اغلب محصول‌ها، موجب کاهش تولید و افزایش قیمت مواد غذایی می‌شود. مجموع تغییرهای یادشده، پیامدهایی نامطلوب بر درآمد خالص کشتزار خواهد داشت و رفاه تولیدکنندگان و در پی آن، ارکان مختلف امنیت غذایی خانوارهای کشاورز را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. در این شرایط با توجه به اینکه پرهیز از صورت‌های مختلف سناریوهای اقلیمی، ناممکن می‌نماید، لازم است راهبردهای سازگاری با پدیده‌ی یادشده، برای کاهش پیامدهای منفی آن بر امنیت غذایی منطقه اعمال شود. بر این مبنا، راهبرد مدیریتی حذف ضایعات محصول‌های کشاورزی در مرحله‌های کاشت تا برداشت، در منطقه بررسی شد که نتایج به دست آمده بیانگر اثرگذاری‌های مثبت این راهبرد در بهبود شاخص سوء تغذیه در منطقه است. از این رو با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش پیشنهاد و تاکید می‌شود که در مورد کاهش ضایعات محصول‌های کشاورزی منطقه اقدام شود.

- Abdullah, A., Ahmed, A., Akhter, P., Razzaq, A., Hussain, M., Hossain, N. and Park, Y. K. (2020) Potential for sustainable utilizations of agricultural residues for bioenergy production in Pakistan: an overview. *Journal of Cleaner Production*, 125047.
- Absar, S. M. and 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. and 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)
- Agricultural Research, Education and Extension Organization, 2016. <https://en.areeo.ac.ir/>
- Ardakani, Z., Bartolini, F. and Brunori, G. (2017) Food and nutrition security in Iran: application of TOPSIS technique. *Mediterranean Journal of Economics, Agriculture and Environment*, 16(1): 18-28.
- Awadh, S. M., Al-Mimar, H. and Yaseen, Z. M. (2021) Groundwater availability and water demand sustainability over the upper mega aquifers of Arabian Peninsula and west region of Iraq. *Environment, Development and Sustainability*, 23(1): 1-21.
- Azhdari, S., Mortazavi, S. A., Mosavi, S. H. A. and Vakilpour, M. H. (2013) Investigation the bread waste reduction on the Iranian's consumer's Welfare. *Agricultural Economics and Development*, 21(2): 69-89. (In Farsi)
- Barikani, E., Shajari, S. and 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. and 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)
- Bohmelt, T. (2017) Employing the shared socioeconomic pathways to predict CO₂ emissions. *Environmental Science & Policy*, 75: 56-64.
- Bruinsma, J. (2017) World agriculture: towards 2015- 2030, FAO, Rout ledge.
- Chang, K. H., Lou, K. R. and Ko, C. H. (2019) Potential of bioenergy production from biomass wastes of rice paddies and forest sectors in Taiwan. *Journal of Cleaner Production*, 206: 460-476.
- Garbrecht, J., Van Liew, M. and 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. and 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.
- Gohar, A. A., Cashman, A. and Ward, F. A. (2019) Managing food and water security in Small Island States: New evidence from economic modelling of climate stressed groundwater resources. *Journal of Hydrology*, 569: 239-251.
- Howitt, R. E. (1995) Positive mathematical programming. *Am. J. Agric. Econ*, 77 (2): 329-342.
- Huang, Q., Howitt, R. and Rozelle, S. (2012) Estimating production technology for policy analysis: Trading off precision and heterogeneity. *Journal of Productivity Analysis*, 38(2): 219-233.
- Iakovou, E., Karagiannidis, A., Vlachos, D., Toka, A. and Malamakis, A. (2010) Waste biomass-to-energy supply chain management: a critical synthesis. *Waste Management*, 30(10): 1860-1870.
- Iran Ministry of Agriculture Jihad, (2022). <https://www.maj.ir/>
- Irmak, S., Odhiambo, L. O., Specht, J. E. and 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.
- Kang, Y., Yang, Q., Bartocci, P., Wei, H., Liu, S. S., Wu, Z. and Chen, H. (2020) Bioenergy in China: Evaluation of domestic biomass resources and the associated greenhouse gas mitigation potentials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 109842.
- Karimi, S., Rasekhi, S. and Ehsani, M. (2010) 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)
- Keshavarz, A., Shariatmadar, M., Khosravi, A., Sheikh Mehrabadi, A., Biki Khoshk, A., Shabani, M., Bakhshayesh, M., Kiyani Pour, R. and Fakari, B. (2016) Estimating the economic value of the lost water due to wastes of agricultural products (irrigated crop and garden) from the harvest to before taking. *Journal of Water and Sustainable Development*, 3(1): 73-82. (In Farsi)
- Keshavarz, M. (2021) Investigating food security and food waste control of farm families under drought (A case of Kherameh County). *Space Economy and Rural Development*, 9 (34): 83-106. (In Farsi)
- Kiani Ghalehsard, S., Shahraki, J., Akbari, A. and 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)
- Liu, W. Z., Hunsaker, D. J., Li, Y. S., Xie, X. Q. and Wall, G. W. (2002) Interrelations of yield, evapotranspiration and water use efficiency from marginal analysis of water production function. *Agric. Water Management*, 56: 143-151.

کاهش ضایعات محصولات... ۶۳

- Molotoks, A., Smith, P. and Dawson, T. P. (2021) Impacts of land use, population, and climate change on global food security. *Food and Energy Security*, 10(1): e261.
- Molledo, A., Troubat, N., Lokshin, M. and Sajaia, Z. (2014) Analyzing food security using household survey data. Washington, DC: The World Bank.
- Momeni, S. and 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., Soltani, S. and Khalilian, S. (2020) Coping with climate change in agriculture: Evidence from Hamadan-Bahar plain in Iran. *Agricultural Water Management*, 241: 106332.
- Parhizkari, A. and 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)
- Pereira, R. P. T., Galo, N. R. and Filimonau, V. (2022). Food loss and waste from farm to gate in Brazilian soybean production. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10: 100431.
- Pirmoradi, A. H., Latifi, S. and Seyedmohammadi, S. (2013) Waste reduction strategy for food security crops. *Global Journal of Scientific Researches*, 1(2): 48-51.
- Ravand, L., Dourandish, A. and 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>
- Sabouhi, M. and 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. and Zeinivand, H. (2017) The potential effects of the climate change on the river flow in Hamadan-Bahar watershed. *Hydrogeomorphology*, 3(10): 81-98. (In Farsi)
- Sayban, F., Abdeslahi, A. and Mardani Najafabadi, M. (2020) Designing a mathematical programming model to optimize the FGT poverty index in rural areas of Behbahan. *Journal of Rural Research*, 11(3): 538-555. (In Farsi)
- Shayanmehr, S., Shahnoushi, N., Sabouhi Sabouni, M. and Rastegari, S. (2021) Climate change and its consequences on food security in Khorasan region. *Agricultural Economics*, 15(4): 95-128. (In Farsi)
- Soflaie Shahrabak, E., Mosavi, S. H. and Mortazavi, S. A. (2018) The effects of bread subsidy elimination on changes in import dependency ratio and food security. *Agricultural Economics Research*, 10(39): 55-82. (In Farsi)
- Soltani, S., Mosavi, S. H., Khalilian, S. and 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)
- Sun, S. K., Lu, Y. J., Gao, H., Jiang, T. T., Du, X. Y., Shen, T. X., Wu, P. T. and Wang, Y. B. (2018) Impacts of food wastage on water resources and environment in China. *Journal of Cleaner Production*, 185: 732-739.
- Van Passel, S., Massetti, E. and Mendelsohn, R. (2017) A Ricardian analysis of the impact of climate change on European agriculture. *Environmental and Resource Economics*, 67(4): 725-760.
- Wen, Z., Wang, Y. and Declercq, D. (2016) What is the true value of food waste? A case study of technology integration in urban food waste treatment in Suzhou City, China. *Journal of Cleaner Production*, 118: 88-96.
- World Bank, (2022). <https://www.worldbank.org/>
- Zhang, H., Wang, X., You, M. and Liu, C. (1999) Water-yield relations and water-use efficiency of winter wheat in the North China plain. *Irrig. Sci*, 19: 37–45.



Reducing the waste of agricultural products; An optimal strategy to improve food security

Shiva Soltani, Seyed Habibollah Mosavi, Sadegh Khalilian, Hamed Najafi Alamdarlo¹

Received: 25 Dec.2022

Accepted:29 July.2023

Extended Abstract

Introduction

The various pillars of food security are affected by climate change. Because food production depends on the availability of water resources, these resources are also affected by climatic conditions. Also, the optimal yield of crops occurs in a certain range of climatic variables, so climate change can change this optimal range. These conditions overshadow the change in the supply and price of crops and, consequently, the change in the profitability of production in the agricultural sector. Therefore, different forms of food security would change with physical and economic access to food. According to this approach, in the present study, in addition to estimating the effects of climate change on the undernourishment index among farmer households in Hamedan-Bahar plain, the effectiveness of reducing agricultural waste in the early stages of production until harvest was investigated as a management strategy.

Methods

In this study, the dynamic, positive mathematical programming 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 maximizing 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 package and 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

¹ Respectively: PhD Student and Associate Professors, Department of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
email: shamosavi@modares.ac.ir

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 crop pattern in the face of climate change, the undernourishment index was calculated in the climate scenarios and in the base year. In the final stage of the research, management strategy was evaluated in the agricultural sector of the Hamadan-Bahar plain to reduce the negative effects of climate change on the undernourishment index.

Results

The results showed that the annual cumulative rainfall values of the Hamadan-Bahar plain in the next 20 years 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 is reported as 323 mm. Accordingly, with the considering a middle approach in predicting climate changes, along with the increase in extraction of underground water sources by 25%, the increase in average price of crops by 39% and the decrease in production by 13% in the 20-year planning period of the research compared to the base year, the present value of net producer income would decrease by 22 percent and the undernourishment index would increase by 47 percent in the agricultural sector of the region. However, the adoption of management strategy to reducing the waste of agricultural products would result in the improvement of the food insecurity conditions of the plain up to the level of 25 percent.

Discussion

The change in the climate conditions in the coming years would have negative effects on the food security condition 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 adoption of management strategy to reducing the waste of agricultural products in the region was investigated, and the results confirm the positive effect of this strategy in improving undernourishment index in the region. Therefore, according to the results, it is suggested that management strategies with emphasis on reducing the waste of crops in the agricultural sector of the Hamadan-Bahar plain should be put on the agenda.

JEL Classification: C02, C22, C33, C46, C61, Q25, Q54

Keywords: Climate Changes, Dynamic Patterns, Economic Surpluses, Undernourishment, Hamadan-Bahar Plain.