

## بررسی راهبردهای مدیریتی رویارویی با تغییرپذیری های اقلیم برای کاهش تنگدستی خانوارهای کشاورز دشت همدان-بهار

شیوا سلطانی، سید حبیب‌الله موسوی، صادق خلیلیان و حامد نجفی علمدارلو<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۴

### چکیده

رخدادهای تغییرپذیری‌های اقلیم، از طریق ایجاد تغییر در عرضه و قیمت محصولات کشاورزی، سودآوری تولید در این بخش را تحت الشعاع قرار می‌دهد. لذا جنبه‌های مختلف تنگدستی همگام با دسترسی فیزیکی و اقتصادی به مواد غذایی دستخوش نوسان خواهد شد. بر این مبنا به منظور سیاست‌گذاری مؤثر برای سازگاری با شرایط جدید اقلیمی، برآوردهای درستی از تغییرپذیری‌های تنگدستی در جامعه که در نتیجه‌ی تغییرپذیری‌های اقلیم ایجاد خواهد شد، مورد نیاز است. با توجه به این رویکرد، در این مطالعه پیامدهای بالقوه‌ی پیش‌بینی‌های مختلف اقلیمی بر الگوی کشت دشت همدان-بهار، با در نظر گرفتن سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ به عنوان سال پایه، بررسی و میزان تأثیرپذیری منابع‌های آبی، تولید، درآمد و در پی آن، تنگدستی جامعه‌ی روستایی در بخش کشاورزی این دشت ارزیابی شد. نتایج نشان داد که با در نظر گرفتن رویکردی میانه در پیش‌بینی تغییرپذیری‌های اقلیم، همگام با افزایش سالانه‌ی عمق پمپاژ آب زیرزمینی به میزان ۰/۸۶ متر در دوره‌ی برنامه‌ریزی ۲۰ ساله‌ی تحقیق، ارزش حال درآمد خالص تولیدکنندگان و در پی آن شاخص‌های نسبت سرشمار تنگدستی، شکاف تنگدستی و شدت تنگدستی در بخش کشاورزی منطقه در مقایسه با شرایط کنونی به ترتیب به میزان ۱۳ درصد کاهش، ۱۵، ۳۳ و ۱۷ درصد افزایش خواهد یافت. با این حال، اتخاذ راهبردهای مدیریتی، بهبود شکل‌های مختلف تنگدستی به ترتیب تا سطح ۹، ۲۰ و ۱۰ درصد را در پی خواهد داشت.

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

واژه‌های کلیدی: تبخیر و تعرق، عملکرد محصول، منابع‌های آب، الگوی پویا، تنگدستی روستایی

## مقدمه

دیرینگی تنگدستی در ایران همواره تصمیم‌گیری‌های کلان مرتبط با بخش کشاورزی را تحت تاثیر قرار داده‌است. زیرا از یک سو اغلب شاغلان بخش کشاورزی را روستاییان کم‌درآمد تشکیل می‌دهند و از سویی دیگر بخش کشاورزی تأمین‌کننده‌ی غذای شاغلان این بخش و دیگر بخش‌هاست (Mosavi & Esmaili, 2011). با اجرای سیاست اصلاحات ارضی در دهه‌ی ۱۳۴۰ در کشور، شرایط مناسبی برای توجه روستامند به تنگدستی روستایی و کوشش‌های سازمان‌یافته برای شناخت و تحلیل آن فراهم شد. در ادامه و به‌ویژه در سال‌های پس از انقلاب به منظور کاهش تنگدستی و افزایش رفاه جامعه‌ی شهری و روستایی کشور، اقدام‌هایی در قالب برنامه‌های پنج‌ساله‌ی توسعه و با تاکید بر بازنگری و اصلاح سیاست‌های کشاورزی و غذایی صورت پذیرفت. با این حال هم‌اکنون شماری از مردم کشور در شرایط تنگدستی به سر می‌برند به گونه‌ای که شدت و گستردگی آن در میان خانوارهای روستایی بیش از منطقه‌های شهری است (Afrakhteh et al., 2019; Nikoukar, 2021). این در حالی است که ریشه‌کن کردن تنگدستی در هر کشور، از ارکان اصلی توسعه‌ی اقتصادی به‌شمار می‌آید (Shirvanian & Torkamani, 2010).

شیوع تنگدستی، که قابل تفکیک در انواع مطلق و نسبی است، در میان افراد، خانوارها و گروه‌های مختلف جمعیتی به صورت نبود منبع‌ها برای کسب انواع رژیم‌های غذایی، مشارکت در فعالیت‌ها و امکانات معمول زندگی مشاهده می‌شود (Townsend, 1979). تنگدستی مطلق مبتنی بر جداسازی تنگدستان از دیگر افراد جامعه بر اساس میزان درآمدی است که با توجه به زمینه‌های فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی جامعه برای تامین نیازهای اولیه‌ی زندگی ضروری است و نبود زمینه‌های تامین آن، قرارگیری فرد در طبقه‌ی تنگدستان را در پی خواهد داشت. اما تنگدستی نسبی بر مبنای میزان ارضای نیازهای فرد نسبت به دیگر افراد جامعه تعریف می‌شود و لذا در صورت نامتوازن بودن هر چه بیشتر توزیع درآمد در جامعه، شکاف بیشتری بین قشرهای کم‌درآمد و دیگر افراد ایجاد می‌شود و شمار بیشتری از افراد در زمره‌ی تنگدستان قرار می‌گیرند (Layani & Bakhshoodeh, 2016). با توجه به نوع رویکرد به مفهوم تنگدستی، آستانه‌ای با عنوان خط تنگدستی تعریف می‌شود که نمایانگر هزینه‌هایی است که یک فرد در زمان و مکان معین برای دسترسی به سطح رفاه مرجع متحمل می‌شود. افرادی که به این سطح از رفاه دسترسی ندارند، تنگدست تلقی می‌شوند (Ravallion, 1998).

## بررسی راهبرد های مدیریتی... ۵۹

در این خصوص، ارزیابی بسیاری از بررسی های پیشین گویای آن است که منطقه های روستایی به علت هایی همچون وابستگی به منابع های طبیعی، سطح نازل درآمد و رویارویی با بحران های اقلیمی به میزان بیشتری با مقوله ی تنگدستی روبه رو هستند (Sayeban et al., 2020).

جنبه های مختلف تنگدستی متأثر از تغییرپذیری های اقلیم است. زیرا تغییر اقلیم می تواند میزان عرضه و قیمت محصول های کشاورزی و در نتیجه سودآوری تولید در بخش کشاورزی را تحت الشعاع قرار دهد. لذا مازاد تولیدکنندگان همگام با دسترسی فیزیکی و اقتصادی به مواد غذایی دستخوش نوسان خواهد شد. افزون بر این، اگر قیمت مواد غذایی در رویارویی با تغییرپذیری های اقلیم افزایش یابد، توزیع اثرگذاری های منفی آن بر مصرف کنندگان یکسان نخواهد بود و نبود ثبات در دریافت ریزمغذی ها در دهک های پایین درآمدی جامعه نمود بیشتری می یابد. بر این مبنا به منظور سیاست گذاری مؤثر برای سازگاری با شرایط جدید اقلیمی، برآوردهای درستی از تغییرپذیری های تنگدستی در جامعه که در نتیجه ی تغییرپذیری های اقلیم ایجاد خواهد شد، مورد نیاز است (Ferreira et al., 2013; Moazzezi et al., 2020).

تولید محصول های کشاورزی در کشورهای در حال توسعه همچون ایران، نسبت به تغییرپذیری های اقلیم آسیب پذیری بیشتری دارد زیرا انعطاف پذیری این کشورها نسبت به دگرگونی های فناوری و سرمایه، به عنوان دیگر عامل های مؤثر بر تولید کشاورزی، کمتر است (Ardakani et al., 2017). این در حالی است که تغییرپذیری های اقلیم در دهه های آتی، پدیده ای مشهود در اغلب دشت های ایران خواهد بود و این موضوع پیامدهای منفی بر درآمد کشاورزان و در پی آن بر تنگدستی جامعه ی روستایی خواهد داشت. حوضه ی آبخیز همدان - بهار که با گستره ی ۲۴۷۵ کیلومتر مربع در دامنه ی شمالی ارتفاعات الوند در استان همدان واقع شده است مثالی بارز برای این پدیده است. این دشت که رخداد تغییرپذیری های اقلیم به صورت افزایش دما و کاهش بارندگی در آن، در بسیاری از بررسی های پیشین تایید شده است (Afrozi & Zare Abyaneh, 2020; Mosavi et al., 2020)، با برخورداری از یک آبخوان اصلی از نوع آزاد، به عنوان یکی از منابع های اصلی تأمین آب کشاورزی منطقه شناخته می شود که در دهه های اخیر، به دلیل افت پیوسته ی ذخیره های آبی، در کانون بحث قرار گرفته است (Akhavan et al., 2015). اقلیم این دشت، سرد و نیمه خشک با میانگین بلندمدت سالانه ی دما و بارش تجمعی به ترتیب برابر با ۱۱ درجه ی سانتی گراد و ۳۱۲ میلی متر است. بر مبنای 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 منابع‌های آب زیرزمینی این منطقه افزایش یافته‌است و لذا ممنوعیت توسعه‌ی بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی دشت همدان- بهار از سال ۱۳۷۲، به دلیل منفی شدن بیلان آب، اعمال شده‌است (Regional Water Company of Hamadan, 2022). از این رو، با در نظر گرفتن اهمیت منابع‌های آبی در تولیدهای بخش کشاورزی، سیاست‌گذاران در پی اتخاذ راهکارهایی برای سازگاری با بحران تغییرپذیری‌های اقلیمی آبی به منظور برون‌رفت از محدودیت منابع‌های آب در این دشت هستند. لذا با توجه به شرایط موجود در این دشت از لحاظ تغییرپذیری‌های اقلیم و منابع‌های آبی، در این پژوهش پیامدهای بالقوه‌ی تغییرپذیری‌های آب و هوایی بر الگوی کشت منطقه مورد بررسی قرار گرفت و میزان تأثیرپذیری عملکرد محصول‌های زراعی، منابع‌های آبی، سودآوری بخش کشاورزی و در پی آن، تغییرپذیری‌های تنگدستی در میان خانوارهای کشاورز این دشت به صورت کمی ارزیابی شد. موضوع‌های مرتبط با تغییرپذیری‌های اقلیم و تنگدستی به صورت جداگانه در بسیاری از بررسی‌های پیشین مورد بحث قرار گرفته‌اند. بخشی از این بررسی‌ها، ارزیابی پیامدهای تغییرپذیری‌های اقلیم بر الگوی کشت و در پی آن بر سودآوری بخش کشاورزی را در دستور کار خود قرار دادند و اغلب بر این واقعیت تاکید داشتند که پدیده‌ی تغییر اقلیم، هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت موجب (۱) کاهش منابع‌های آب در دسترس، (۲) کاهش عملکرد اغلب محصولات و (۳) کاهش سودآوری بخش کشاورزی خواهد شد. به عنوان مثال نتایج بررسی Van-Passel et al (2017) نشان داد که میزان زیان بخش کشاورزی کشورهای اروپایی در افق ۲۱۰۰ در رویارویی با تغییر میانگین دما و بارش، در بازه‌ی +۵ تا -۳۲ درصد قرار خواهد گرفت. (Gohar and Cashman (2016) با استفاده از ترکیب الگوهای اقتصادی و هیدرولوژیکی دریافتند که تغییرپذیری‌های اقلیم دارای پیامدهای منفی بر منابع‌های آب، عرضه‌ی محصول، مازاد مصرف‌کنندگان و امنیت غذایی خواهد بود. با این حال، افزایش قیمت محصول‌های کشاورزی در این شرایط، بسته به نوع محصول و فناوری آبیاری، فرصت کسب سود بیشتر برای برخی از تولیدکنندگان را فراهم می‌آورد. نتایج پژوهش Parhizkari and Yazdani (2017) در ارزیابی پیامدهای اقتصادی و هیدرولوژیکی تغییرپذیری‌های اقلیم در استان قزوین، نشان

## بررسی راهبرد های مدیریتی... ۶۱

داد که کاهش میانگین بارش سالانه تحت پیش فرض های (سناریوهای) ملایم تا شدید، به ترتیب کاهش ۱۱/۳ تا ۲۳ درصدی در منبع های آب، افزایش ۷/۰۸ تا ۱۵/۲۲ درصدی در ارزش اقتصادی آب، کاهش ۵/۱۴ تا ۱۶/۳۹ درصدی در مجموع سطح های زیر کشت محصول های آبی و در نهایت، کاهش ۶/۵۸ تا ۱۳/۴۱ درصدی در سود ناخالص کشاورزان نسبت به سال پایه را در پی خواهد داشت. Mosavi et al (2020) نیز در زمینه ی تغییرپذیری های اقلیم در دشت همدان - بهار اذعان داشتند که تا افق ۲۰۹۰، میانگین بارش سالانه و نیز سطح آب زیرزمینی به ترتیب به میزان ۱۴/۴ و ۱۲/۳ درصد کاهش خواهد یافت که این تغییرپذیری ها همراه با افزایش ۱۴/۷ درصدی میانگین دما، افزایش ۴۴ درصدی در ارزش اقتصادی آب و کاهش ۱۹ درصدی در ارزش افزوده ی بخش کشاورزی منطقه را در پی خواهد داشت.

گروهی دیگر از بررسی های مورد بحث، پیامدهای بهینه سازی الگوی کشت بر شاخص تنگدستی را ارزیابی کردند. به عنوان مثال در این زمینه Sayeban et al (2020) اذعان داشتند که بهینه سازی الگوی کشت در بخش کشاورزی شهرستان بهبهان، به صورت کاهش سطح زیر کشت محصول های گندم و یونجه و افزایش سطح زیر کشت محصول های هندوانه و چغندر قند، کاهش ۰/۵ درصدی مصرف آب و افزایش ۱۱ درصدی درآمد خالص کشاورزان را در پی خواهد داشت. همچنین در نتیجه ی تغییرپذیری های یادشده، مقدار عددی شاخص تنگدستی FGT<sup>۱</sup> در کل شهرستان از مقدار ۳/۴۷ به مقدار ۰/۰۳ واحد کاهش خواهد یافت. Mosavi et al (2011) نیز بررسی تاثیر بهینه سازی الگوی کشت بر مصرف آب، درآمد و تنگدستی روستایی در شهرستان کازرون را در دستور کار خود قرار دادند و دریافتند که دگرگونی الگوی کشت، ضمن کاهش برداشت از آب های زیرزمینی، افزایش سود خالص بخش کشاورزی و بهبود ۱۷/۵ درصدی تنگدستی در منطقه را در پی خواهد داشت. نتایج بررسی Bani Asadi and Zare Mehrjerdi (2010) نیز مؤید آن است که استفاده از الگوی بهینه ی کشت توسط کشاورزان منطقه ی ارزوئیه ی کرمان، از طریق بهبود درآمد کشاورزان، کاهش شکاف درآمدی به میزان ۶/۳ درصد، بهبود توزیع درآمد به میزان ۶ درصد و کاهش شدت تنگدستی به میزان ۶/۱ درصد را در منطقه موجب خواهد شد.

---

<sup>۱</sup> Foster, Greer and Thorbecke

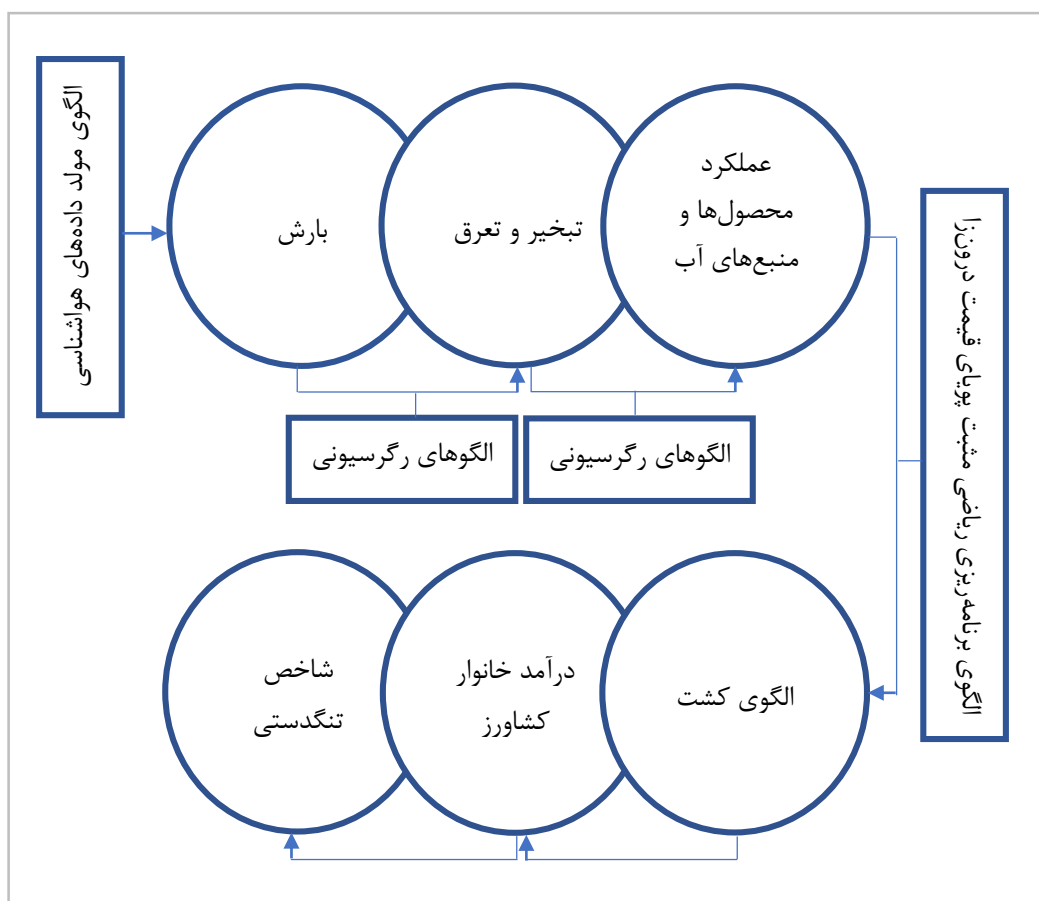
همان‌گونه که ملاحظه می‌شود در اغلب بررسی‌های پیشین چگونگی اثرگذاری تغییرپذیری‌های اقلیم بر الگوی کشت و نیز اثرگذاری تغییرپذیری‌های الگوی کشت بر شاخص تنگدستی در بخش کشاورزی، به صورت جداگانه بحث شده‌است و رویکرد درآمد محور تغییرپذیری‌های تنگدستی در نتیجه‌ی تغییرپذیری‌های اقلیم با در نظر گرفتن شرایط کنونی کشتزارها، کمتر مورد توجه محققان بوده‌است. لذا در این بررسی، پیامدهای تغییرپذیری‌های اقلیم بر شاخص تنگدستی در بخش کشاورزی دشت همدان- بهار، ارزیابی شد. بدیهی است سنجش میزان تنگدستی خانوارها در رویارویی با کاهش درآمد ناشی از تغییرپذیری‌های اقلیم، معیاری مناسب برای پیش‌بینی عملکرد تغذیه‌ای قشرهای مختلف جامعه را ارائه می‌دهد. پاسخ به این پرسش که خانوارها و به ویژه گروه‌های کم‌درآمد تا چه حد می‌توانند نیازهای غذایی خود را تامین کنند، راهگشای حوزه‌ی تصمیم‌گیری در زمینه‌ی سیاست‌های حمایتی مرتبط با مفهوم‌های تنگدستی و امنیت غذایی خواهد بود. ادامه‌ی این بررسی به صورت زیر طرح‌ریزی شد. در آغاز، ابعاد مختلف روش تحقیق و سپس نتایج، بررسی و ارزیابی شد. در پایان نیز با مرور مختصری بر یافته‌های اصلی تحقیق، جمع‌بندی صورت گرفت و راه‌کارهای سازگاری با مسئله‌ی تحقیق بررسی شد.

### روش تحقیق

در این بررسی، به منظور ارزیابی پیامدهای تغییرپذیری‌های اقلیم بر میزان تنگدستی خانوارهای کشاورز در دشت همدان- بهار از ترکیب الگوهای هواشناسی، برنامه‌ریزی ریاضی و الگوهای رگرسیونی استفاده شد. در نمودار ۱ مرحله‌های مختلف انجام این تحقیق به تصویر کشیده شده‌است. این نمودار چگونگی پیگیری پیامدهای محتمل تغییرپذیری‌های اقلیم در نظام‌های غیر اقتصادی مختلف و نیز چگونگی ادغام آنها در یک الگوی اقتصادی را تبیین می‌کند. همان‌طور که در این نمودار ملاحظه می‌شود، در بررسی کنونی برای دستیابی به اهداف تحقیق، در آغاز به پیش‌بینی تغییرپذیری‌های اقلیم دشت همدان-بهار، از طریق ریزمقیاس‌نمایی سنج‌های اقلیمی بارش در مدل مولد داده‌های هواشناسی LARS-WG در سطح ایستگاه همدید (سینوپتیک) منطقه و با بهره‌گیری از اطلاعات سناریوهای SSP در مدل گردش عمومی جو CMIP6، در یک افق برنامه‌ریزی ۲۰ ساله پرداخته‌شد.

## بررسی راهبردهای مدیریتی... ۶۳

سناریوهای SSP، که در گزارش ششم IPCC<sup>۱</sup> در زمینه‌ی تغییرپذیری‌های اقلیم در سال ۲۰۲۱ ارائه شدند، با بهره‌گیری از مجموعه‌ای از اطلاعات کمی و کیفی، پیشرفت‌های احتمالی در انتشار گازهای گلخانه‌ای را در سطح جهان مورد بحث قرار می‌دهند.



نمودار (۱) مرحله‌های انجام تحقیق

Figure (1) Research steps

<sup>۱</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change

در سناریوی SSP1 که نمایانگر سطح‌های پایین انتشار در مقایسه با دیگر سناریوها است، چالش‌های کمتری برای سازگاری با تغییرپذیری‌های آب و هوایی وجود دارد. زیرا رشد سریع درآمد همگام با کاهش قابل ملاحظه‌ی اتکا به منابع‌های طبیعی از طریق دگرگونی‌های فناوری، منتج به ارتقا سطح تحصيلات، کاهش نرخ باروری و در نتیجه کاهش نرخ رشد جمعیت خواهد شد. در سناریوی SSP2، روند کنونی انتشار گازهای گلخانه‌ی کم و بیش ادامه خواهد داشت. با دستیابی به سطح متوسطی از پیشرفت درآمد، نرخ رشد اقتصادی، به ویژه در کشورهای کمتر توسعه‌یافته بسیار کندتر از شرایط کنونی خواهد بود. در این سناریو، چالش‌های اساسی و نه چندان شدید برای سازگاری با پیامدهای تغییر سنجه‌های اقلیمی وجود دارد. در سناریوی SSP3، نرخ رشد اقتصادی در ترکیبی از عامل‌های پرشمار همچون فقدان همکاری‌های بین‌المللی، پیشرفت اندک فناوری، نبود زمینه برای توسعه‌ی 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 نمایان می‌دارد (Absar and Preston, 2015; Bohmelt, 2017).

در مدل LARS-WG (رابطه‌ی ۱)، برای هر سنجه‌ی اقلیمی، اختلاف میانگین داده‌های تولید شده در دوره‌ی پایه و میانگین داده‌های تولید شده در دوره‌ی آینده، محاسبه و این میزان اختلاف، به میزان میانگین داده‌های مشاهده‌ای افزوده می‌شود (Dellink et al., 2017).

$$W_1 = W_2 + (W_3 - W_4) \quad (1)$$

در این رابطه  $W_1$ ،  $W_2$ ،  $W_3$  و  $W_4$  به ترتیب بیانگر متغیرهای پیش‌بینی شده، مشاهده شده، پیش‌بینی شده روی شبکه‌ی مدل در دوره‌ی آینده و تولید شده روی شبکه‌ی مدل در دوره‌ی پایه است. در این بررسی با استفاده از رابطه‌ی بالا، سنجه‌ی اقلیمی بارش با در نظر گرفتن دوره‌ی مشاهده‌ای ۱۳۹۷-۱۳۶۸، در یک افق برنامه‌ریزی ۲۰ ساله پیش‌بینی شد.

در ادامه چگونگی اثرگذاری میزان پیش‌بینی شده‌ی بارش بر میزان تبخیر و تعرق محصول‌های زراعی، در قالب رابطه‌ی ۲ ارائه شده‌است. در بررسی‌های پیشین، وجود رابطه‌ی خطی میان تبخیر و تعرق و بارش، تایید نشده‌است (Fay et al., 2003). با افزایش شدت بارندگی، تبخیر و تعرق تا رسیدن به نقطه‌ی بیشینه، افزایش خواهد یافت. پس از آن، خاک به مرحله‌ی اشباع می‌رسد و هرگونه بارش



## بررسی راهبرد های مدیریتی... ۶۵

دریافتی تبدیل به روان آب می شود و یا به آبخوان نفوذ خواهد کرد. بر این مبنای وجود رابطه از نوع درجهی دوم میان بارندگی و تبخیر و تعرق توجیه پذیر خواهد بود ( Garbrecht et al., 2004; Irmak et al., 2013).

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

در این رابطه،  $a, k, c$  و  $t$  به ترتیب نمایانگر نوع محصول، فناوری آبیاری، سناریوی اقلیمی و زمان،  $ET$  تبخیر و تعرق محصول های زراعی و  $Pr$  بارش تجمعی سالانه منطقه است. همچنین لازم به یادآوری است که برآورد فراسنجه های  $\beta_1$  و  $\beta_2$  در رابطه بالا، با بهره گیری از اطلاعات سالانه تبخیر و تعرق محصول های زراعی و نیز اطلاعات مرتبط با بارش تجمعی سالانه ارائه شده توسط ایستگاه های هواشناسی منطقه در دوره ی ۱۳۶۸-۱۳۹۷، از طریق روش  $GME^1$  میسر گردید (Huang et al., 2012).

در گام بعدی، برای تعیین میزان های تولید و عملکرد محصول های کشاورزی منطقه در رویارویی با تغییرپذیری های تبخیر و تعرق، از رابطه های ۳ و ۴ استفاده شد. در این رابطه ها،  $a, k, c$  و  $t$  به ترتیب نمایانگر نوع محصول، فناوری آبیاری، سناریوی اقلیمی و زمان،  $Yield$  عملکرد محصول،  $ET$  تبخیر و تعرق محصول های زراعی،  $TP$  میزان تولید محصول،  $X$  سطح زیر کشت و  $\alpha_1$  و  $\alpha_2$  فراسنجه های الگو هستند. در زمینه ی رابطه ی میان عملکرد محصول های کشاورزی و تبخیر و تعرق، بسیاری از محققان اذعان داشتند با توجه به اینکه کاربرد آب اضافی بیش از نقطه ی بیشینه ی تبخیر و تعرق، بهبود عملکرد محصول را در پی نخواهد داشت، شکل تبعی درجهی دوم از نظر آماری قوی تر است (Zhang et al., 1999; Liu et al., 2002). لذا در این تحقیق با بهره گیری از اطلاعات مرتبط با عملکرد و تبخیر و تعرق محصول های زراعی منطقه در دوره ی ۱۳۶۸-۱۳۹۷، به برآورد فراسنجه های  $\alpha_1$  و  $\alpha_2$  در قالب رابطه ی ۳ و با استفاده از روش  $GME$  پرداخته شد. سپس میزان تولید محصول های زراعی دشت با استفاده از رابطه ی ۴، تعیین شد.

$$Yield_{akt} = \alpha_{1ak} * ET_{akt} + \alpha_{2ak} * (ET_{akt})^2 \quad (3)$$

---

<sup>1</sup> General Maximum Entropy

$$TP_{akct} = X_{akct} * Yield_{akct} \quad (۴)$$

در ادامه، میزان اثرگذاری تغییرپذیری‌های اقلیم بر منابع‌های آب زیرزمینی دشت، با استفاده از رابطه‌های ۵ و ۶ ارزیابی شد.

$$Seep_{ct} = Pr_{ct} - \sum_a \sum_k ET_{akct} \quad (۵)$$

$$SV_{ct} = SV_{ct-1} + Seep_{ct} - \sum_a \sum_k GP_{akct} - \bar{U}r_{ct} \quad (۶)$$

در این رابطه‌ها،  $a$ ،  $k$ ،  $c$  و  $t$  به ترتیب نمایانگر نوع محصول، فناوری آبیاری، سناریوی اقلیمی و زمان،  $Seep$  نمایانگر میزان نفوذ آب به سفره‌ی آب زیرزمینی دشت،  $SV$  ذخیره‌ی آبخوان،  $GP$  برداشت از آبخوان برای آبیاری و  $\bar{U}r$  برداشت از آبخوان برای مصرف‌های غیرکشاورزی است. رابطه‌ی ۵ میزان نفوذ به سفره‌ی آب زیرزمینی را به صورت اختلاف میان حجم بارش دریافتی و مجموع تبخیر و تعرق محصول‌های کشاورزی در هر سال ارائه می‌کند. لازم به یادآوری است که با توجه به ناچیز بودن منابع‌های آب سطحی منطقه‌ی تحقیق، از اعمال حجم رواناب در رابطه‌ی ۵ اجتناب شد (Safari et al., 2018; Shad et al., 2017; Bayatvarkeshi et al., 2018). در نهایت، مطابق با رابطه‌ی ۶، میزان ذخیره‌ی آبخوان دشت همدان - بهار در هر سال، به ذخیره‌ی آبخوان در سال پیشین، میزان نفوذ به آبخوان و نیز حجم برداشت کشاورزی و غیرکشاورزی از سفره‌ی آب زیرزمینی در سال جاری وابسته خواهد بود (Gohar & Cashman, 2016).

در ادامه، برای شبیه‌سازی تغییرپذیری‌های الگوی کشت منطقه در رویارویی با تغییرپذیری‌های اقلیم، از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت پویا در شرایط درون‌زایی قیمت استفاده شد. در این الگو، فرض نبود زمینه‌ی تاثیرپذیری قیمت محصول‌ها در رویارویی با شوک‌های عرضه و به عبارت دیگر، تعیین قیمت‌ها در خارج از مدل، بدون اعتبار است. رهیافت یادشده افزون بر ارزیابی جزییات الگوی کشت، با ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا، در تعیین قیمت‌های تعادلی محصول‌ها اهتمام می‌ورزد (Kiani et al., 2020).

## بررسی راهبرد های مدیریتی... ۶۷

در حالت کلی، یک الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)<sup>۱</sup> در سه مرحله انجام می‌شود (Howitt, 1995). در مرحله‌ی نخست، یک مدل برنامه‌ریزی خطی به همراه محدودیت‌های واسنجی و محدودیت‌های منبع‌ها، 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 سطح‌های فعالیت‌های مشاهده‌ای در دوره‌ی پایه توسط الگوی غیرخطی یادشده و بدون استفاده از محدودیت‌های واسنجی بازتولید می‌شوند. 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 تحت عنوان افق برنامه‌ریزی شبیه‌سازی می‌گردد. با فرض سالانه بودن گام زمانی در افق برنامه‌ریزی تحقیق، متغیرهای تصمیم در هر سال بر مبنای نتایج سال پیش از آن تعیین می‌شوند. 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 مبنای نتایج سال پیشین اعمال می‌گردد. 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 مبنای اطلاعات سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ به عنوان سال پایه و در یک افق برنامه‌ریزی ۲۰ ساله ارائه شده‌است. در این الگو، معادله‌های هیدرولوژیکی، شرایط پویایی مدل را فراهم و متغیرهای مربوط به آبخوان و تغییرپذیری‌های آن را از سالی به سال دیگر شبیه‌سازی می‌کنند. به این ترتیب، تخصیص نهاده‌ها در افق برنامه‌ریزی، به ظرفیت آبخوان در طول زمان بستگی خواهد داشت. رابطه‌ی ۷ تابع هدف این الگو را به صورت بیشینه‌ساز ارزش حال درآمد خالص کشتزار (PTNB)<sup>۲</sup>، در مقیاس سرانه و سالانه، ارائه می‌کند.

$$PTNB_c = \left(\frac{1}{nt}\right) \sum_a \sum_k \sum_t \frac{[(P_{act} * Yield_{akt} - ATC_{akt}) * X_{akt} - WC]}{(1+r)^t} \quad (7)$$

<sup>۱</sup> Positive Mathematical Programming

<sup>۲</sup> Present Total Net Benefit

در این رابطه  $c, t, n, a$  و  $k$  به ترتیب نمایانگر سناریوی اقلیمی (SSPs)، تعداد افراد جامعه آماری تحقیق، زمان، نوع محصول و فناوری آبیاری است. لازم به توضیح است که جامعه آماری این تحقیق، متشکل از جمعیت ۶۲ هزار نفری خانوارهای کشاورز دشت همدان- بهار است. همچنین  $P$  قیمت محصول، Yield عملکرد محصول، ATC میانگین هزینه تولید در هکتار، WC هزینه مستقیم آبیاری،  $X$  سطح زیرکشت و  $r$  نرخ بهره را ارائه می‌کند. هزینه مستقیم آبیاری به تعرفه آب برای استفاده در سامانه‌های نوین آبیاری اشاره دارد. میانگین هزینه تولید در هکتار، همان‌طور که در رابطه ۸ نیز مشهود است، در قالب هزینه‌های غیر آبی (NWC)، هزینه‌های سرمایه‌ای سامانه آبیاری (CC) و هزینه انرژی مصرفی برای پمپاژ آب (PC) تفکیک شده است. هزینه‌های غیر آبی شامل هزینه‌های مرتبط با زمین، نیروی کار، کودهای شیمیایی و ماشین‌ها هستند. هزینه‌های سرمایه‌ای (رابطه ۹) نیز به مواردی همچون هزینه خرید سامانه آبیاری (CCS)، نرخ بهره، طول عمر سامانه آبیاری (SL) و میزان یارانه‌ی پرداختی دولت در این زمینه (Subsidy) وابسته است. در نهایت، برابر با رابطه ۱۰، در زمینه هزینه پمپاژ باید توجه داشت که این هزینه متناسب با افزایش عمق پمپاژ افزایش می‌یابد و لذا می‌توان آن را به صورت حاصل ضرب عامل هزینه انرژی پمپاژ ( $Kp$ ) در عمق پمپاژ ( $P \cdot depth_{ct}$ ) در نظر گرفت.

$$ATC_{akt} = NWC_{akt} + CC_{act} + WC + PC_{act} \quad (۸)$$

$$CC_{ads} = \left\{ \frac{CCS * r}{1 - \left[ \frac{1}{(1+r)^{SL}} \right]} \right\} * (1 - Subsidy) \quad (۹)$$

$$PC_{akt} = Kp_{akt} * P \cdot depth_{ct} \quad (۱۰)$$

در ادامه، تابع تقاضای معکوس به تفکیک هر یک از محصول‌های کشاورزی در قالب رابطه ۱۱ و با استفاده از کشش‌های تقاضای محصول ( $\epsilon$ ) ارائه شده در بررسی‌های پیشین (Barikani et al., 2008; Karimi et al., 2010; Sabouhi & Ahmadpour, 2012) برآورد شد. در این رابطه،  $k, a, c$  و  $t$  به ترتیب نمایانگر نوع محصول، فناوری آبیاری، سناریوی اقلیمی و زمان،  $P$  قیمت محصول،  $TP$  تولید محصول و  $\theta_{0a}$  و  $\theta_{1a}$  فراسنجه‌های الگو هستند. لازم به یادآوری است که فراسنجه‌های تابع تقاضای

## بررسی راهبرد های مدیریتی... ۶۹

معکوس به صورت  $\theta_{0a} = [P_{act} - (\theta_1 * TP_{akct})]$  و  $\theta_{1a} = \left[ \varepsilon_a / \left( \frac{P_{act}}{TP_{akct}} \right) \right]$  محاسبه می‌شوند (Momeni & Zibaei, 2013).

$$P_{act} = \theta_{0a} + \theta_{1a} * \sum_k TP_{akct} \quad (11)$$

محدودیت‌های منبع‌های مورد استفاده در الگوی تجربی این تحقیق 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 می‌شود. محدودیت مرتبط با منبع آب نشان می‌دهد که کل آب در دسترس برای کشت محصول‌های زراعی دشت بیشینه به اندازه‌ی مجموع منبع‌های آب زیرزمینی و سطحی منطقه 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 (Afruzi & Zare Abyaneh, 2020). سایر 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 آمار و اطلاعات مربوط به ضریب‌های فنی محصول‌های کشاورزی و نهاده‌ها در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷، از طریق آمارنامه‌های وزارت جهاد کشاورزی صورت پذیرفت. لازم به توضیح است که منظور از ضریب‌های فنی، میزان استفاده از نهاده‌ها در هکتار در فرآیند تولید محصول‌های کشاورزی است که به تفکیک نهاده‌ها و محصول‌ها محاسبه می‌شود. به عنوان مثال، ضریب فنی نهاده‌ی آب در خصوص محصول گندم نشان می‌دهد که تولید هر هکتار محصول گندم چه میزان از نهاده‌ی آب استفاده می‌کند. همچنین ضریب فنی نهاده‌ی کود شیمیایی در خصوص محصول سیب‌زمینی، به عنوان مثال، نشان می‌دهد که تولید هر هکتار محصول سیب‌زمینی چه میزان کود شیمیایی مصرف می‌کند. بدیهی است که در زمینه‌ی هر نهاده، حاصلضرب ضریب فنی در سطح زیر کشت یک محصول و تجمیع آن با میزان‌های محاسباتی در مورد سایر محصول‌ها، میزان استفاده از نهاده‌ی یادشده در تولید محصول‌های کشاورزی منطقه را ارائه می‌کند.

در پایان، پس از ارزیابی تغییرپذیری‌های درآمد خانوارهای کشاورز در رویارویی با تغییرپذیری‌های اقلیم، شاخص تنگدستی (فقر) FGT در قالب رابطه‌ی ۱۲ و در سناریوهای مختلف اقلیمی محاسبه شد. در این شاخص با بهره‌گیری از قابلیت تجزیه‌پذیری، امکان تفکیک و تجمیع میزان تنگدستی در زیرگروه‌های مختلف درآمدی و تعیین سطح واحدی از تنگدستی در کل جامعه میسر می‌شود (Bani & Zare Mehrjerdi, 2010).

$$FGT_c = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{PL - (Y_i + \Delta PTNB_c)}{PL} \right]^\alpha \right) ; \alpha = 0, 1, 2. \quad (12)$$

در رابطه‌ی بالا،  $PL$  و  $Y$  به ترتیب نمایانگر فرد، خط تنگدستی و درآمد افراد تنگدست است. لازم به توضیح است که در این تحقیق، خط تنگدستی در مقیاس سرانه و در سطح هر فرد از جامعه‌ی آماری برآورد شد. در محاسبه‌های مرتبط با شاخص تنگدستی مبتنی بر خط تنگدستی سرانه، لازم است که اختلاف درآمد هر فرد تنگدست از خط تنگدستی تعیین شود و با تجمیع آن در سطح منطقه، به شاخص‌سازی در این زمینه پرداخت. لذا نمایه‌ی  $i$  شمارنده‌ی هر فرد از جامعه‌ی آماری ۶۲ هزار نفری این تحقیق متشکل از خانوارهای کشاورز دشت همدان-بهار است. همچنین فراسنجه‌ی  $\alpha$  به عنوان نشانگر میزان گریز از تنگدستی در جامعه، می‌تواند میزان‌های ۰، ۱ و ۲ را به خود اختصاص دهد که به موجب این میزان‌ها، شاخص FGT به ترتیب بیانگر نسبت سرشمار تنگدستی، شکاف تنگدستی و شدت تنگدستی در جامعه خواهد بود (Clarke & Erreygers, 2020). در نسبت سرشمار تنگدستی که درصد افراد تنگدست جامعه را نشان می‌دهد، تغییرپذیری‌های درآمد افراد تنگدست بر میزان شاخص بی‌تاثیر است. لذا این شاخص در مورد اینکه افراد تنگدست به چه میزان از تنگدستی خود رنج می‌برند و یا برای از بین بردن تنگدستی این افراد، چه میزان از منابع‌ها مورد نیاز است، اطلاعاتی ارائه نمی‌دهد. در شاخص شکاف تنگدستی، فرض بر این است که تمام افراد فقیر به یک اندازه از تنگدستی رنج می‌برند و لذا به وضعیت تنگدستی تمام افراد، وزن یکسانی برابر واحد داده می‌شود. به این ترتیب شاخص‌های نسبت سرشمار تنگدستی و شکاف تنگدستی مکمل یکدیگر هستند به طوری که نسبت سرشمار تنگدستی، تعداد افراد تنگدست را نشان می‌دهد بدون آنکه به بیان عمق تنگدستی پردازد. در حالی که شاخص شکاف تنگدستی، عمق تنگدستی را بیان می‌کند اما در مورد شمار افرادی که زیر خط تنگدستی هستند بدون اطلاعات است. نکته‌ی شایان اهمیت

## بررسی راهبردهای مدیریتی... ۷۱

این است که در هیچ یک از دو شاخص یادشده، نسبت به توزیع دوباره‌ی درآمد در میان افراد جامعه حساسیتی وجود ندارد. به طوری که در شرایطی که انتقال درآمد از یک فرد تنگدست به فرد تنگدست دیگری صورت گیرد، نسبت سرشمار تنگدستی و شکاف تنگدستی، هیچ تغییری را نشان نمی‌دهند، در حالی که فرد اول تنگدست‌تر و فرد دوم غنی‌تر شده‌است. به منظور فائق آمدن بر این مسئله، می‌توان از شاخص شدت تنگدستی استفاده نمود. در این شاخص با دادن وزن بیشتر به افراد تنگدست‌تر، حساسیت بیشتری به تنگدستی داده می‌شود (Shirvanian & Torkamani, 2010).

در رابطه‌ی ۱۲، برای محاسبه‌ی خط تنگدستی از روش انرژی غذایی دریافتی استفاده شد (Rowntree, 2000). آمار و اطلاعات لازم در این زمینه از طریق تنظیم پرسشنامه و تکمیل آن در جامعه‌ی آماری تحقیق متشکل از جمعیت ۶۲ هزار نفری خانوارهای کشاورز دشت همدان- بهار در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ فراهم شد. بدین منظور نمونه‌ای شامل ۳۲۰ خانوار کشاورز با استفاده از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای دو مرحله‌ای انتخاب و بررسی شد. در ادامه، نمونه‌ی یادشده به ۱۰ دهک درآمدی تفکیک شد. سپس ماتریس عملکرد تغذیه‌ای که به صورت حاصلضرب میزان مصرف اقلام خوراکی در طول یک سال و میزان کالری دریافتی از هر کیلوگرم ماده‌ی خوراکی تعریف می‌شود، برآورد شد. با در نظر گرفتن دهک i به عنوان دهک دریافت‌کننده‌ی کمترین انرژی سالانه‌ی مورد نیاز یک فرد، هزینه‌ی ریالی تأمین هر واحد کالری، از تقسیم هزینه‌های کل دهک i بر مجموع انرژی دریافتی این دهک تعیین شد. در ادامه، مازاد انرژی دریافتی دهک i نسبت به کمترین انرژی مورد نیاز فردی (۲۳۰۰ کالری در روز)، محاسبه و عدد حاصل در هزینه‌ی تأمین هر واحد کالری ضرب شد. در پایان، از طریق کسر هزینه‌های اضافی دهک i از کل هزینه‌های این دهک، خط تنگدستی کلی محاسبه گردید (Sayban et al., 2020). لازم به یادآوری است که اطلاعات مربوط به ماتریس عملکرد تغذیه‌ای، هزینه و درآمد خانوارها از مرکز آمار ایران (۱۳۹۷) گردآوری شد.

در مرحله‌ی پایانی تحقیق، به ارزیابی راهبردهای مدیریتی در بخش کشاورزی دشت همدان- بهار برای کاهش پیامدهای منفی تغییرپذیری‌های اقلیم بر شاخص تنگدستی FGT پرداخته شد. راهبردهای یادشده شامل تغییر الگوی کشت، تغییر شیوه‌ی آبیاری و حذف چاه‌های غیر مجاز، در ادامه بحث می‌شوند.

### الف) تغییر الگوی کشت

به منظور بررسی تاثیر بهینه‌سازی الگوی کشت بر وضعیت آبخوان، درآمد خالص کشتزار و در پی آن بر شاخص تنگدستی در دشت همدان- بهار، از الگوی پیشنهادی توسط کارشناسان جهاد کشاورزی استان همدان (Mahdavi et al., 2013) در سال پایهی این تحقیق استفاده شد. در این الگوی بهینه، کاهش سطح زیر کشت محصول‌های سیب‌زمینی و سیر در مقایسه با شرایط کنونی، به ترتیب به میزان ۴۴ و ۲۱ درصد و افزایش سطح زیر کشت محصول‌های کلزا، هندوانه‌ی آبی و کدو آجیلی به ترتیب به میزان ۴۰، ۲۴ و ۴۲ درصد پیشنهاد شده‌است. برای استفاده از این الگو همچنین، با بهره‌گیری از نرم‌افزار AGWAT میزان آب ناخالص مورد نیاز محصول‌ها در الگوی کشت بهینه، تعیین و میزان آب صرفه‌جویی شده در این گزینه‌ی مدیریتی، از میزان تخلیه‌ی چاه‌های کشاورزی حذف و در این شرایط الگوی PMP در دوره‌ی برنامه‌ریزی تحقیق بار دیگر اجرا شد.

### ب) تغییر شیوه‌ی آبیاری

بر پایه‌ی مشاهده‌های میدانی در این تحقیق، استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری در کشت اغلب گیاهان زراعی منطقه، کاهش مصرف آب در هر هکتار کشت محصول را فراهم می‌سازد که میزان این کاهش در زمینه‌ی گیاهان زراعی آب‌بر همچون سیب‌زمینی، گندم آبی و یونجه، بسیار قابل توجه است. لذا در این بررسی، میزان آب مورد نیاز الگوی کشت منطقه در شرایط موجود با بازده آبیاری ۴۵ درصد و در شرایط تغییر شیوه‌ی آبیاری با بازده ۹۰ درصد برآورد شد. سپس میزان آب صرفه‌جویی شده، از میزان تخلیه‌ی چاه‌ها کسر و با فرض ثابت بودن دیگر شرایط، الگوی PMP در دوره‌ی برنامه‌ریزی تحقیق بار دیگر اجرا شد. در این حالت نیز تغییرپذیری‌های درآمد خالص کشتزار و در پی آن تغییرپذیری‌های شاخص تنگدستی پس از اعمال راهبرد مدیریتی، بررسی شد.

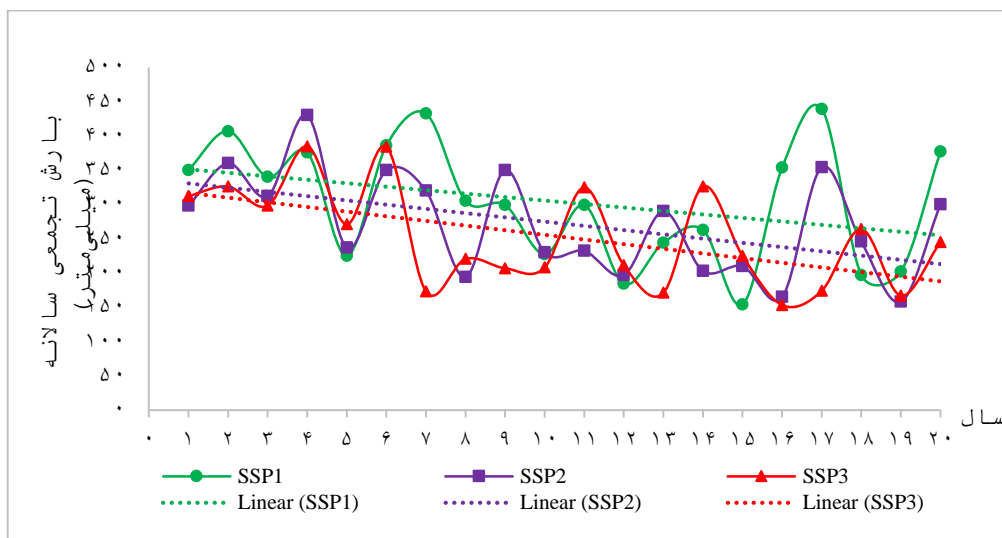
### ج) حذف چاه‌های غیر مجاز

در دهه‌های اخیر، یکی از چالش‌های بهره‌برداری در بخش کشاورزی دشت همدان-بهار با توجه به ممنوعه بودن دشت از نظر توسعه‌ی بهره‌برداری از منبع‌های آب زیرزمینی، حفر چاه‌های غیر مجاز به دلیل نیاز روزافزون به آب بوده‌است. بر اساس آمار شرکت آب منطقه‌ای استان همدان، شمار این چاه‌ها ۳۹۰ حلقه با میزان تخلیه‌ی سالانه‌ی ۴۹ میلیون مترمکعب است. لذا در این بررسی، میزان تخلیه‌ی یادشده، از الگوی برنامه‌ریزی حذف و نتایج اجرای دوباره‌ی مدل، ارزیابی شد.



## نتایج

در نخستین مرحله‌ی تحقیق، به پیش‌بینی سنجه‌ی اقلیمی بارش در دشت همدان-بهار با استفاده از مدل مولد داده‌های هواشناسی LARS-WG پرداخته شد. بدین منظور در آغاز کار، مدل در دوره‌ی مشاهده‌ای ۱۳۶۸-۱۳۹۷ تدوین و اجرا شد. سپس خروجی‌های مدل با داده‌های ایستگاه هواشناسی منطقه در دوره‌ی مشاهده‌ای مقایسه شدند. تحلیل نتایج در این مرحله نشان داد که اختلاف معناداری میان میزان‌های بازسازی شده و میزان‌های حقیقی در سطح خطای ۰/۰۵ وجود ندارد. این نتیجه بیانگر توانمندی مدل LARS-WG در شبیه‌سازی اقلیم دوره‌ی گذشته‌ی ایستگاه هواشناسی مورد بحث است. لذا در ادامه با به‌کارگیری رابطه‌ی ۱، به پیش‌بینی میزان بارش تجمعی سالانه‌ی ایستگاه هواشناسی یادشده در قالب سناریوهای SSP1، SSP2 و SSP3 در دوره‌ی ۲۰ ساله‌ی برنامه‌ریزی تحقیق پرداخته شد که نتایج حاصل در نمودار ۲ ارائه شده است. همان‌طور که در این نمودار مشاهده می‌شود، میزان بارش تجمعی سالانه‌ی دشت همدان-بهار در دوره‌ی ۲۰ ساله‌ی آتی در همه‌ی 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 شده است. همچنین از بررسی نمودار بالا می‌توان دریافت که در سناریوی SSP1، سری زمانی بارش تجمعی سالانه، میزان‌های ۴۳۹ و ۱۵۴ میلی‌متر را به ترتیب در حالت بیشینه و کمینه به خود اختصاص خواهد داد. مقادیر یادشده در سناریوی SSP2 به ترتیب برابر ۴۳۰ و ۱۹۴ میلی‌متر است. در نهایت، در سناریوی SSP3 بارش تجمعی سالانه در دوره‌ی برنامه‌ریزی، در بازه‌ی ۳۸۴-۱۷۳ میلی‌متر قرار خواهد گرفت.



نمودار (۲) میزان بارش تجمعی سالانه دشت همدان- بهار در سناریوهای اقلیمی در افق برنامه‌ریزی تحقیق

Figure (2) Cumulative annual rainfall values of Hamadan-Bahar plain in the climate scenarios on the research planning horizon

پس از پیش‌بینی میزان 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 میزان‌های تبخیر و تعرق و در پی آن، عملکرد محصول‌های کشاورزی دشت همدان- بهار، با بهره‌گیری از رابطه‌های ۲ و ۳، تعیین شد. همچنین میزان اثرپذیری منابع‌های آب زیرزمینی دشت در رویارویی با تغییرپذیری‌های اقلیمی مورد بحث، با استفاده از رابطه‌های ۵ و ۶، ارزیابی و در الگوی PMP لحاظ شد. لازم به یادآوری است که رابطه‌های ۲ تا ۶، در الگوی برنامه‌ریزی ادغام و همه‌ی رابطه‌ها در قالب ساختاری واحد بررسی شدند. در ادامه، نتایج اعمال مجموعه‌ی این تغییرپذیری‌ها در الگوی PMP در افق برنامه‌ریزی این بررسی ارائه شده‌است. در آغاز به منظور اعتباربخشی به نتایج مدل، الگوی کشت دشت همدان- بهار در قالب جدول ۱ در حالت مشاهده‌ای

## بررسی راهبرد های مدیریتی... ۷۵

در سال پایه ۹۷-۱۳۹۶ و نیز در شرایط واسنجی (کالیبراسیون) مدل PMP برای بازتولید الگوی پایه، ارائه شده است.

**جدول (۱) الگوی کشت منطقه در حالت مشاهده‌ای و واسنجی توسط مدل PMP**  
**Table (1) Cropping pattern of the zone in observation mode at 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 علوفه‌ای 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

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. در ادامه در جدول ۲، عمق پمپاژ آب زیرزمینی دشت همدان - بهار برای مصارف بخش کشاورزی در دوره‌ی زمانی ۲۰ ساله‌ی آتی، بحث شده است.

جدول (۲) عمق پمپاژ آب زیرزمینی بخش کشاورزی منطقه در سناریوهای اقلیمی در افق برنامه‌ریزی تحقیق (متر)

Table (2) The depth of groundwater pumping in the agricultural sector of the region in the climate scenarios on the research planning horizon (m)

SSP3	SSP2	SSP1	Year	SSP3	SSP2	SSP1	Year
58/94	54/89	52/97	11	53/00	50/80	49/20	1
59/03	55/06	53/00	12	53/54	51/20	49/67	2
59/57	55/81	53/52	13	54/07	51/67	49/99	3
60/35	56/23	53/92	14	55/44	52/26	50/42	4
60/91	57/05	54/34	15	55/83	53/07	50/86	5
61/13	57/95	54/78	16	56/11	52/99	51/03	6
61/85	58/46	55/03	17	56/76	53/47	51/51	7
62/32	58/88	55/82	18	57/22	53/74	51/98	8
62/92	59/25	56/32	19	57/97	54/11	52/22	9
63/27	59/79	56/91	20	58/43	54/67	52/75	10
میانگین							
0/94	0/86	0/77	افزایش سالانه				
Average annual increase							

Source: Research Findings

منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌طور که مشاهده می‌شود عمق پمپاژ آب در همه‌ی سناریوهای اقلیمی روندی افزایشی دارد و در خوشبینانه‌ترین پیش‌بینی مطابق با سناریوی SSP1، سالانه به طور متوسط به میزان ۷۷ سانتی‌متر افزایش خواهد یافت به طوری که از مقدار ۴۹ متر در ابتدای دوره، به مقدار ۵۷ متر در پایان دوره‌ی برنامه‌ریزی خواهد رسید. همچنین میانگین افزایش سالانه‌ی عمق پمپاژ آب در سناریوهای SSP2 و SSP3 به ترتیب برابر ۸۶ و ۹۴ سانتی‌متر خواهد بود. نتایج مذکور مؤید آن است که در سال‌های آتی، میزان برداشت از سفره‌ی آب زیرزمینی منطقه روندی افزایش خواهد داشت که به موجب آن، همگام با افزایش کمیابی منابع‌های آب زیرزمینی منطقه، هزینه‌های تولید ارتقا می‌یابد و سودآوری تولید در بخش کشاورزی دستخوش تغییر خواهد شد.

در جدول ۳، میزان‌های قیمت و تولید محصول‌های زراعی دشت همدان-بهار در سال پایه و در سناریوهای مختلف اقلیمی بررسی شده‌است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مجموع تولید محصول‌های زراعی این دشت در سال پایه‌ی تحقیق برابر ۸۹۷ هزار تن بود که در صورت تحقق سناریوهای اقلیمی، میزان یادشده کاهش می‌یابد. در این میان، بیشترین میزان کاهش تولید، در

## بررسی راهبرد های مدیریتی... ۷۷

سناریوی SSP3 و در حدود ۱۵۳ هزار تن خواهد بود. لازم به یادآوری است که کاهش میانگین بارش دشت، پیامدهای منفی بر تبخیر و تعرق و در پی آن بر عملکرد اغلب محصولات 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 نمایانگر کاهش تولید منطقه به میزان ۴۰ و ۱۲۱ هزار تن است.

در ادامه، تغییرپذیری‌های قیمت محصولات‌های کشاورزی دشت همدان- بهار در سال پایه و در سناریوهای مختلف اقلیمی بحث و بررسی شده‌است. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، با ایجاد تغییر در شرایط اقلیمی، قیمت اغلب محصولات‌های کشاورزی افزایش خواهد یافت. به عنوان مثال قیمت هر کیلوگرم محصول راهبردی گندم در سناریوهای SSP1، SSP2 و SSP3 در مقایسه با سال پایه، به ترتیب به میزان ۵۹۴۰، ۶۱۴۰ و ۸۷۰۰ ریال افزایش خواهد یافت.

### جدول (۳) قیمت و تولید محصولات‌های کشاورزی در سناریوهای اقلیمی در افق برنامه‌ریزی

**Table (3) price and production of crops in the region in the climate scenarios on the planning horizon**

محصول Crop	تولید (هزار تن) Production (1000 t)				قیمت (ریال/کیلوگرم) Price (IRR/Kg)			
	SSP3	SSP2	SSP1	Base	SSP3	SSP2	SSP1	Base
جو آبی Irrigated barely	34/60	36/40	42/80	44/05	20250	18400	17100	12100
جو دیم Rainfed barely	22/01	24/01	26/55	29/94	20250	18400	17100	12100
چغندر قند Sugar beet	3/25	3/35	3/60	4/23	6570	6600	6200	3700
خیار Cucumber	5/40	5/75	6/85	7/12	31300	30850	30140	25200
ذرت علوفه‌ای Forage corn	13/68	13/85	15/15	17/82	5210	5000	4800	2600
سیب زمینی Potato	379/00	389/24	430/35	439/01	22270	20740	19540	12200
سیر Garlic	23/40	24/85	26/01	28/16	34500	32510	31730	29600
عدس دیم Rainfed lentil	0/06	0/09	0/11	0/12	59700	57800	52100	49000
کدو آجیلی Pumpkin	0/18	0/28	0/31	0/59	72300	71900	68800	12500

ادامه جدول (۳) قیمت و تولید محصول های کشاورزی در سناریوهای اقلیمی در افق برنامه ریزی  
 Table (3) price and production of crops in the region in the climate scenarios on the planning horizon

0/46	0/50	0/52	0/58	37510	39470	37900	34900	کلزا Rapeseed
47/40	48/32	53/12	58/33	21700	19140	18940	13000	گندم آبی Irrigated wheat
118/00	125/63	139/75	145/1	21700	19140	18940	13000	گندم دیم Rainfed wheat
0/22	0/32	0/33	0/38	22310	21540	21110	18400	گوجه فرنگی Tomato
0/016	0/016	0/018	0/020	55260	54740	54630	51200	لوبیا Bean
1/60	1/78	1/80	2/55	51320	49510	49010	46200	نخود Chickpea
7/34	7/45	7/78	9/63	14650	12520	11800	6900	هندوانه Irrigated watermelon
0/017	0/019	0/019	0/020	14650	12520	11800	6900	هندوانه دیم Rainfed watermelon
87/70	94/32	101/98	109/12	21880	18100	17980	13000	یونجه Alfalfa
-	-	-	-	31782	30588	29452	22033	Mean
744/33	776/18	857/05	897/00	-	-	-	-	Total

Source: Research Findings

منبع: یافته های تحقیق

ارقام یادشده در مورد محصول سیب زمینی که عمده ترین تولید زراعی منطقه است، به ترتیب برابر ۷۳۴۰، ۸۵۴۰ و ۱۰۰۷۰ ریال پیش بینی شده است. در مجموع، میانگین افزایش قیمت محصول ها در مقایسه با سال پایه در سناریوهای SSP1، SSP2 و SSP3 به ترتیب برابر ۷۴۱۹، ۸۵۵۵ و ۹۷۴۹ ریال خواهد بود. لازم به توضیح است که کاهش تولید محصول های کشاورزی منطقه به دلیل اثرپذیری منفی عملکرد اغلب محصول ها در رویارویی با تغییر شرایط اقلیمی، موجب کاهش عرضه و در پی آن افزایش قیمت محصول ها می شود. افزون بر این، همگام با کاهش بارندگی و افزایش میزان برداشت از منابع های آب زیرزمینی برای آبیاری محصول های کشاورزی، هزینه های تولید به دلیل افزایش عمق پمپاژ آب زیرزمینی افزایش خواهند یافت که این موضوع پیامدهای منفی تغییر شرایط اقلیمی بر قیمت محصول ها را دوچندان می کند.

## بررسی راهبرد های مدیریتی... ۲۹

تغییرپذیری های تولید و قیمت محصول های زراعی منطقه همگام با افزایش هزینه های تولید مرتبط با نهاده های آب، رفاه تولیدکنندگان را دستخوش نوسان می کنند. در جدول ۴، ارزش حال درآمد خالص کشتزار در بخش کشاورزی دشت همدان - بهار در کل افق برنامه ریزی تحقیق و نیز در مقیاس های سرانه و سالانه، به تفکیک سناریوهای اقلیمی ارائه شده است.

جدول (۴) ارزش حال درآمد خالص کشتزار در بخش کشاورزی منطقه در سناریوهای اقلیمی  
**Table (4) Present value of net farm income in the agricultural sector of the region in the climate scenarios**

SSP3	SSP2	SSP1	ارزش حال درآمد خالص کشتزار Present value of net farm income
375701	397032	400841	درآمد در مجموع افق برنامه ریزی (میلیارد ریال) Income in the total planning horizon (10 <sup>9</sup> IRR)
302983	320193	323258	درآمد سرانه و سالانه (هزار ریال) Per capita and annual income (10 <sup>3</sup> IRR)

Source: Research Findings

منبع: یافته های تحقیق

برابر با اطلاعات این جدول، ارزش حال درآمد خالص کشتزار در کل دوره ی برنامه ریزی ۲۰ ساله ی این تحقیق در سناریوی SSP1 برابر ۴۰۰۸۴۱ میلیارد ریال خواهد بود. به منظور محاسبه ی عدد یادشده، درآمد خالص کشتزار با توجه به تغییرپذیری های اقلیم در سناریوی SSP1 در هر یک از سال های افق برنامه ریزی، محاسبه و پس از لحاظ نمودن نرخ بهره، ارزش حال درآمد خالص کشتزار در هر سال تعیین شد که در نهایت مجموع ارزش حال درآمدها در کل افق برنامه ریزی، برابر عدد یادشده به دست آمد. از محاسبه ی میانگین سالانه ی عدد یادشده (تقسیم این عدد بر ۲۰) و مقایسه ی آن با درآمد خالص کشتزار در سال پایه برابر با ۲۲۸۸۱ میلیارد ریال، می توان به کاهش ۱۲/۴۰ درصدی این شاخص در خوشبینانه ترین پیش بینی اقلیمی پی برد. همچنین در سناریوهای SSP2 و SSP3، میزان زیان یادشده در مقایسه با سال پایه به ترتیب برابر ۱۳/۲۴ و ۱۷/۹۰ درصد خواهد بود. با توجه به دستیابی به این نتایج می توان دریافت که همگام با رخداد تغییرپذیری های اقلیم در افق ۲۰ ساله ی آتی در دشت همدان - بهار، اگرچه میزان کاهش تولیدهای کشاورزی در مقایسه با میزان افزایش قیمت محصول ها ناچیز است، با این حال در این شرایط درآمد کشاورزان کاهش خواهد یافت زیرا به دلیل فشار کشاورزان بر منابع های آب و استفاده ی بیشتر از این نهاده ی کمیاب، عمق پمپاژ آب زیرزمینی در منطقه افزایش می یابد که این موضع چیره شدن افزایش هزینه های تولید بر افزایش

قیمت محصول‌ها را در پی خواهد داشت و بازدارنده‌ی بهره‌مندی کشاورزان از سودآوری افزایش قیمت محصول‌ها می‌شود. بنابراین مازاد تولیدکنندگان در رویارویی با تغییرپذیری‌های اقلیم در منطقه کاهش خواهد یافت.

افزون بر موارد بالا، با در نظر گرفتن جمعیت ۶۲ هزار نفری خانوارهای روستایی منطقه، میزان ارزش حال درآمد خالص کشتزار در مقیاس سرانه و سالانه در سناریوی خوشبینانه‌ی SSP1 برابر ۳۲۳۲۵۸ هزار ریال محاسبه شد. این عدد از محاسبه‌ی ارزش حال درآمد خالص کشتزار در کل دوره‌ی برنامه‌ریزی این تحقیق در سناریوی SSP1 برابر ۴۰۰۸۴۱ میلیارد ریال و تقسیم آن بر جمعیت ۶۲ هزار نفری روستایی منطقه و در ادامه، تقسیم دوباره‌ی آن بر عدد ۲۰ به عنوان شمار سال‌های دوره‌ی برنامه‌ریزی به دست آمد. با توجه به این روند محاسبه‌ها، بدیهی است میزان یادشده در سال پایه برابر ۳۶۹۰۴۸ هزار ریال بوده‌است. لازم به توضیح است که در محاسبه‌های مرتبط با شاخص تنگدستی که در ادامه‌ی بحث بدان پرداخته شده‌است، تغییرپذیری‌های درآمد خالص کشتزار در مقیاس سرانه و سالانه استفاده می‌شود.

به منظور ارزیابی تغییرپذیری‌های شاخص تنگدستی در نتیجه‌ی رخداد تغییرپذیری‌های اقلیم در بخش کشاورزی دشت همدان - بهار، در آغاز، خط تنگدستی منطقه با استفاده از روش انرژی غذایی دریافتی برآورد شد. بر این مبنا، ماتریس عملکرد تغذیه‌ای در دهک‌های مختلف درآمدی منطقه در سال پایه‌ی تحقیق محاسبه شد که نتایج حاصل از آن در جدول ۵ ارائه شده‌است. لازم به یادآوری است که ماتریس عملکرد تغذیه‌ای، مقدار انرژی دریافتی روزانه‌ی یک فرد در نتیجه‌ی مصرف اقلام مختلف خوراکی را به تفکیک دهک‌های درآمدی جامعه نشان می‌دهد. از بررسی اطلاعات این ماتریس در قالب جدول ۵ می‌توان دریافت که دهک چهارم با برخورداری از مقدار انرژی مصرفی برابر با ۲۹۰۷ کالری، نخستین دهکی است که انرژی مصرفی آن بیش از ۲۳۰۰ کالری (حداقل انرژی روزانه‌ی مورد نیاز یک فرد) است. لذا هزینه‌ی هر واحد انرژی مصرفی، از تقسیم هزینه‌های کل دهک چهارم بر میزان انرژی دریافتی این دهک به دست آمد. در ادامه، مازاد انرژی دریافتی دهک چهارم در مقایسه با ۲۳۰۰ کالری که برابر ۶۰۷ کالری است در هزینه‌ی هر واحد انرژی مصرفی، ضرب و عدد حاصل به عنوان هزینه‌های مازاد انرژی دریافتی این دهک در نظر گرفته شد. در نهایت با کسر هزینه‌های مازاد انرژی دریافتی دهک چهارم از کل هزینه‌های این دهک، خط تنگدستی در مقیاس سرانه و



## بررسی راهبرد های مدیریتی... ۸۱

ماهانه برابر ۱۳۲۱۴ هزار ریال برآورد شد. همچنین پس از مشخص شدن دهک چهارم به عنوان دهک معیار کمترین انرژی مورد نیاز، از طریق محاسبه‌ی میانگین درآمد این دهک و دهک‌های با درآمد پایین‌تر، درآمد افراد تنگدست در مقیاس سرانه و ماهانه برابر ۱۱۶۳۹ هزار ریال به دست آمد.

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

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

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

Source: Research Findings

منبع: یافته‌های تحقیق

در پایان، در جدول ۶، میزان شاخص تنگدستی FGT دشت همدان-بهار در سال پایه و نیز در سناریوهای اقلیمی در افق برنامه‌ریزی تحقیق، با بهره‌گیری از میزان محاسبه‌ای خط تنگدستی و درآمد افراد تنگدست و نیز با لحاظ نمودن تغییرپذیری‌های درآمد خالص کشتزار که در جدول ۴ بحث شد، ارائه شده‌است.

جدول (۶) شاخص تنگدستی FGT منطقه در سناریوهای اقلیمی در افق برنامه‌ریزی  
 Table (6) FGT poverty index of the region in the climate scenarios on the planning horizon

SSP3	SSP2	SSP1	سال پایه Base Year	شاخص Index
0/50	0/46	0/44	0/40	نسبت سرشمار تنگدستی Poverty Headcount ratio
0/18	0/16	0/15	0/12	شکاف تنگدستی Poverty Gap
0/11	0/07	0/06	0/06	شدت تنگدستی Poverty Severity

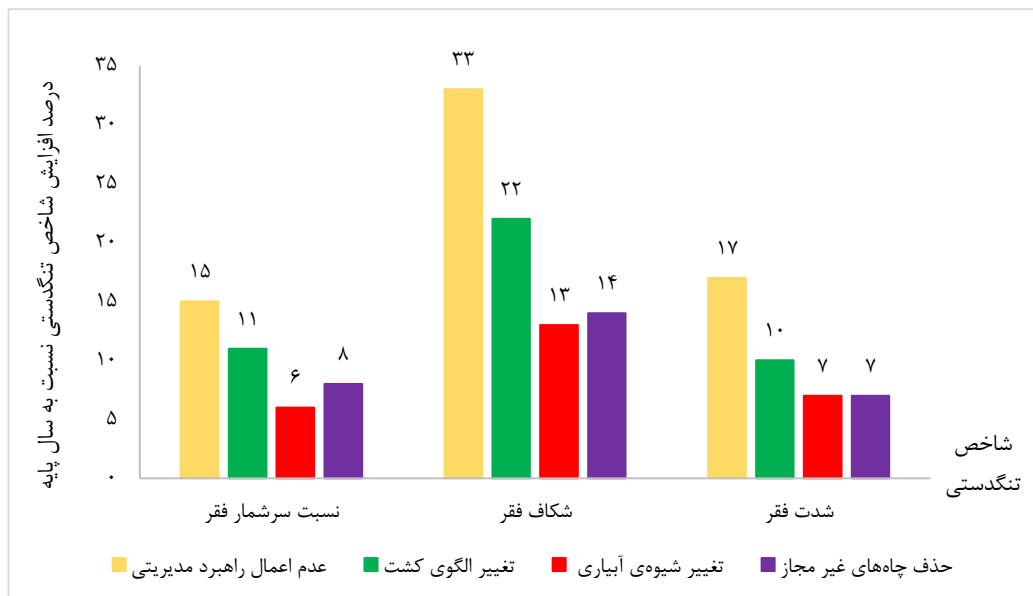
Source: Research Findings

منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌طور که در جدول بالا مشاهده می‌شود، شاخص تنگدستی FGT در قالب مفهوم‌های نسبت سرشمار تنگدستی، شکاف تنگدستی و شدت تنگدستی در سال پایه‌ی تحقیق به ترتیب میزان‌های ۰/۴۰، ۰/۱۲ و ۰/۰۶ را به خود اختصاص داده‌است. نسبت سرشمار تنگدستی مؤید آن است که در سال پایه، حدود ۴۰ درصد جمعیت روستایی دشت همدان- بهار در زمره‌ی تنگدستان قرار داشتند. همچنین با توجه به مقدار شکاف تنگدستی، برای از بین بردن کامل تنگدستی در این منطقه، لازم است که میانگین درآمد اقشار تنگدست روستایی به میزان ۱۲ درصد افزایش یابد. شاخص شدت تنگدستی نیز نشان می‌دهد که در حدود ۶ درصد روستاییان دشت در سطح‌های درآمدی بسیار پایین‌تر از خط تنگدستی قرار داشتند. افزون بر این، نتایج اعمال سناریوهای اقلیمی نمایانگر آن است که با رخداد تغییرپذیری‌های اقلیم، به دلیل ایجاد تغییرپذیری‌های منفی در درآمد خالص کشاورزان که میزان آن در جدول ۴ بحث شد، شاخص‌های تنگدستی در دوره‌ی ۲۰ ساله‌ی برنامه‌ریزی تحقیق افزایش خواهند یافت و به بیان دیگر، ابعاد مختلف تنگدستی با شدت بیشتری در جامعه‌ی روستایی دشت همدان-بهار نمود خواهد یافت. در نتیجه‌ی تغییرپذیری‌های یادشده حتی این امکان وجود دارد که جمعیت روستایی تنگدست به سطح ۵۰ درصد برسد و بیش از ۱۱ درصد تنگدستان، در سطح بسیار نازل درآمدی در مقایسه با آستانه‌ی تنگدستی قرار گیرند که برای از بین بردن کامل این میزان تنگدستی، افزایش ۱۸ درصدی میانگین درآمد قشرهای تنگدست روستایی مورد نیاز خواهد بود. با این حال، استفاده از برخی سناریوهای مدیریتی، تخفیف یافتن بخشی از پیامدهای منفی تغییرپذیری‌های اقلیم بر شاخص‌های تنگدستی این منطقه را در پی خواهد داشت. در نمودار ۳ نتایج

### بررسی راهبردهای مدیریتی... ۸۳

اعمال سه راهبرد مدیریتی در این زمینه، با در نظر گرفتن شرایط سناریوی اقلیمی با رویکرد میانه (SSP2)، ارائه شده است.



نمودار (۳) نتایج اعمال راهبردهای مدیریتی بر شاخص تنگدستی منطقه در سناریوی SSP2  
**Figure (3) The results of management strategies on the poverty index in the region in the SSP2 scenario**

بررسی نمودار بالا نشان می‌دهد که در شرایط رخداد سناریوی اقلیمی SSP2، در صورت عدم استفاده از راهبردهای مدیریتی برای سازگاری با پیامدهای منفی تغییرپذیری‌های اقلیم بر شاخص تنگدستی منطقه، شاخص نسبت سرشمار تنگدستی در دوره ۲۰ ساله‌ی آتی، در مقایسه با سال پایه به میزان ۱۵ درصد افزایش خواهد یافت. اما با بهره‌گیری از سناریوهای مدیریتی شامل تغییر الگوی کشت، تغییر شیوهی آبیاری و حذف چاه‌های غیر مجاز، میزان افزایش شاخص یادشده نسبت به سال پایه به ترتیب برابر ۱۱، ۶ و ۸ درصد خواهد بود. لذا می‌توان دریافت که راهبردهای مدیریتی، افزایش شاخص تنگدستی در رویارویی با تغییرپذیری‌های اقلیم را تا حدی پوشش می‌دهند و لذا کاهش شمار افراد تنگدست جامعه‌ی روستایی منطقه‌ی تحقیق را در پی خواهند داشت. نتیجه‌ی یادشده در

مورد شاخص‌های شکاف تنگدستی و شدت تنگدستی نیز صدق می‌کند به گونه‌ای که با اعمال سناریوی تغییر شیوه‌ی آبیاری، نیاز به افزایش میانگین درآمد افراد تنگدست روستایی برای ریشه‌کن کردن تنگدستی منطقه، به میزان ۲۰ درصد بهبود می‌یابد و از میزان ۳۳ درصد به ۱۳ درصد تنزل خواهد یافت. در زمینه‌ی شاخص شدت تنگدستی نیز بهره‌گیری از راهبردهای مدیریتی، تاثیری مثبت خواهد داشت و در بهترین حالت، بهبود شدت تنگدستی به میزان ۱۰ درصد را در پی دارد. در این شرایط، میزان افزایش شدت تنگدستی در مقایسه با سال پایه، از ۱۷ درصد به ۷ درصد خواهد رسید. در مجموع، نمودار بالا نمایانگر آن است که راهبردهای مدیریتی تغییر شیوه‌ی آبیاری و حذف چاه‌های غیر مجاز در مقایسه با راهبرد تغییر الگوی کشت، در کاهش ابعاد تنگدستی روستایی دشت همدان-بهار مؤثرتر خواهند بود.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش با هدف تحلیل و ارزیابی پیامدهای رفاهی تغییرپذیری‌های اقلیم بر شاخص تنگدستی در بخش کشاورزی دشت همدان-بهار در قالب سناریوهای اقلیمی و در یک دوره‌ی برنامه‌ریزی ۲۰ ساله، طرح‌ریزی شد. بر مبنای نتایج، تغییر شرایط اقلیمی کنونی در سال‌های پیش رو، پیامدهای شایان توجهی 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 محصولات، موجب کاهش تولید و افزایش قیمت مواد غذایی می‌شود. مجموع این تغییرپذیری‌ها، پیامدهایی نامطلوب بر درآمد خالص کشتزار خواهد داشت و رفاه تولیدکنندگان و در پی آن، ارکان مختلف تنگدستی روستایی را تحت الشعاع قرار می‌دهد. در این شرایط با توجه به اینکه گریز از صورت‌های مختلف سناریوهای اقلیمی، ناممکن می‌نماید، لازم است راهبردهای سازگاری با این پدیده، برای تخفیف یافتن پیامدهای منفی آن بر تنگدستی روستایی منطقه اعمال شود. بر این مبنای راهبردهای مدیریتی شامل تغییر الگوی کشت، تغییر شیوه‌ی آبیاری و نیز حذف چاه‌های غیر مجاز در منطقه بررسی شد که نتایج به‌دست آمده مؤید اثرگذاری مثبت این راهبردها در بهبود جنبه‌های مختلف تنگدستی در منطقه است. لذا با توجه به نتایج پیشنهاد می‌شود که راهبردهای مدیریتی با تاکید بر تغییر شیوه‌ی آبیاری و حذف چاه‌های غیر مجاز در بخش کشاورزی دشت همدان-بهار در دستور کار قرار گیرند.

## منبع ها

- 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.
- Afrakhteh, H., Jalalian, H., Tahmasebi, A. and Armand, M. (2019) Evaluation of multidimensional poverty (capability) in rural areas of Hamadan county by using Alkire and Foster methods. *Human Geography Research*, 51(4): 989-1010. (In Farsi)
- Afuzi, 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)
- Akhavan, S., Ghabaei Sough, M. and Mosaedi, A. (2015) Investigation of the effect of climate change on net irrigation-requirement of main crops of Hamadan-Bahar plain using LARS-WG5 downscaling model. *Water and Soil Conservation*, 22(4): 25-46. (In Farsi)
- 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.
- Bani Asadi, M. and Zare Mehrjerdi, M. (2010) Studying the effects of optimal cultivation pattern on rural poverty: Case study of Orzoo'iyeh district in Baft (Kerman – Iran). *Agricultural Economics*, 4(2): 183-209. (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 CO<sub>2</sub> emissions. *Environmental Science & Policy*, 75: 56-64.
- Clarke, P. and Erreygers, G. (2020) Defining and measuring health poverty. *Social Science & Medicine*, 244: 112633.
- Dellink, R., Chateau, J., Lanzi, E. and Magne, B. (2017) Long-term economic growth projections in the shared socioeconomic pathways. *Global Environmental Change*, 42: 200-214.

- Fay, A. P., Carlisle, D. J., Knapp, K. A., Blair, M. J. and Collins, L. S. (2003) Productivity responses to altered rainfall patterns in a C4-dominated grassland. *Oecologia*, 137(2): 245–251.
- Ferreira, F. H. G., Fruttero, A., Leite, P. G. and Lucchetti, L. R. (2013) Rising food prices and household welfare: evidence from Brazil in 2008. *Journal of Agricultural Economics*, 64(1): 151-176.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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)
- 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)
- Layani, G. and Bakhshoodeh, M. (2016) Effects of rising food prices on poverty and vulnerability of the Iranian rural households. *QJER*. 16 (3):1-27. (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 Manag*, 56: 143–151.

- Mahdavi, M., Farokhzadeh, B., Salajegheh, A., Malakian, A. and Souri, M. (2013) Simulation of Hamedan-Bahar aquifer and investigation of management scenarios by using PMWIN. *Watershed Management Research Journal*, 26(1): 108-116. (In Farsi)
- Moazzezi, F., Yavari, G. R., Mosavi, S. H. and 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)
- 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.
- Mousavi, S. H. and Esmaeili, A. (2011) Analysis of increasing rice import tariff on welfare and poverty of the Iranian rural and urban regions. *Agricultural Economics*, 5(3): 143-167. (In Farsi)
- Mousavi, S., Mobaseri, M. and Akbari, M. (2011) The effects of optimum cropping pattern water consumption, income and rural poverty: A case study of Kazeroon region. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 25(2): 219-226. (In Farsi)
- Nikoukar, A. (2021) Investigating the factors affecting rural poverty in provinces of Iran. *Agricultural Economics*, 15(1): 89-111. (In Farsi)
- 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)
- Ravallion, M. (1998) *Poverty lines in theory and practice*. World Bank Publications.
- 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>
- Rowntree, B. (2000) *Poverty: A case study of town life*. Macmillan, London, Qouted in Ravallio:Policy Press.
- 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., Abdeshahi, 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)
- Shirvanian, A. and Torkamani, J. (2010) Poverty and risk attitudes in rural areas of Fars province. *Agricultural Economics*, 4 (2): 83-105. (In Farsi)
- Townsend, P. (1979) *Poverty in the United Kingdom: a survey of household resources and standards of living*. University of California Press.
- 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.
- 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.





---

**Investigation of management strategies to coping with climate change in order to reduce the poverty of farmer households in the Hamadan-Bahar plain**

*Shiva Soltani, Seyed Habibollah Mosavi, Sadegh Khalilian, Hamed Najafi Alamdarlo<sup>1</sup>*

Received: 14 Agu.2022

Accepted:16 Oct.2022

---

**Extended Abstract**

**Introduction**

The various pillars of poverty 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 growth and 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 agricultural crops and, consequently, the change in the profitability of production in the agricultural sector, as well as the share of food in consumer surplus. Therefore, different forms of poverty would change with physical and economic access to food. According to this approach, in the present study, the potential effects of climate changes on the cultivation pattern of the Hamadan-Bahar plain were investigated, and the change in crop yield, water resources, and subsequent changes in producer income and poverty condition in the agricultural sector of the plain was assessed quantitatively.

**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

---

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

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 in the face of climate change, the FGT poverty 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 FGT poverty index.

### **Results**

The results showed that the annual cumulative rainfall values of 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 increase in water pumping depth of 0/86 meters during the 20-year planning period, the present value of net producer income and after that, the indicators of poverty headcount ratio, poverty gap and poverty severity in the agricultural sector of the region would decrease by 13%, increase by 15, 33 and 17% compared to the baseline conditions, respectively. However, the adoption of management strategies would result in the improvement of various forms of poverty up to the level of 9, 20 and 10 percent, respectively.

### **Discussion**

The change in the climate conditions in the coming years would have negative effects on the poverty 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 management strategies including changing the cultivation pattern, changing the irrigation method and removing the unauthorized wells in the region were investigated, and the results confirm the positive effect of these strategies in improving various forms of poverty in the region. Therefore, according to the results, it is suggested that management

strategies with emphasis on changing the irrigation method and removing unauthorized wells in the agricultural sector of Hamadan-Bahar plain should be put on the agenda.

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

**Keywords:** Evapotranspiration, Crop Yield, Water Resources, Dynamic pattern, Rural Poverty