

## **Village and Development**

Vol. 27, No. 106, Summer 2024

### **Research Paper**

#### **The Effects of Adaptation Strategies on Rural Household Food Security in Bakhtegan-Tashk Basin: Application of Propensity Score Matching (PSM) Approach**

*N. Kargar Dehbidi<sup>1</sup>, M. Zibaei<sup>2</sup>, M.H. Tarazkar<sup>3</sup>*

Received: 2 August, 2024

Accepted: 17 November, 2024

#### **Abstract**

#### **Introduction**

Food security is a multi-dimensional phenomenon that occurs when all people have physical, economic, and social access to sufficient and safe food for an active and healthy life at any time. On the other hand, food insecurity imposes a significant burden on society through healthcare and social costs. The achievement of food security is one of the most important national and international development concerns. Hence, one of the most important ways to improve food security is to pay special attention to the agricultural sector. However, this sector is the most vulnerable to the consequences of climate change, which ranks first among the ten most dangerous human phenomena. Therefore, it is essential to adopt appropriate strategies to mitigate the effects of climate change on food insecurity.

#### **Materials and Methods**

In this paper, the impact of adopting climate change adaptation strategies on food security was studied using the Propensity Score Matching (PSM) approach. Factors influencing the adoption of climate change adaptation strategies were studied using a multi-variable probit model in Bakhtegan-Tashk basin. A total of 300 farmers were selected using a multi-stage sampling method in the Bakhtegan-Tashk basin.

- 
1. Corresponding Author and Assistant Professor, Economic, Social and Extension Research Department, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Urmia, Iran. (n\_kargar@areeo.ac.ir)
  2. Professor of Agricultural Economics, Shiraz University, Shiraz, Iran.
  3. Associate Professor of Agricultural Economics, Shiraz University, Shiraz, Iran.

DOI: 10.30490/rvt.2024.366593.1611

## **Results and Discussion**

The results of the Propensity Score Matching (PSM) approach showed that if farmers adopt climate change adaptation strategies such as diversification of livelihood activities, modern irrigation systems, construction of irrigation ponds, and use of low-water-need varieties, the household calorie intake of the sample households would increase by approximately 219.85, 182, 137.82, and 83.23 calories, respectively. Furthermore, the results of the multi-variable Probit model showed that the age of the farmer, education level, household size, household income, access to credit, irrigation water supply, ownership of agricultural machinery, access to agricultural extension services, number of crops planted, and soil quality are considered significant determinants of adaptive strategies.

## **Conclusions**

According to the results, the most important solution to mitigate the negative consequences of climate change on food insecurity is to adopt the diversification of livelihood activities. It is therefore recommended that the research results, especially the effects of adopting adaptive strategies to climate change on food security, be taken into account in the formulation of national food security programs.

**Keywords:** Adaptation Strategies, Propensity Score Matching Method, Multivariable Probit, Bakhtegan-Tashk Basin.

## روستا و توسعه

سال ۲۷، شماره ۱۰۶، تابستان ۱۴۰۳

### مقاله پژوهشی

# اثرات راهبردهای انطباقی بر امنیت غذایی خانوارهای روستایی در حوضه آبریز بختگان و طشک: کاربرد رویکرد تطبیق نمرات تمایل<sup>۱</sup> (PSM)

نوید کارگر ده‌بیدی<sup>۲</sup>، منصور زیبایی<sup>۳</sup>، محمد حسن طرازکار<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۵/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۲۷

## چکیده

بخش کشاورزی همواره آسیب‌پذیری بالایی در برابر تغییر اقلیم داشته و این موضوع امنیت غذایی خانوارهای روستایی را تحت تأثیر قرار داده است. در این شرایط، مهمترین اقدام، بکارگیری راهبردهای انطباقی با تغییر اقلیم است. لذا در پژوهش پیش‌رو، اثر اتخاذ اقدامات تطبیقی بر امنیت غذایی با رویکرد تطبیق نمرات تمایل (PSM) و عوامل مؤثر بر اتخاذ راهبردهای تطبیقی با بهره‌گیری از مدل پروبیت چندمتغیره در سطح حوضه آبریز بختگان و طشک مورد مطالعه قرار گرفت. در این راستا، نمونه‌ای متشکل از ۳۰۰ زارع جهت مصاحبه و جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز خانوار با روش نمونه‌گیری چندمرحله‌ای در حوضه آبریز بختگان و طشک انتخاب شدند. نتایج رویکرد تطبیق نمرات تمایل نشان داد که چنانچه زارعین، راهبردهای تطبیقی تنوع فعالیت‌های معیشتی، نوین‌سازی سیستم‌های آبیاری، احداث استخرهای آبیاری و استفاده از ارقام اصلاح‌شده با نیاز آبی کم را اتخاذ نمایند، کالری روزانه دریافتی خانوارهای نمونه به ترتیب

۱. این مقاله برگرفته از رساله دکتری تحت عنوان اثر نوسانات اقلیمی و متغیرهای اقتصادی-اجتماعی بر امنیت غذایی در ایران است که در سال ۱۴۰۱ در بخش اقتصاد کشاورزی دانشگاه شیراز با موفقیت به انجام رسیده است.

۲- نویسنده مسئول و استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویجی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران. (n\_kargar@areeo.ac.ir)

۳- استاد بخش اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

۴- دانشیار بخش اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

حدود ۲۱۹/۸۵، ۱۸۲، ۱۳۷/۸۲ و ۸۳/۲۳ کالری افزایش می‌یابد. بنابراین، مهمترین راه حل جهت تعدیل پیامدهای منفی تغییر اقلیم بر ناامنی غذایی، تنوع‌بخشی فعالیت‌های معیشتی است. همچنین نتایج حاصل از مدل پروبیت چندمتغیره نشان داد که سن زارع، تحصیلات زارع، بعد خانوار، درآمد خانوار زارع، دسترسی به اعتبارات، دسترسی به آب آبیاری، مالکیت ماشین‌آلات کشاورزی، دسترسی به خدمات ترویج کشاورزی، تعداد محصولات کشت شده و کیفیت خاک به‌عنوان تعیین‌کننده‌های معنی‌دار راهبردهای تطبیقی محسوب می‌شوند. از این رو، پیشنهاد می‌شود که نتایج پژوهش به‌ویژه اثرات اتخاذ راهبردهای تطبیقی با تغییر اقلیم بر امنیت غذایی در تدوین برنامه‌های ملی امنیت غذایی مدنظر قرار گیرد.

**کلید واژه‌ها:** راهبردهای تطبیقی، رویکرد تطبیقی نمرات تمایل، پروبیت چندمتغیره، حوضه آبریز بختگان و طشک

## مقدمه

براساس تعریف سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو)<sup>۱</sup>، امنیت غذایی به معنای دسترسی فیزیکی و اقتصادی پیوسته همه افراد در هر زمان به غذای کافی برای تأمین نیازهای تغذیه‌ای و داشتن زندگی سالم در حال و آینده است. افزایش روزافزون جمعیت و تقاضای رو به رشد محصولات کشاورزی، محدودیت منابع تولیدی نظیر آب و خاک و تغییرات اقلیمی سبب شده تا دستیابی کشورها به امنیت غذایی به یکی از اهداف راهبردی کشورها مبدل شود (FAO, 2018). مهمترین رویکرد جهت بهبود امنیت غذایی، از منظر ابعاد مختلف آن، نگاه ویژه به بخش کشاورزی است. به عبارت دیگر، عرضه کافی محصولات کشاورزی در فصول مختلف سال، باعث تأمین امنیت غذایی از بعد موجود بودن غذا می‌شود. همچنین عرضه به‌موقع و در زمان مناسب محصولات کشاورزی و به تبع آن، تعدیل قیمت‌ها باعث بهبود امنیت غذایی در بعد دسترسی به غذا می‌شود (Dehbidi et al., 2022).

بخش کشاورزی به دلیل وابستگی به پارامترهای اقلیمی نظیر بارندگی، دما و رطوبت، آسیب‌پذیرترین بخش نسبت به پیامدهای تغییر اقلیم است (de Medeiros Silva et al., 2019; Chandio et al., 2020; Khan et al., 2024). تغییر اقلیم در میان پدیده‌های پرمخاطره بشر، رتبه نخست را دارا است و می‌تواند بخش‌های مختلف اقتصادی، سیاسی و اجتماعی را در ابعاد جهانی تحت تأثیر قرار دهد (Kurukulasuriya et al., 2006; Jha & Gupta, 2021; Rastgoo et al., 2024). نرخ افزایش دمای زمین در مقایسه با پنجاه سال گذشته نزدیک به دو برابر شده و پیش‌بینی

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

می‌شود که تا سال ۲۱۰۰، درجه حرارت زمین در حدود ۶/۴ درجه سانتیگراد افزایش یابد (Barros et al., 2014). تغییر اقلیم می‌تواند به دلیل اقدامات مخرب انسان یا حوادث طبیعی ایجاد شود و ترکیب اتمسفر جو را تغییر دهد (Tarazkar et al., 2018). تغییر اقلیم در یک تعریف جامع، بیانگر افزایش درجه حرارت، شدت اختلالات جوی، تغییر پراکندگی بارش، نامنظم شدن الگوی بارندگی و بروز بلایای طبیعی نظیر سیل و طوفان است (Gebrehiwot, 2016).

آنچه مسلم است، تغییر اقلیم به وقوع پیوسته و با شدتی کم یا زیاد، بخش‌های مختلف اقتصادی از جمله بخش کشاورزی را متأثر ساخته است. پرسش اصلی که مطرح می‌شود این است که آیا با ادامه فعالیت‌های بخش کشاورزی به شیوه سابق و اتخاذ نکردن راهکارهایی متناسب با شرایط کنونی، می‌توان وضعیت امنیت غذایی را بهبود بخشید؟ بدیهی است که در صورت تغییر نکردن بینش لازم در مورد کشاورزی رایج و ابعاد اقتصادی و اجتماعی وابسته به آن، نظام‌های تولیدی قادر به تأمین امنیت غذایی و غلبه بر اثرات تغییر اقلیم نخواهند بود. یکی از محورهای اساسی در این زمینه، مفهوم کشاورزی هوشمند به اقلیم<sup>۱</sup> است که نخستین بار توسط فائو در کنفرانس لاهه در سال ۲۰۱۰ در زمینه کشاورزی، امنیت غذایی و تغییرات اقلیمی معرفی شد. کشاورزی هوشمند به اقلیم یک رویکرد یکپارچه در ابعاد محلی، ملی، منطقه‌ای و جهانی است که برای بهبود امنیت غذایی و کاهش اثرات مخرب تغییر اقلیم، با تکیه بر ارکان سازگاری، کاهش خطرهای تغییر اقلیم و افزایش بهره‌وری استوار است. از ملزومات کشاورزی هوشمند به اقلیم، به‌ویژه در شرایط فعلی، بهره‌مندی از راهبردهای متنوع انطباقی با تغییر اقلیم است (Barasa et al., 2021; Okoronkwo et al., 2024). راهبردهای انطباقی به‌صورت فرایندی تعریف می‌شود که می‌تواند تاب‌آوری سیستم‌های زراعی را در برابر طیف وسیعی از شوک‌های مختلف بهبود ببخشد. از جمله این راهبردهای انطباقی، می‌توان به راهبردهای تغییر روش آبیاری و بهره‌مندی از فناوری‌های نوین آبیاری، راهبرد خاک‌ورزی حفاظتی، راهبرد بکارگیری فناوری بذور جدید و مقاوم با شرایط اقلیم هر منطقه، همچنین راهبرد برخورداری از درآمد جایگزین در شرایط تغییر اقلیم یا تنوع فعالیت‌های معیشتی اشاره کرد که امکان تأمین منابع مالی را با فعالیت در سایر بخش‌های غیرکشاورزی فراهم می‌سازد.

اثر اتخاذ راهبردهای تطبیقی فوق با تغییر اقلیم بر امنیت غذایی خانوار، طی سال‌های اخیر مورد توجه محققین قرار گرفته است. اثربخشی راهبرد تغییر روش آبیاری و بهره‌مندی از فناوری نوین آبیاری بر امنیت غذایی در بسیاری از پژوهش‌ها مثبت ارزیابی شده است. به‌طور مثال، نتایج

پژوهش‌های فتین و کدیر (Fetene & Kedir, 2024) و سیسای (Sisay, 2024) با روش تطبیق نمره تمایل (PSM)<sup>۱</sup> حاکی از آن است که پذیرش فناوری آبیاری در اتیوپی، تأثیری مثبت بر بهبود امنیت غذایی دارد. همچنین، پژوهش الامین و احمد (Al-Amin & Ahmed, 2016) با استفاده از مدل تعادل عمومی در مالزی نشان داد که پذیرش استراتژی نوین آبیاری، منجر به کاهش ناامنی غذایی زارعین در حدود ۵ الی ۲۰ درصد می‌شود. به‌طور کلی، توسعه سامانه‌های آبیاری آب‌اندوز، اساسی‌ترین راهکار مورد استفاده در مدیریت منابع آب جهت بهبود کارایی اقتصادی در مصرف آب است (Huang et al., 2018).

یکی از راهبردهای مهم مدیریت پایدار زمین، استراتژی خاک‌ورزی حفاظتی است که با حفظ بقایای گیاهی و مواد آلی به حاصلخیزی بهتر خاک منجر شود. از این‌رو، اثر بخشی راهبرد خاک‌ورزی حفاظتی بر امنیت غذایی در مطالعات زیادی مورد توجه قرار گرفته است. به‌طور مثال، نتایج مطالعه مانگو و همکاران (Mango et al., 2017) با رویکرد جایگزین واقعیت<sup>۲</sup> در موزامبیک و همچنین، پژوهش سیلشی و همکاران (Sileshi et al., 2019) با روش تطبیق نمره تمایل در شرق اتیوپی، مؤید آن است که پذیرش استراتژی خاک‌ورزی حفاظتی تأثیری مثبت بر بهبود امنیت غذایی زارعین دارد. از دیگر راهبردهای تطبیقی مهم جهت تعدیل آثار منفی تغییر اقلیم و بهبود امنیت غذایی، کاربرد فناوری بذور جدید و مقاوم با شرایط اقلیم هر منطقه است. به‌طور مثال، نتایج پژوهش علی و همکاران (Ali et al., 2018) با روش تطبیق نمره تمایل در پاکستان و همچنین، مطالعه ووسن و همکاران (Wossen et al., 2018) با رویکرد عامل‌بنیان<sup>۳</sup> در شرق و غرب آفریقا، دلالت بر تأثیر مثبت پذیرش فناوری بذور جدید بر بهبود امنیت غذایی زارعین دارد. همچنین، پژوهش علی و ارینستین (Ali & Erenstein, 2017) با روش تطبیق نمره تمایل در پاکستان نشان داد که پذیرش راهبرد بذور جدید، منجر به افزایش امنیت غذایی زارعین در حدود ۷ الی ۸ درصد می‌شود.

از مهمترین راهبردهای تطبیقی کشاورزان به‌منظور جلوگیری از کاهش درآمد، برخورداری از درآمد جایگزین در شرایط تغییر اقلیم یا تنوع فعالیت‌های معیشتی است. اثربخشی این استراتژی در بهبود امنیت غذایی خانوار در مطالعات مختلف مورد تأکید قرار گرفته است. به‌طور مثال، نتایج پژوهش جبری و همکاران (Gebre et al., 2023) با روش تطبیق نمره تمایل در کنیا و اتیوپی بیانگر تأثیر مثبت پذیرش فعالیت‌های درآمدزای خارج از مزرعه بر امنیت غذایی زارعین است.

- 
1. Propensity score matching
  2. Counterfactual outcome approach
  3. Agent-based approach

مروری بر مطالعات مختلف حاکی از آن است که راهبردهای تطبیقی با تغییر اقلیم، نقش مهمی در امنیت غذایی خانوار دارد. همچنین در هریک از مطالعات، به بررسی یک یا چند راهبرد تطبیقی متناسب با اقلیم هر منطقه پرداخته شده است. بر همین اساس، پژوهش پیش‌رو به ارزیابی جامع اثر راهبردهای تطبیقی مختلف بر امنیت غذایی خانوار در سطح حوضه آبریز بختگان و طشک واقع در استان فارس پرداخته است. به این منظور از رویکرد جدید تطبیق نمره تمایل بهره گرفته شد که طی سال‌های اخیر در مباحث اقتصاد کشاورزی و جهت ارزیابی استراتژی‌های تطبیقی مورد استقبال قرار گرفته است. افزون بر این، ویژگی‌های فردی، اقتصادی و اجتماعی مؤثر بر اتخاذ راهبردهای تطبیقی مختلف مورد مطالعه قرار گرفت. بنابراین با علم به این موضوع که تاکنون پژوهشی در سطح حوضه آبریز بختگان و طشک به موارد فوق نپرداخته است، اهمیت این مطالعه را دوچندان می‌نماید.

#### روش‌شناسی تحقیق

به منظور ارزیابی اثر تیمار (پذیرش استراتژی تطبیقی) بر تعدیل آثار تغییر اقلیم بر امنیت غذایی، در حالت کلی می‌توان از مقایسه میانگین مصرف کالری خانوارهایی که استراتژی تطبیقی را پذیرفته‌اند (گروه تیمار) و خانوارهایی که استراتژی مورد نظر را نپذیرفته‌اند (گروه شاهد)، به صورت رابطه (۱) بهره برد (Amare & Simane, 2018):

$$ATE = E(Y_1|D=1) - E(Y_0|D=1) \\ \text{if } [E(Y_0|D=1) \neq E(Y_0|D=0)] \quad (1)$$

عبارت ATE<sup>۱</sup> بیانگر متوسط اثر تیمار (پذیرش استراتژی تطبیقی)، E معرف ارزش انتظاری، Y میزان کالری مصرفی خانوار و D وضعیت پذیرفتن یا نپذیرفتن استراتژی تطبیقی (تیمار) را نشان می‌دهد. با فرض اینکه میزان کالری مصرفی گروه تیمار قبل از پذیرش استراتژی ( $E(Y_0|D=1)$ ) تقریبی از میزان کالری مصرفی گروه شاهد ( $E(Y_0|D=0)$ ) باشد، می‌توان ATE را به صورت تفاوت در میانگین کالری خانوارهایی که استراتژی تطبیقی را پذیرفته‌اند ( $E(Y_1|D=1)$ ) و خانوارهایی که استراتژی مورد نظر را نپذیرفته‌اند ( $E(Y_0|D=0)$ )، تعریف نمود (Amare & Simane, 2018). اما میزان کالری مصرفی گروه تیمار در قبل از پذیرش استراتژی، قابل مشاهده

---

1. Average Treatment Effect (ATE)

نیست. به عبارت دیگر، زارعین در زمینه دسترسی به منابع تولیدی و ظرفیت انطباق پذیری با اقلیم متفاوت هستند و برابر در نظر گرفتن میزان کالری مصرفی گروه تیمار در قبل از پذیرش استراتژی با کالری مصرفی گروه شاهد، صحیح نیست. بنابراین تحلیل اثربخشی استراتژی‌های تطبیقی، بدون اعمال ناهمگنی موجود، دارای ایراد اساسی است. به عبارت دیگر، در ارزیابی اثر تیمار (استراتژی تطبیقی) با استفاده از داده‌های مقطع عرضی<sup>۱</sup>، مشکل ارباب هم‌زمانی ناشی از ناهمگنی غیر قابل مشاهده<sup>۲</sup> و خودانتخابی<sup>۳</sup> وجود دارد (Dehinenet et al., 2014). برای مقابله با مشکلات فوق، از روش‌هایی نظیر تطبیق نمره تمایل (PSM)<sup>۴</sup> و تحلیل جایگزین واقعیت<sup>۵</sup> استفاده می‌شود (Di Falco et al., 2011; Ali & Erenstein, 2017; Antle et al., 2018; Li et al., 2018).

جهت ارزیابی اثر استراتژی‌های تطبیقی بر امنیت غذایی خانوار در پژوهش فعلی به پیروی از مطالعات مختلف، از روش تطبیق نمره تمایل (PSM) استفاده شد. این روش علاوه بر کاربرد در مطالعات پزشکی طی سال‌های اخیر در مباحث اقتصاد کشاورزی و ارزیابی استراتژی‌های تطبیقی مورد استقبال قرار گرفته است (Staffa & Zurakowski, 2018; Ruzankin, 2020; Gebre et al., 2023).

روش PSM به عنوان احتمال شرطی اثرگذاری تیمار (پذیرش استراتژی تطبیقی) با توجه به تعیین‌کننده‌های پیش از پذیرش تعریف می‌شود. به عبارتی، اثرگذاری تیمار با شبیه‌سازی یک آزمایش تصادفی به صورت ناپارامتریک برآورد می‌شود (Elston et al., 2011). نخستین گام در روش PSM، برآورد نمرات تمایل<sup>۶</sup> است که به منظور دستیابی به آن، می‌توان از مدل‌های احتمال باینری<sup>۷</sup> نظیر لاجیت<sup>۸</sup> یا پروبیت<sup>۹</sup> استفاده نمود (Getachew et al., 2011). به عبارت دیگر، احتمال پذیرش استراتژی‌های تطبیقی (تیمار) با کمک برداری از تعیین‌کننده‌های قابل مشاهده، نظیر ویژگی‌های فردی، اقتصادی و اجتماعی سرپرست خانوار به دست می‌آید (Amare & Simane, 2018).

1. Cross-section
2. Unobserved heterogeneity
3. Self-selection
4. Propensity Score Matching (PSM)
5. Counterfactual analysis
6. Propensity score
7. Binary
8. Logit
9. Probit



از آنجاکه احتمال دارد خانوارها به‌طور هم‌زمان چندین راهبرد تطبیقی را اتخاذ کنند، رویکرد مناسب جهت ارزیابی عوامل مؤثر بر پذیرش راهبردهای تطبیقی مرتبط به هم، استفاده از مدل پروبیت چندمتغیره<sup>۱</sup> است (Ali, 2017; Ali et al., 2018; Bedeke et al., 2019). اجزای اخلاص مدل در روش مذکور، می‌توانند با یکدیگر همبستگی داشته باشند. در صورتی که اجزای اخلاص مربوط به دو استراتژی تطبیقی، دارای همبستگی مثبت یا منفی باشند، دو استراتژی مورد نظر به ترتیب اثر مکملی یا جانشینی با یکدیگر دارند (Bedeke et al., 2019).

از مزیت‌های مدل پروبیت چندمتغیره در مقایسه با مدل تک‌معادله‌ای (پروبیت یا لاجیت) می‌توان به ارزیابی هم‌زمان راهبردهای تطبیقی مختلف اشاره کرد. فرم تابعی مدل پروبیت چندمتغیره به‌صورت رابطه (۲) است (Bedeke et al., 2019):

$$y_{im} = \alpha_0 + \beta_m x_{im} + \varepsilon_{im} \quad (2)$$

که اندیس‌های  $i$  و  $m$  به ترتیب معرف خانوار و راهبرد مورد نظر است. عبارت  $y_{im}$  بیانگر متغیر وابسته است. چنانچه خانوار  $i$ ، راهبرد  $m$  را بپذیرد، متغیر وابسته ارزش یک و در غیر این صورت، ارزش صفر می‌گیرد.  $x_i$  برداری از ویژگی‌های قابل مشاهده، شامل ویژگی‌های فردی، اقتصادی و اجتماعی خانوار  $i$  است. همچنین  $\beta$  و  $\varepsilon$  به ترتیب بیانگر پارامترهای برآوردی و اجزای اخلاص تصادفی است.

مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل وارد شده در مدل باینری، باید شرط ایجاد نمره‌های متوازن یا ویژگی توازن<sup>۲</sup> (تعادل) را تأمین کنند. زمانی شرط تعادل به‌طور کامل برقرار می‌شود که نرخ واریانس متغیرها پس از تطبیق (همسان‌سازی) نزدیک به یک و اریب بین میانگین متغیرها نزدیک به صفر باشد. به عبارت دیگر، شرط تعادل به این معنی است که به‌صورت رابطه (۳)، تابع شرطی ناشی از متغیرهای مستقل  $(b(X_i))$  از متغیر تیمار  $(\tau_i)$  مستقل باشد:

$$X_i \wedge \tau_i | b(X_i) \quad (3)$$

با برقراری رابطه (۳)، می‌توان نمره تمایل  $P(X_i)$  را به‌صورت رابطه (۴) و به‌عنوان احتمال شرطی پذیرش تیمار (استراتژی تطبیقی) تحت ویژگی‌های قابل مشاهده تعریف نمود:

$$P(X_i) \equiv P(\tau = 1 | X_i) \quad (4)$$

- 
1. Multivariate Probit Model
  2. Balancing property

همچنین باید به صورت رابطه (۵)، نمره‌های تمایل برگرفته از ویژگی‌های قابل مشاهده ( $X_i$ ) از متغیر وابسته یا تیمار ( $T_i$ ) مستقل باشند:

$$X_i \perp T_i | P(X_i) \quad (5)$$

با توجه به روابط (۳) و (۵)، می‌توان نمره‌های تمایل در رابطه (۴) را به صورت رابطه (۶) بازنویسی کرد:

$$P(X_i) = F(b(X_i)) \quad (6)$$

که اندیس  $i$  معرف خانوار مورد نظر،  $X_i$  برداری از ویژگی‌های قابل مشاهده، شامل ویژگی‌های فردی، اقتصادی و اجتماعی خانوار  $i$  است. همچنین،  $F(b(X_i))$  فراوانی توزیع تجمعی احتمال شرطی لاجستیک و  $P(X_i)$  نمره‌های تمایل را نشان می‌دهند. در صورتی که نمره تمایل برحسب مقادیر  $X_i$ ، تنها اعداد صفر یا یک را اختیار کند ( $P(X_i) = 1, 0$ )، یعنی خانوارها یا تیمار را پذیرفته یا هرگز آن را نمی‌پذیرند و نمی‌توان از همسان‌سازی شرطی برای ارزیابی اثر استراتژی تطبیقی (تیمار) استفاده کرد. بنابراین، به منظور استفاده از نمره‌های تمایل، باید شرط حمایت مشترک<sup>۱</sup> به صورت رابطه (۷) برقرار باشد:

$$0 < P(X_i) = P(T = 1 | X_i) < 1 \quad (7)$$

پس از برآورد مدل باینری و به دست آوردن نمره‌های تمایل، در گام دوم، تطبیق یا همسان‌سازی<sup>۲</sup> دو گروه تیمار و شاهد انجام می‌گیرد. در این مرحله، خانوارهایی که مبادرت به پذیرش استراتژی تطبیقی کردند (گروه تیمار) با خانوارهایی که استراتژی مورد نظر را نمی‌پذیرند (گروه شاهد) تطبیق می‌یابند. به این صورت که هر خانوار در گروه تیمار با یک خانوار از گروه شاهد، متناظر می‌شوند. نتیجه اقدام مذکور این است که تفاوت‌های موجود در میزان کالری دریافتی در میان هر جفت خانوار تطبیق‌یافته، تنها به دلیل تأثیر پذیرش استراتژی تطبیقی (اثر تیمار) و نه به جهت تفاوت‌های قابل مشاهده میان خانوارها نظیر ویژگی‌های فردی، اقتصادی و اجتماعی خانوار است. لازم به ذکر است که تطبیق خانوارها با حجم بالا و با ویژگی‌های چندبعدی، امری دشوار است که این مهم با روش PSM انجام می‌گیرد (Amare & Simane, 2018).

- 
1. Common Support
  2. Matching

روش‌های مختلفی در ادبیات تحقیق برای تطبیق دو گروه تیمار و شاهد پیشنهاد شده است که از آن جمله می‌توان به نزدیک‌ترین همسایه<sup>۱</sup>، کالپر و رادیوس<sup>۲</sup>، کرنل و خطی داخلی<sup>۳</sup> و تیفتکس<sup>۴</sup> اشاره کرد (Brüssow et al., 2017; Amare & Simane, 2018; Arpino, 2018; SSCC, 2019). انتظار می‌رود که الگوریتم‌های تطبیق با افزایش حجم نمونه و بهره‌مندی از زوج خانوارهایی با ویژگی‌های نزدیک به هم، نتایج یکسانی داشته باشند؛ اما برای نمونه‌های کوچک، عملکرد الگوریتم‌های تطبیق با یکدیگر متفاوت است و به ساختار داده‌های موجود بستگی دارد. در این پژوهش از الگوریتم تیفتکس به‌عنوان بهترین و آخرین الگوریتم معرفی شده توسط نرم‌افزار Stata بهره گرفته شد. در این روش، همانند الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه، خانوارهایی از دو گروه پذیرندگان استراتژی تطبیقی (گروه تیمار) و پذیرندگان استراتژی تطبیقی (گروه شاهد) که نزدیک‌ترین نمره‌های تمایل به هم را دارند، با هم جفت می‌شوند (Arpino, 2018). مزیت قابل توجه الگوریتم تیفتکس در مقایسه با سایر الگوریتم‌ها، تصحیح خطاهای استاندارد متناظر با داده‌های ورودی است که در نتیجه تطبیق دو گروه تیمار و شاهد با دقت بالاتری انجام می‌گیرد (SSCC, 2019).

پس از انجام مراحل تطبیق، رابطه (۱) مبنی بر اثر استراتژی تطبیقی بر مصرف کالری خانوار به‌صورت رابطه (۸) بازنویسی می‌شود:

$$\tau_i = Y_i(D_i = 1) - Y_i(D_i = 0) \quad (8)$$

با توجه به این موضوع که دو عبارت  $Y_i(D_i = 1)$  و  $Y_i(D_i = 0)$  برای یک خانوار مشخص و در یک زمان معین قابل مشاهده نیست، در نتیجه، محاسبه اثر تیمار ( $\tau_i$ ) برای یک خانوار مشخص امکان‌پذیر نیست. از این‌رو، مطابق رابطه (۹)، از متوسط اثر تیمار بر خانوارهایی که تیمار بر آن‌ها اعمال شده (ATT)<sup>۵</sup>، استفاده می‌شود (Amare & Simane, 2018):

$$\tau_{ATT} = E(\tau | D = 1) = E(Y(1) | D = 1) - E(Y(0) | D = 1) \quad (9)$$

- 
1. Nearest Neighbor
  2. Caliper and Radius
  3. Kernel and local linear
  4. Teffects
  5. Average Treatment Effect on the Treated (ATT)

از آنجاکه عبارت  $E(Y(0)|D=1)$  برای خانوارهایی که تیمار بر آنها اعمال شده، قابل محاسبه نیست، می‌توان مطابق رابطه (۱۰)، عبارت  $E(Y(0)|D=0)$  را از طرفین رابطه (۹) تفاضل گرفت (Amare & Simane, 2018):

$$E(Y(1)|D=1) - E(Y(0)|D=0) = \tau_{ATT} + E(Y(0)|D=1) - E(Y(0)|D=0) \quad (10)$$

همان طور که ملاحظه می‌شود، هر دو عبارت طرف چپ رابطه (۱۰) قابل مشاهده است. بنابراین، جهت ارزیابی اثر تیمار (ATT)، باید عبارت طرف دوم تساوی فوق یا  $E(Y(0)|D=1) - E(Y(0)|D=0)$  به‌طور تقریبی برابر صفر شود و این مهم براساس آنچه قبلاً بیان شد، با روش PSM و الگوریتم تطبیق دو گروه تیمار و شاهد محقق می‌شود.

#### روش نمونه‌گیری و منابع جمع‌آوری داده‌ها

رودخانه کر مهمترین رودخانه در حوضه آبریز بختگان و طشک است که سد مخزنی درودزن روی آن احداث شده و از قدیمی‌ترین طرح‌های آبی کشور محسوب می‌شود. موقعیت جغرافیایی سد درودزن که در حدود ۱۰۰ کیلومتری شمال غرب شیراز قرار دارد، بین طول‌های جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی واقع شده است (Keshavarzi & Nabavi, 2007).

کانال اصلی شبکه آبیاری درودزن از محل خروجی نیروگاه سد شروع می‌شود و پس از طی مسیری به طول ۲۲/۵ کیلومتر به سازه آب‌پخش می‌رسد. کانال اصلی در محل سازه آب‌پخش بین کانال سمت چپ (ناحیه یک)، کانال سمت راست یا هامون (ناحیه دوم) و کانال اردیبهشت (ناحیه سوم) تقسیم می‌شود. کانال سمت چپ با طولی معادل ۶۷ کیلومتر، در حدود ۲۲۰۹۶ هکتار از اراضی کشاورزی را در بر می‌گیرد. همچنین کانال هامون با طول ۳۴ کیلومتر و کانال اردیبهشت با طول ۲۲ کیلومتر به ترتیب حدود ۱۵۹۴۶ هکتار و ۵۴۳۰ هکتار از اراضی کشاورزی را در بر می‌گیرند.

با توجه به وضعیت ژئومورفولوژی<sup>۱</sup> و جغرافیایی حوضه آبریز بختگان، سه ناحیه مذکور بیش از دیگر نواحی حوضه، با پدیده تغییر اقلیم و محدودیت منابع آب مواجه هستند. همچنین با حرکت از ناحیه اول به ناحیه دوم و سپس به ناحیه سوم، محدودیت دسترسی به منابع آب شدت بیشتری پیدا می‌کند. به عبارت دیگر، کشاورزان واقع در ناحیه سوم بیش از نواحی اول و دوم، با فقدان تحویل

به موقع و آبرسانی منظم در کانال‌های آبیاری و سطح بسیار پایین آب‌های زیرزمینی مواجه هستند. بر این اساس، جامعه آماری مورد مطالعه در پژوهش، کشاورزان واقع در ناحیه اول، دوم و سوم هستند. براساس تحقیقات میدانی، به دلیل فقدان دسترسی زارعین به اطلاعات مناسب و آماده نبودن اراضی، امکان آبیاری از طریق کانال فراهم نشد و لذا، آبیاری اراضی کشاورزی در منطقه مطالعاتی از طریق بهره‌برداری از منابع آب‌های زیرزمینی انجام گرفت.

با توجه به گستردگی جامعه آماری در پژوهش، جهت تعیین حجم نمونه از روش نمونه‌گیری چندمرحله‌ای تصادفی<sup>۱</sup> استفاده شد. به این صورت که در مرحله نخست، تعدادی از آبادی‌های تحت پوشش هر سه ناحیه (اول، دوم و سوم) انتخاب شدند. در مرحله بعد، فهرستی از کلیه بهره‌برداران کشاورزی در آبادی‌های منتخب تهیه شد و تعدادی از کشاورزان هر آبادی به‌طور تصادفی انتخاب و اطلاعات مورد نیاز با تکمیل پرسش‌نامه جمع‌آوری شد. حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران (Cochran, 1977) به صورت زیر محاسبه شد:

$$n = \frac{\frac{Z^2 pq}{d^2}}{1 + \frac{1}{N} \left( \frac{Z^2 pq}{d^2} - 1 \right)} \quad (11)$$

که در آن،  $n$  حجم نمونه،  $d$  سطح اطمینان (۰/۰۵)،  $Z$  درصد خطای معیار ضریب اطمینان قابل قبول و  $N$  حجم جامعه است و برای سه ناحیه مورد مطالعه حدود ۲۵۰۰ زارع است. همچنین،  $p$  بیانگر نسبتی از جامعه آماری است که مبادرت به پذیرش راهبردهای تطبیقی نمودند و  $q$  برابر است با  $(1-P)$  و معرف نسبتی از جامعه که راهبردهای تطبیقی را اتخاذ نکردند. با توجه به پارامترهای رابطه (۱)، حجم نمونه برای مطالعه ۳۰۰/۸۵۳ به دست آمد.

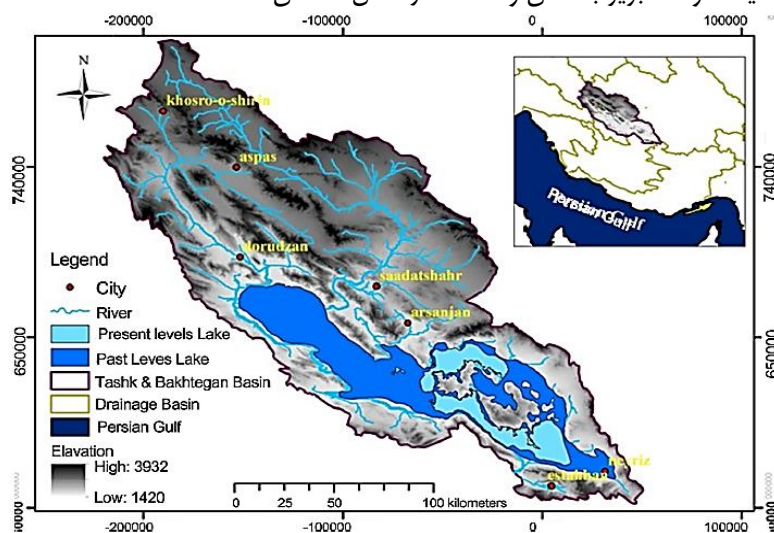
جمع‌آوری اطلاعات لازم برای تحقق اهداف، از طریق تدوین پرسش‌نامه صورت گرفت. طراحی پرسش‌نامه براساس مطالعات پیشین و نقطه‌نظرهای کارشناسان آشنا به منطقه انجام گرفت. همچنین چندین مرتبه، تعدادی از پرسش‌نامه‌ها به‌صورت پیش‌آزمون<sup>۲</sup> در منطقه مطالعاتی تکمیل شدند و پس از رفع اشکالات موجود، فرایند تکمیل پرسش‌نامه به‌صورت پیش‌آزمون تکرار شد. در نهایت با اصلاح تمام اشکالات موجود، نسخه نهایی پرسش‌نامه در قالب اطلاعات تخصصی زارع و خانوار تحت تکفل آن به روش پیمایشی و مصاحبه حضوری، تکمیل شدند.

1. Multistage Random Sampling
2. Pretest

لازم به توضیح است که پرسش‌های ابزار تحقیق، براساس مطالعات مروری مرتبط با موضوع تحقیق، از منابع معتبر استخراج شد. بخشی از پرسش‌ها شامل اطلاعاتی در زمینه دسترسی خانوار به سرمایه انسانی، سرمایه فیزیکی، سرمایه مالی و سرمایه اجتماعی است. دسترسی خانوار به سرمایه انسانی، شامل پرسش‌ها در مورد تعداد اعضای خانوار، تعداد فرزندان، سن آن‌ها، تحصیلات و تجربه کشاورزی سرپرست خانوار است. دسترسی به سرمایه فیزیکی دربرگیرنده پرسش‌های اندازه مزرعه، داشتن تراکتور و ابزارآلات کشاورزی، دسترسی به آب، کیفیت مناسب خاک و غیره است. سرمایه مالی خانوار شامل میزان درآمد خانوار از فعالیت کشاورزی و سایر فعالیت‌های معیشتی، دسترسی به اعتبارات و غیره است. اطلاعات سرمایه اجتماعی آن‌ها با پرسش پیرامون مشارکت آن‌ها در گروه‌های اجتماعی، تعاونی‌های کشاورزی و دسترسی به اطلاعات جمع‌آوری شد. همچنین راهبردهای اتخاذ شده جهت انطباق با تغییر اقلیم، مورد پرسش قرار گرفت. بخش قابل توجهی از پرسش‌ها مربوط به الگوی غذایی خانوار و شناسایی خانوار آسیب‌پذیر است که مبتنی بر نحوه طراحی پرسش‌ها در چارچوب طرح هزینه و درآمد خانوار استخراج شد. لازم به توضیح است که پرسش‌های اقلام غذایی خانوار بر مبنای گروه‌های مهم تأمین کالری روزانه و مورد تأیید سازمان بهداشت جهانی به ده گروه اصلی شامل نان و آرد، برنج، گوشت قرمز، گوشت مرغ، ماهی، لبنیات و تخم‌مرغ، روغن، میوه و سبزی، حبوبات و شکر طبقه‌بندی شدند.

### موقعیت منطقه

موقعیت حوضه آبریز بختگان و طشک در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت حوضه آبریز بختگان و طشک در ایران

مأخذ: Kiani et al., 2017

حوضه آبریز بختگان و طشک زیرمجموعه حوضه آبریز فلات مرکزی است و مساحت آن حدود ۳۱۴۹۲ کیلومتر مربع است. این حوضه به دلیل داشتن اقلیم آب و هوایی متنوع، ارقام ژنتیکی گیاهی، منابع پایه تولید (آب و خاک)، ظرفیت‌های صادراتی و امکانات پژوهشی و خدماتی، به‌رغم برخی کمبودها، سهم قابل توجهی در تأمین اشتغال و حتی صادرات محصولات کشاورزی در جنوب کشور ایفا می‌کند. حوضه آبریز بختگان و طشک که طی سالیان متوالی، نقشی راهبردی در تأمین آب کشاورزان منطقه داشته است، به دلایل مختلفی نظیر کاهش نزولات جوی، وقوع خشکسالی‌های متوالی و مدیریت نادرست در وضعیت بحرانی قرار دارد. ادامه این وضعیت منجر به شوری اراضی کشاورزی، تغییر زیست‌بوم منطقه و کاهش عملکرد محصولات می‌شود و می‌تواند تهدیدی جدی برای امنیت غذایی محسوب شود. در حال حاضر به دلیل کاهش نزولات جوی، تمامی رودهای منتهی به دریاچه بختگان، نظیر کر و سیوند جاری نیستند و نابودی رواناب‌ها رخ داده است. به‌عبارت دیگر، ورودی آب دریاچه تنها محدود به سیلاب‌های منطقه شده است. افزون بر این، کشاورزان منطقه از دیرباز به کشت محصولات آب‌بر مبادرت ورزیدند که خود سبب تشدید کاهش ذخایر آبی شده است. مطابق آمار موجود، بیش از ۹۰ درصد سطح زیرکشت منطقه مطالعاتی به کشت محصولات گندم و جو در زمستان و محصولات برنج، گوجه‌فرنگی و ذرت علوفه‌ای در تابستان اختصاص دارد (Jahangirpour & Zibaei, 2022). لذا ارزیابی وضعیت امنیت غذایی زارعین در حوضه آبریز بختگان و طشک و بررسی راهبردهای اتخاذ شده جهت تعدیل شرایط موجود، می‌تواند گامی مهم در جهت بهبود معیشت خانوار باشد.

### نتایج و بحث

بررسی کالری دریافتی خانوارهای نمونه منطبق بر داده‌های پرسش‌نامه، مؤید آن است که تعداد ۲۰۵ خانوار مورد بررسی (۶۸/۳۳ درصد) با دریافت روزانه بیش از ۲۵۰۰ کالری به ازای هر فرد بالغ خانوار، در وضعیت مناسبی از منظر کالری دریافتی قرار دارند. در مقابل، تعداد ۹۵ خانوار (۳۱/۶۶ درصد) با دریافت روزانه کمتر از ۲۵۰۰ کالری به ازای هر فرد بالغ خانوار، در شرایط نامطلوبی قرار دارند. همچنین براساس تحقیقات میدانی و مراجعه حضوری در مناطق مختلف حوضه آبریز طشک-بختگان، پنج استراتژی بسیار مهم جهت انطباق با تغییر اقلیم، مورد استفاده زارعین قرار گرفته است. این راهبردهای تطبیقی شامل فناوری آبیاری قطره‌ای، فناوری استخر آبیاری، فناوری بذور جدید، فناوری خاک‌ورزی حفاظتی و تنوع فعالیت‌های معیشتی است. میزان پذیرش راهبردهای تطبیقی در منطقه مطالعاتی در جدول ۱ ارائه شده است.

آب عامل اصلی تضمین‌کننده پایداری نظام‌های اجتماعی-اکولوژیکی موجود در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (Keshavarz & Ejtemaei, 2022). استراتژی تغییر روش آبیاری با توجه به کاهش ذخایر آب‌های زیرزمینی و نبود امکان آبیاری از طریق کانال، راهبردی مناسب و ضروری جهت تطبیق با شرایط موجود است. براساس جدول ۱، درصد بیشتری از زارعین، فناوری آبیاری قطره‌ای را پذیرفته‌اند؛ به‌طوری‌که تعداد ۱۵۲ زارع (۵۰/۶۷ درصد) این راهبرد تطبیقی را پذیرفته و به کار گرفته‌اند و در مقابل، تعداد ۱۴۸ زارع (۴۹/۳۳ درصد) این فناوری را نپذیرفته‌اند. نتایج جدول ۱ حاکی از آن است که در مقایسه با فناوری آبیاری قطره‌ای، تعداد کمتری از زارعین، راهبرد تطبیقی استخر آبیاری را پذیرفته و به کار گرفته‌اند. به عبارتی، تعداد ۸۲ زارع (۲۷/۳۳ درصد) فناوری استخر آبیاری را پذیرفته‌اند و در مقابل، تعداد ۲۱۸ زارع (۷۲/۶۸ درصد) این راهبرد انطباقی را نپذیرفته‌اند.

با توجه به پیشرفت‌های اخیر شرکت‌های دانش‌بنیان در تولید بذره‌های جدید و متناسب با اقلیم هر منطقه، رویکرد استفاده از بذور جدید، به‌عنوان یک استراتژی مناسب جهت افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول مطرح شده است. با توجه به نتایج جدول ۱، بخش قابل توجهی از زارعین نمونه، این فناوری را پذیرفته‌اند. به‌طوری‌که تعداد ۱۸۵ زارع (۶۱/۶۷ درصد) راهبرد تطبیقی بذور جدید را پذیرفته و به کار گرفته‌اند و در مقابل، تعداد ۱۱۵ زارع (۳۸/۳۳ درصد) این فناوری را نپذیرفته‌اند.

اغلب زارعین از گذشته تاکنون جهت آماده‌سازی اراضی، مبادرت به عملیات خاک‌ورزی سنتی می‌ورزند که متداول‌ترین آن‌ها استفاده از گاواهن برگردان‌دار، دیسک و حذف بقایای گیاهی است. مجموعه این اقدامات سبب تخریب خصوصیات فیزیکی خاک شده و تردد بیش از حد ماشین‌آلات، خاک را متراکم‌تر می‌سازد. به‌عبارت‌دیگر، خاک‌ورزی بیش از حد و کاهش مواد آلی خاک به دلیل حذف بقایای گیاهی منجر به تخریب بیشتر خاک می‌شود که می‌تواند تهدیدی بر میزان محصول تولیدی و کیفیت آن قلمداد شود. از این‌رو، یکی از راهبردهای مهم مدیریت پایدار زمین و انطباق با تغییر اقلیم، خاک‌ورزی حفاظتی است که در آن، عملیات برگردان خاک وجود ندارد. همچنین مدیریت بقایای گیاهی و تناوب زراعی از ارکان مهم خاک‌ورزی حفاظتی محسوب می‌شوند (Van Den putte et al., 2010). براساس نتایج جدول ۱، بخش بیشتری از زارعین نمونه در منطقه مطالعاتی، عملیات خاک‌ورزی حفاظتی را پذیرفته‌اند. به عبارتی، تعداد ۱۹۹ زارع (۶۶/۳۳ درصد) راهبرد خاک‌ورزی



حفاظتی را پذیرفته و به کار گرفته‌اند و در مقابل، تعداد ۱۰۱ زارع (۳۳/۶۷ درصد) راهبرد مذکور را به کار نگرفته‌اند.

یکی از راهبردهای تطبیقی کشاورزان جهت برخورداری از درآمد جایگزین در شرایط تغییر اقلیم، توانایی ترکیب فعالیت‌های اقتصادی یا تنوع فعالیت‌های معیشتی است. براساس نتایج جدول ۱، حدود ۳۲ درصد زارعین نمونه، توانایی بکارگیری فعالیت‌های متنوع درآمدی را دارند. به عبارتی، تعداد ۹۵ زارع (۳۱/۶۷ درصد) تنوع فعالیت‌های معیشتی دارند و در مقابل، تعداد ۲۰۵ زارع (۶۸/۳۳ درصد) توانایی تنوع در منابع درآمدی را ندارند.

جدول ۱. میزان پذیرش راهبردهای تطبیقی با تغییر اقلیم

| راهبردهای انطباق با تغییر اقلیم                         | تعداد | درصد  |
|---------------------------------------------------------|-------|-------|
| کشاورزانی که فناوری آبیاری قطره‌ای را پذیرفته‌اند       | ۱۵۲   | ۵۰/۶۷ |
| کشاورزانی که فناوری آبیاری قطره‌ای را نپذیرفته‌اند      | ۱۴۸   | ۴۹/۳۳ |
| کشاورزانی که فناوری استخر آبیاری را پذیرفته‌اند         | ۸۲    | ۲۷/۳۳ |
| کشاورزانی که فناوری استخر آبیاری را نپذیرفته‌اند        | ۲۱۸   | ۷۲/۶۷ |
| کشاورزانی که فناوری بذور جدید را پذیرفته‌اند            | ۱۸۵   | ۶۱/۶۷ |
| کشاورزانی که فناوری بذور جدید را نپذیرفته‌اند           | ۱۱۵   | ۳۸/۳۳ |
| کشاورزانی که فناوری خاک‌ورزی حفاظتی را پذیرفته‌اند      | ۱۹۹   | ۶۶/۳۳ |
| کشاورزانی که فناوری خاک‌ورزی حفاظتی را نپذیرفته‌اند     | ۱۰۱   | ۳۳/۶۷ |
| کشاورزانی که تنوع فعالیت‌های معیشتی را پذیرفته‌اند      | ۹۵    | ۳۱/۶۷ |
| کشاورزانی که تنوع فعالیت‌های معیشتی را نپذیرفته‌اند     | ۲۰۵   | ۶۸/۳۳ |
| کشاورزانی که تمام راهبردهای تطبیقی را پذیرفته‌اند       | ۱۹    | ۶/۳۳  |
| کشاورزانی که هیچ‌یک از راهبردهای تطبیقی را نپذیرفته‌اند | ۷۶    | ۲۵/۳۳ |

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از برآورد اثر ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی بر اتخاذ راهبردهای تطبیقی، برگرفته از مدل پروبیت چندمتغیره در جدول ۲ آورده شده است. براساس نتایج، جملات پسماند بسیاری از معادلات راهبردهای تطبیقی دارای ضرایب همبستگی معناداری با یکدیگر هستند. همان طور که ملاحظه می‌شود، آماره نسبت راستنمایی<sup>۱</sup> نشان می‌دهد احتمال پذیرش استراتژی‌های تطبیقی به‌طور هم‌زمان در سطح ۱ درصد معنادار است. بنابراین جهت ارزیابی عوامل مؤثر بر اتخاذ راهبردهای تطبیقی می‌توان از مدل پروبیت چندمتغیره بهره گرفت.

1. Likelihood ratio test

مطابق نتایج جدول ۲، متغیر بعد خانوار در منطقه مطالعاتی، اثری منفی و معنادار بر پذیرش استراتژی‌های تغییر روش آبیاری و استفاده از بذور جدید دارد. با توجه به تحقیقات میدانی به عمل آمده، خانوار پرجمعیت به طور عمده پس از کسر مخارج زندگی، میزان عایدی کمتری جهت بکارگیری استراتژی‌های تطبیقی در اختیار دارد. همچنین به دلیل مساعدت در عرضه نیروی کار خانوادگی، بیشتر عملیات کشاورزی با همان شیوه‌های مرسوم و سنتی انجام می‌گیرد. اثری منفی و معنادار بعد خانوار بر پذیرش استراتژی‌های تطبیقی با مطالعات مختلف همخوانی دارد (Uddin et al., 2014; Khanal & Wilson, 2019; Jabbar et al., 2020; Mersha et al., 2024). چندین استدلال در این مطالعات جهت اثرگذاری منفی بعد خانوار مطرح می‌شود که می‌تواند با پژوهش فعلی منطبق باشد. از جمله اینکه شمار قابل توجهی از خانوار پرجمعیت را کودکان یا افراد مسن تشکیل می‌دهند که متعاقب آن می‌تواند میزان ریسک‌پذیری خانوار جهت پذیرش فناوری جدید و جایگزین با فناوری مرسوم را کاهش دهد. دیگر اینکه، خانوار پرجمعیت و به طور عمده کم‌درآمد جهت کسب درآمد بیشتر به دلیل دسترسی نداشتن به بازار مالی مناسب، به جای اتخاذ استراتژی‌های نوین درون مزرعه به فرصت‌های شغلی موجود در خارج از مزرعه روی می‌آورد (Uddin et al., 2014).

متغیر سن سرپرست خانوار، تأثیری منفی و معنادار بر پذیرش استراتژی تنوع فعالیت‌های معیشتی دارد. به عبارت دیگر، افراد مسن به دلیل وابستگی به پیشینه شغلی (اشتغال در مزرعه)، تمایل کمتری به اشتغال در خارج از مزرعه دارند. در مقابل، افراد جوان‌تر توانایی و انعطاف بیشتری در ترکیب فعالیت‌های اقتصادی و بکارگیری فعالیت‌های متنوع درآمدی دارند. نتایج این بخش از پژوهش با برخی از مطالعات مشابه (Ali, 2017; Berhe et al., 2017; Ali and Erenstein, 2017; Amare & Simane, 2018; Alhassan, 2020) همخوانی دارد.

همچنین سطح تحصیلات سرپرست خانوار تأثیری مثبت و معنادار بر پذیرش استراتژی خاک‌ورزی حفاظتی دارد. به عبارت دیگر، سال‌های تحصیل می‌تواند بر بینش و نگرش زارع نسبت به پیامدهای تغییر اقلیم و پذیرش اقدامات حفاظتی خاک مؤثر باشد. اثرگذاری مثبت و معنادار این متغیر هم‌راستا با مطالعات بدیک و همکاران (Bedeke et al., 2019) و مطلبانی و همکاران (Motalebani et al., 2020) است.

براساس نتایج جدول ۲، دسترسی به خدمات ترویجی، تأثیری مثبت و معنادار بر پذیرش استراتژی‌های استفاده از بذور جدید، عملیات خاک‌ورزی حفاظتی و تنوع فعالیت‌های معیشتی دارد. به عبارت دیگر، دسترسی به خدمات ترویجی و به تبع آن، افزایش سطح آگاهی و اطلاعات فنی

کشاورزان در ارتباط با فناوری‌های جدید، نقش مهمی در تمایل به پذیرش راهبردهای تطبیقی دارد. تحقیقات میدانی نشان داد که هرچه کشاورزان به مراکز فعال خدمات ترویجی دسترسی بهتری داشته باشند، از راهبردهای انطباقی متنوع‌تری جهت مقابله با تغییر اقلیم برخوردارند. این نتیجه‌گیری با مطالعات مشابه ( Bedeke et al., 2019; Jabbar et al., 2020; Motalebani et al., 2024; Mersha et al., 2024) مطابقت دارد.

مطابق نتایج، دسترسی به اعتبارات، تأثیری مثبت و معنادار بر پذیرش استراتژی‌های احداث استخر آبیاری و خاک‌ورزی حفاظتی دارد. دسترسی به اعتبارات باعث کاهش محدودیت‌های مالی جهت تهیه عوامل تولید و یا تأمین هزینه‌های مربوط به اقدامات تطبیقی نظیر عملیات احداث استخر و خاک‌ورزی حفاظتی می‌شود. به عبارت دیگر، مهمترین عامل آسیب‌پذیری کشاورزان در بعد اقتصادی، محدودیت سرمایه است. نتایج این بخش از پژوهش مشابه با برخی از مطالعات (Alcon et al., 2019; Bedeke et al., 2019; Alhassan et al., 2019; Motalebani et al., 2020; Mersha et al., 2024) است. در همین راستا، پژوهش مطلبانی و همکاران (Motalebani et al., 2020) در منطقه زرقان استان فارس حاکی از آن است که دسترسی به اعتبارات، تأثیری مثبت و معنادار در بکارگیری عملیات خاک‌ورزی حفاظتی دارد. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که دسترسی به اعتبارات، تأثیری منفی و معنادار بر پذیرش استراتژی تنوع فعالیت‌های معیشتی دارد. براساس تحقیقات میدانی در منطقه مطالعاتی، کشاورزانی که جهت تأمین منابع مالی، دسترسی به اعتبارات داشتند، درآمد معیشتی خانوار را از طریق فعالیت در بخش کشاورزی کسب می‌کنند و تمایل کمتری جهت برخورداری از درآمد جایگزین یا تنوع فعالیت‌های معیشتی دارند.

همچنین بر اساس نتایج، کیفیت خاک تأثیری منفی و معنادار بر پذیرش استراتژی‌های تغییر روش آبیاری و خاک‌ورزی حفاظتی دارد. به عبارت دیگر، کشاورزانی که اراضی آن‌ها طی زمان به دلایل مختلف، نظیر آیش یا ایجاد تناوب زراعی مناسب، دارای خاک مستعد و با حاصلخیزی بالایی هستند، احتمال پذیرش و بکارگیری دو استراتژی فوق کمتر است. این نتایج با مطالعات کاسی و همکاران (Kassie et al., 2015) و بدیک و همکاران (Bedeke et al., 2019) مطابقت دارد. براساس مطالعات مختلف، استراتژی تغییر روش آبیاری یا فناوری نوین آبیاری در موقعیت‌هایی با کیفیت پایین خاک، احتمال پذیرش بیشتری دارد (Salazar & Rand, 2016).

مالکیت تراکتور به عنوان سرمایه فیزیکی مهم در بخش کشاورزی، نقش قابل ملاحظه‌ای در کاهش هزینه‌های زارع به‌ویژه در مراحل آماده‌سازی اراضی دارد. مطابق نتایج، مالکیت تراکتور و ادوات کشاورزی، تأثیری مثبت و معنادار بر پذیرش استراتژی استفاده از بذور جدید دارد. نتایج این

بخش از پژوهش با مطالعات سالازار و راند (Salazar & Rand, 2016)، علی (Ali, 2017) و علی و همکاران (Ali et al., 2018) هم‌راستا است. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که مالکیت تراکتور، تأثیری منفی و معنادار بر پذیرش استراتژی تنوع فعالیت‌های معیشتی دارد. براساس تحقیقات میدانی، کشاورزانی که خود مالک تراکتور و ادوات کشاورزی هستند، درآمد معیشتی خانوار را از طریق فعالیت در بخش کشاورزی کسب می‌کنند و تمایل کمتری جهت برخورداری از درآمد جایگزین یا فعالیت‌های غیر کشاورزی دارند.

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که مطابق انتظار، میزان درآمد خانوار تأثیری مثبت و معنادار در سطح ۱ درصد بر پذیرش هر پنج استراتژی تطبیقی، شامل تغییر روش آبیاری، احداث استخر آبیاری، استفاده از بذور جدید، عملیات خاک‌ورزی حفاظتی و تنوع فعالیت‌های معیشتی دارد. به عبارت دیگر، سطح درآمد بیشتر، امکان سرمایه‌گذاری در بکارگیری فناوری‌های نوین کشاورزی و پذیرش فعالیت‌های متنوع معیشتی را افزایش می‌دهد. این نتیجه‌گیری با مطالعات مختلف (Rahman & Daniel Chima, 2015; Ochieng et al., 2017; Ali & Erenstein, 2017; Esfandiari et al., 2020) همخوانی دارد.

براساس نتایج جدول ۲، تعداد محصول کشت شده در یک سال زراعی، تأثیری مثبت و معنادار در سطح ۱ درصد بر پذیرش استراتژی‌های تطبیقی تغییر روش آبیاری، احداث استخر آبیاری، استفاده از بذور جدید و خاک‌ورزی حفاظتی دارد. تنوع در کشت محصولات مختلف باعث می‌شود که ریسک درآمدی ناشی از اتکا به یک محصول خاص به حداقل برسد. همچنین امکان موفقیت هرچه بیشتر این روش، زمانی میسر است که با اتخاذ راهبردهای تطبیقی مناسب همراه باشد. این نتایج با مطالعات کانگمینانگ و همکاران (Kangmennaang et al., 2017)، وودس و همکاران (Woods et al., 2017) و جبری و همکاران (Gebre et al., 2023) مطابقت دارد. همچنین نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که تعداد محصول کشت شده، تأثیری منفی و معنادار بر پذیرش استراتژی تنوع فعالیت‌های معیشتی دارد. به عبارت دیگر، کشت چند محصولی به دلیل صرف وقت بیشتر زارع در مزرعه، باعث اتکای بیشتر وی به فعالیت‌های کشاورزی می‌شود و احتمال اتخاذ استراتژی تنوع فعالیت‌های معیشتی را کاهش می‌دهد.

همان طور که پیش‌ازاین بیان شد، مهمترین محدودیت زارعین در فعالیت کشاورزی، دسترسی نداشتن مناسب به آب مورد نیاز است. سطح آب زیرزمینی طی سال‌های اخیر کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است و ادامه فعالیت کشاورزی وابسته به احداث چاه عمیق یا افزایش عمق چاه‌های دستی است. مطابق نتایج جدول ۲، دسترسی به چاه عمیق، تأثیری مثبت و معنادار بر پذیرش

استراتژی‌های تطبیقی تغییر روش آبیاری، استفاده از بذور جدید و خاک‌ورزی حفاظتی دارد. نتایج این بخش از پژوهش با یافته‌های علی و ارینستین (Ali & Erenstein, 2017)، علی و همکاران (Ali et al., 2018) و آلکون و همکاران (Alcon et al., 2018) سازگار است. پژوهش دانشور و زیبایی (Daneshvar & Zibaei, 2013) در سطح استان فارس نشان داد که عمق چاه، تأثیری مثبت و معنادار بر استراتژی تغییر روش آبیاری و بکارگیری سیستم آبیاری بارانی دارد. براساس نتایج جدول ۲، قرار گرفتن در ناحیه دوم و سوم، تأثیری مثبت و معنادار بر پذیرش استراتژی تطبیقی تغییر روش آبیاری دارد و احتمال پذیرش در ناحیه سوم بیشتر از ناحیه دوم است. با توجه به تقسیم‌بندی حوضه مطالعاتی، با حرکت از ناحیه اول به ناحیه دوم و سپس ناحیه سوم، محدودیت دسترسی به منابع آب شدت بیشتری پیدا می‌کند. بنابراین، کشاورزان واقع در نواحی دوم و سوم، جهت تطبیق با شرایط موجود، با احتمال بیشتری به پذیرش فناوری‌های نوین آبیاری روی می‌آورند. اثرگذاری معنادار موقعیت جغرافیایی با یافته‌های مطالعات مشابه (Engler et al., 2016; Salazar & Rand, 2016; Ali & Erenstein, 2017; Pokhrel et al., 2018) مطابقت دارد. همچنین نتایج جدول ۲ حاکی از آن است که قرار گرفتن در ناحیه سوم، تأثیری منفی و معنادار بر پذیرش استراتژی استفاده از بذور جدید دارد و با یافته‌های مطالعه ماریانو و همکاران (Mariano et al., 2012) سازگار است. بنابراین، باید با افزایش سطح آگاهی و اقدامات ترویجی، اهمیت فناوری بذور جدید برای زارعین واقع در ناحیه سوم به‌خوبی تشریح شود تا شرایط لازم برای پذیرش این استراتژی مهم فراهم شود.

جدول ۲. نتایج برآورد عوامل مؤثر بر اتخاذ راهبردهای تطبیقی با تغییر اقلیم  
(Multivariate Probit Model)

| متغیر                                                                         | تغییر روش آبیاری  |                   | خاک‌ورزی حفاظتی   |                   | استفاده از بذور جدید |                   | تنوع فعالیت‌های معیشتی |                   | احداث استخر آبیاری |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-------------------|------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
|                                                                               | خطای معیار        | ضرایب             | خطای معیار        | ضرایب             | خطای معیار           | ضرایب             | خطای معیار             | ضرایب             | خطای معیار         | ضرایب             |
| بعد خانوار                                                                    | -۰/۱۹۷**          | -۰/۰۹۶            | -۰/۰۵۰            | -۰/۱۱۰            | -۰/۲۳۲**             | -۰/۰۹۷            | -۰/۰۰۹                 | -۰/۰۷۸            | -۰/۱۰۷             | -۰/۰۹۲            |
| تعداد محصول در یک سال زراعی                                                   | -۰/۹۶۳***         | -۰/۲۴۷            | -۰/۵۰۱***         | -۰/۱۵۱            | -۰/۳۹۲***            | -۰/۱۲۶            | -۰/۱۹۶*                | -۰/۱۰۸            | -۰/۳۸۴***          | -۰/۱۳۰            |
| مالکیت تراکتور و ادوات کشاورزی                                                | -۰/۱۰۹            | -۰/۲۹۸            | -۰/۳۱۵            | -۰/۳۸۰            | -۰/۵۳۲*              | -۰/۲۸۶            | -۰/۴۶۱*                | -۰/۲۴۴            | -۰/۱۹۳             | -۰/۳۲۶            |
| عمق چاه                                                                       | -۰/۰۰۴            | -۰/۰۰۳            | -۰/۰۱۸***         | -۰/۰۰۵            | -۰/۰۰۳               | -۰/۰۰۳            | -۰/۰۰۱                 | -۰/۰۰۲            | -۰/۰۰۰۷            | -۰/۰۰۲            |
| چاه عمیق                                                                      | ۱/۹۱۴***          | ۱/۷۳۴             | ۴/۳۱۸***          | ۱/۱۶۲             | ۱/۲۱۹**              | ۱/۵۹۲             | ۱/۴۳۳                  | ۱/۵۰۹             | ۱/۶۶۱              | ۱/۵۵۴             |
| درآمد خانوار                                                                  | ۱/۱۷۴***          | ۱/۳۴۷             | ۱/۶۳۹*            | ۱/۳۴۰             | ۱/۸۵۴***             | ۱/۳۰۵             | ۱/۷۸۳***               | ۱/۲۶۲             | ۱/۵۲۶*             | ۱/۳۰۹             |
| اندازه مزرعه                                                                  | -۰/۰۱۳            | -۰/۰۱۳            | -۰/۰۱۱            | -۰/۰۲۵            | -۰/۰۱۱               | -۰/۰۱۱            | -۰/۰۰۰۷                | -۰/۰۱۰            | -۰/۰۱۳             | -۰/۰۱۱            |
| سن سرپرست خانوار                                                              | -۰/۰۱۳            | -۰/۰۱۱            | -۰/۰۰۴            | -۰/۰۱۳            | -۰/۰۰۲               | -۰/۰۱۲            | -۰/۰۲۸***              | -۰/۰۱۰            | -۰/۰۰۱             | -۰/۰۱۱            |
| تحصیلات سرپرست خانوار                                                         | ۰/۰۰۳             | ۰/۰۳۹             | ۰/۰۸۵*            | ۰/۰۴۸             | ۰/۰۴۸                | ۰/۰۳۹             | -۰/۰۰۰۲                | ۰/۰۳۱             | ۰/۰۲۲              | ۰/۰۳۸             |
| دسترسی به اعتبارات                                                            | ۰/۰۳۱             | ۰/۲۴۷             | ۰/۷۲۲**           | ۰/۳۰۹             | -۰/۰۱۹               | ۰/۲۵۹             | ۰/۱۱۱                  | ۰/۲۰۷             | ۰/۴۱۶*             | ۰/۲۴۹             |
| دسترسی به اطلاعات                                                             | -۰/۱۶۲            | -۰/۲۷۸            | -۰/۴۶۲            | -۰/۳۳۸            | -۰/۰۷۶               | -۰/۲۹۱            | -۰/۰۷۲                 | -۰/۲۳۳            | -۰/۰۶۷             | -۰/۲۸۰            |
| کیفیت خاک                                                                     | -۰/۵۶۰**          | -۰/۲۷۵            | -۰/۷۶۹***         | -۰/۲۹۰            | -۰/۳۷۰               | -۰/۲۶۰            | -۰/۳۵۳                 | -۰/۲۴۰            | -۰/۳۴۳             | -۰/۳۲۰            |
| دسترسی به خدمات ترویجی                                                        | ۰/۱۱۷             | ۰/۲۴۳             | ۱/۰۸۰***          | ۱/۲۵۵             | ۱/۳۳۵***             | ۱/۲۳۶             | ۰/۳۸۴*                 | ۰/۲۱۳             | ۰/۳۲۳              | ۰/۲۶۹             |
| ناحیه دوم                                                                     | -۰/۵۳۰*           | -۰/۳۱۷            | -۰/۲۹۷            | -۰/۴۱۰            | -۰/۱۳۹               | -۰/۳۲۷            | -۰/۲۳۵                 | -۰/۲۴۰            | -۰/۱۸۵             | -۰/۲۹۳            |
| ناحیه سوم                                                                     | -۰/۵۱۶            | -۰/۳۴۰            | -۰/۴۰۲            | -۰/۴۳۶            | -۰/۸۳۱***            | -۰/۳۱۸            | -۰/۰۵۶                 | -۰/۲۳۱            | -۰/۴۶۸*            | -۰/۲۵۵            |
| عرض از مبدأ                                                                   | -۲۰/۱۷۷***        | ۵/۳۶۳             | -۱۲/۵۳۵**         | ۵/۱۵۷             | -۱۴/۲۴۶***           | ۴/۴۷۶             | -۱۱/۱۲۷***             | ۳/۹۲۸             | -۱۰/۸۶۸**          | ۴/۷۲۹             |
| Log likelihood=-495.539<br>LR Chi Square=329.39***<br>Prob > Chi Square=0.000 |                   |                   |                   |                   |                      |                   |                        |                   |                    |                   |
|                                                                               | rho <sub>45</sub> | rho <sub>35</sub> | rho <sub>34</sub> | rho <sub>25</sub> | rho <sub>24</sub>    | rho <sub>23</sub> | rho <sub>15</sub>      | rho <sub>14</sub> | rho <sub>13</sub>  | rho <sub>12</sub> |
|                                                                               | -۰/۱۷۲            | -۰/۳۳۸***         | -۰/۱۶۸*           | -۰/۶۳۷***         | -۰/۰۸۳               | -۰/۵۹۹***         | -۰/۵۴۴***              | -۰/۱۸۶*           | -۰/۵۳۶***          | -۰/۷۳۹***         |
|                                                                               | (۰/۱۴۲)           | (۰/۰۰۸)           | (۰/۰۹۵)           | (۰/۰۰۰)           | (۰/۴۷۹)              | (۰/۰۰۰)           | (۰/۰۰۰)                | (۰/۰۷۶)           | (۰/۰۰۰)            | (۰/۰۰۰)           |

Likelihood ratio test of rho<sub>21</sub> = rho<sub>31</sub> = rho<sub>41</sub> = rho<sub>51</sub> = rho<sub>32</sub> = rho<sub>42</sub> = rho<sub>52</sub> = rho<sub>43</sub> = rho<sub>53</sub> = rho<sub>54</sub> = 0  
Chi2(10) = 82.724\*\*\*

مأخذ: یافته‌های پژوهش \*، \*\* و \*\*\* به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰، ۵ و ۱ درصد

در ادامه، با استفاده از روش تطبیق نمره تمایل (PSM) به ارزیابی اثر اتخاذ راهبردهای تطبیقی بر مقدار کالری روزانه دریافتی خانوار به ازای هر فرد بالغ پرداخته شد که نتایج آن در جدول ۳ گزارش شده است. منظور از تغییرات کالری در جدول ۳، بیانگر میزان تغییرات کالری دریافتی خانوار ناشی از اثر اتخاذ راهبردهای تطبیقی است.

مطابق نتایج جدول ۳، تأثیر راهبردهای تطبیقی مختلف بر کالری دریافتی متفاوت است؛ به عبارت دیگر اثربخشی سیاست‌های تطبیقی نسبت به پارامترهای اقلیم، اثرات متفاوتی بر امنیت غذایی دارد. همان طور که در جدول آمده است بکارگیری فناوری آبیاری قطره‌ای، تأثیری مثبت و معنادار در سطح ۱ درصد بر کالری دریافتی دارد. بر این اساس، زارعینی که استراتژی آبیاری قطره‌ای را جهت انطباق با تغییر اقلیم مورد پذیرش قرار دادند، در مقایسه با زارعینی که استراتژی مذکور را نپذیرفتند، حدود ۱۸۲ کالری به ازای هر فرد بالغ خانوار انرژی بیشتری دریافت می‌کنند. نتایج جدول ۳ حاکی از آن است که استراتژی احداث استخر آبیاری با اثرگذاری کمتری نسبت به فناوری آبیاری قطره‌ای، تأثیری مثبت و معنادار در سطح ۵ درصد بر کالری دریافتی دارد. به طوری که زارعینی که احداث استخر را مورد پذیرش قرار دادند، در مقایسه با زارعینی که استراتژی مذکور را نپذیرفتند، کالری بیشتری در حدود ۱۳۸ کالری به ازای هر فرد بالغ خانوار دریافت می‌کنند. اثرگذاری مثبت و معنادار استراتژی مدیریت منابع آب با نتایج مطالعات مرتبط (Amare & Simane, 2018; Fetene & Kedir, 2024; Sisay, 2024; Nonvide, 2018) مطابقت دارد. مطابق نتایج جدول ۳، فناوری استفاده از بذور جدید، تأثیری مثبت و معنادار در سطح ۵ درصد بر کالری دریافتی خانوار دارد. بر این اساس، زارعینی که فناوری بذور جدید را جهت انطباق با تغییر اقلیم مورد پذیرش قرار دادند، در مقایسه با زارعینی که استراتژی مذکور را نپذیرفتند، انرژی بیشتری معادل ۸۳ کالری به ازای هر فرد بالغ خانوار دریافت می‌کنند. نتیجه‌گیری فوق با مطالعات علی و همکاران (Ali et al., 2018)، ووسن و همکاران (Wossen et al., 2018)، نانویدی (Nonvide, 2018) و جبری و همکاران (Gebre et al., 2023) هم‌راستا است.

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که خاک‌ورزی حفاظتی علی‌رغم اثرگذاری مثبت بر کالری دریافتی، فاقد اثر آماری معنادار است. نتایج دلالت بر این دارد که در میان راهبردهای تطبیقی مورد مطالعه، استراتژی تنوع فعالیت‌های معیشتی در مقایسه با سایر استراتژی‌ها، بیشترین اثرگذاری را بر کالری دریافتی می‌گذارد. به عبارتی، زارعینی که استراتژی تنوع فعالیت‌های معیشتی را مورد پذیرش قرار دادند، در مقایسه با زارعینی که استراتژی مذکور را نپذیرفتند، انرژی بیشتری در حدود ۲۲۰

کالری به ازای هر فرد بالغ خانوار دریافت می‌کنند. این یافته با نتایج مطالعات مشابه (Mulugeta et al., 2018; Amare & Simane, 2018; Nonvide, 2018) مطابقت دارد.

براساس نتایج جدول ۳، اتخاذ تمام راهبردهای تطبیقی (تغییر روش آبیاری، احداث استخر آبیاری، استفاده از بذور جدید، فناوری خاک‌ورزی حفاظتی و تنوع فعالیت‌های معیشتی) تأثیری قابل ملاحظه و معنادار در سطح ۱ درصد بر کالری دریافتی دارد. بر این اساس، زارعینی که استراتژی ترکیبی را جهت انطباق با تغییر اقلیم مورد پذیرش قرار دادند، در مقایسه با زارعینی که استراتژی ترکیبی را نپذیرفتند، انرژی بیشتری معادل ۳۰۶ کالری به ازای هر فرد بالغ خانوار دریافت می‌کنند. نتیجه‌گیری فوق با مطالعات الامین و احمد (Al-Amin & Ahmed, 2016)، امارا و سیمان (Amare & Simane, 2017)، امارا و سیمان (Amare & Simane, 2018) و جبری و همکاران (Gebre et al., 2023) هم‌راستا است.

جدول ۳. تأثیر اتخاذ راهبردهای تطبیقی بر مقدار کالری روزانه دریافتی (PSM estimates)

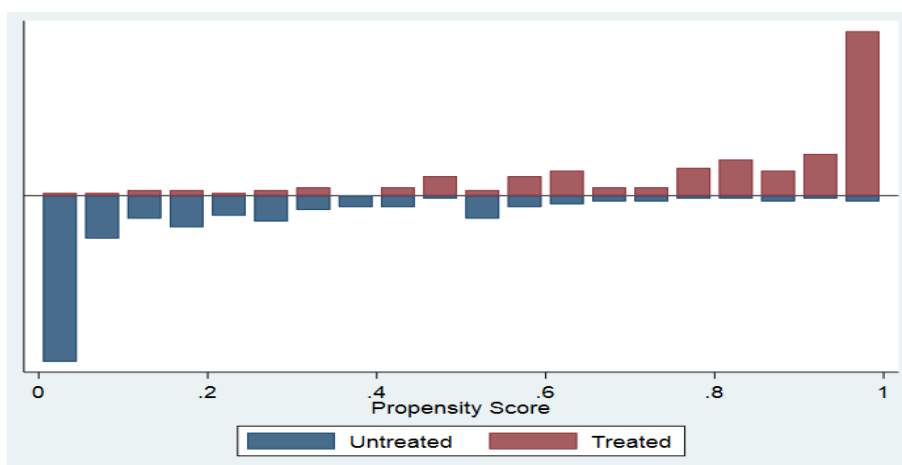
| راهبردهای انطباق با تغییر اقلیم                                                                      | تغییرات کالری | خطای معیار | آماره Z | احتمال |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|---------|--------|
| فناوری آبیاری قطره‌ای                                                                                | ۱۸۲/۰۰۶***    | ۷۰/۰۳۶     | ۲/۶۰    | ۰/۰۰۹  |
| احداث استخر آبیاری                                                                                   | ۱۳۷/۸۲۹**     | ۶۷/۹۲۴     | ۲/۰۳    | ۰/۰۴۲  |
| استفاده از بذور جدید                                                                                 | ۸۳/۲۳۰**      | ۳۷/۲۳۸     | ۲/۲۴    | ۰/۰۲۵  |
| تنوع فعالیت‌های معیشتی                                                                               | ۲۱۹/۸۵۲**     | ۸۷/۱۳۱     | ۲/۵۲    | ۰/۰۱۲  |
| خاک‌ورزی حفاظتی                                                                                      | ۱۵۸/۲۴۳       | ۳۱۶/۲۶۱    | ۰/۵۰    | ۰/۶۱۷  |
| تغییر روش آبیاری، احداث استخر آبیاری، استفاده از بذور جدید، خاک‌ورزی حفاظتی و تنوع فعالیت‌های معیشتی | ۳۰۶/۰۱۲**     | ۱۵۳/۴۴۱    | ۱/۹۹    | ۰/۰۴۶  |

مأخذ: یافته‌های پژوهش \*\*\* و \*\* به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد

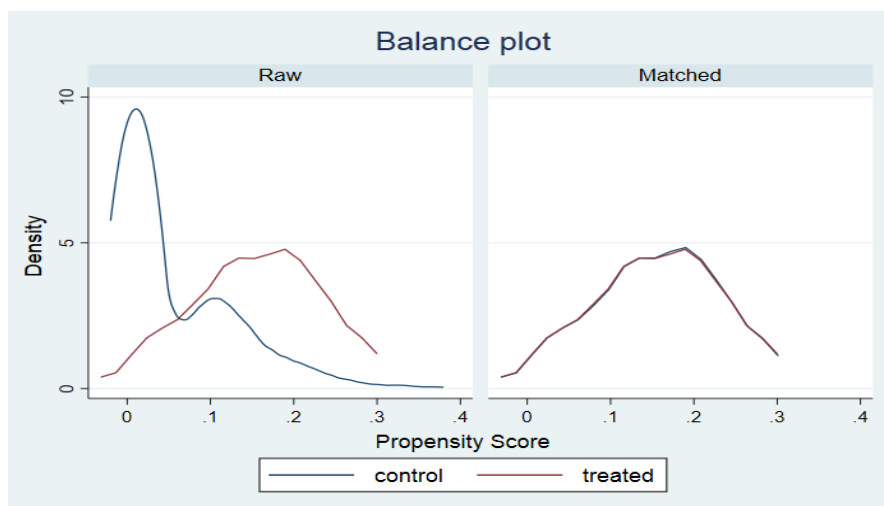
همان‌طور که پیش‌ازاین در روش تحقیق بیان شد، نتایج حاصل از ارزیابی اثر فناوری با روش PSM زمانی قابل اتکا است که شرط توازن یا تعادل برقرار باشد. به عبارت دیگر، ترکیبی از متغیرهای مستقل وارد شده در مدل، زمانی شرط تعادل را برقرار می‌کنند که نرخ واریانس متغیرها پس از تطبیق (همسان‌سازی) نزدیک به یک و اریب بین میانگین متغیرها نزدیک به صفر باشد. به منظور بررسی شرط تعادل، می‌توان از شکل مربوط به همسان‌سازی نمرات تمایل بین گروه تیمار (پذیرندگان استراتژی) و گروه شاهد (نپذیرندگان استراتژی) بهره گرفت که نتایج آن در شکل‌های ۲ الی ۴ با روش‌های مختلف استخراج شده است. براساس نتایج این شکل‌ها، نمرات تمایل دو گروه



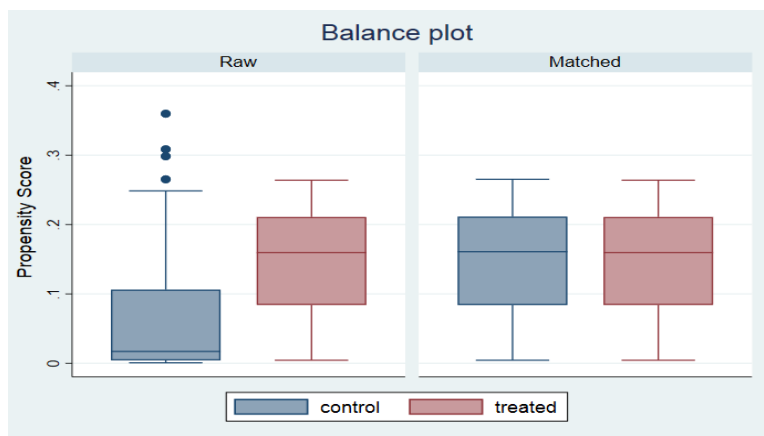
تیمار (پذیرندگان استراتژی) و شاهد (نپذیرندگان استراتژی) به خوبی روی هم قرار گرفته است و توزیع داده‌ها پس از همسان‌سازی منطق بر توزیع داده‌ها پیش از تطبیق است؛ بنابراین شرط تعادل رعایت شده است.



شکل ۲. آزمون شرط تعادل حاصل از تطبیق نمرات تمایل با شکل میله‌ای (Bar plot)



شکل ۳. آزمون شرط تعادل حاصل از تطبیق نمرات تمایل با روش گراف (Graph)



شکل ۴. آزمون شرط تعادل حاصل از تطبیق نمرات تمایل با شکل جعبه‌ای (Box plot)

#### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

یکی از مهمترین راه‌های بهبود امنیت غذایی، توجه ویژه به بخش کشاورزی است. اما این بخش، آسیب‌پذیرترین بخش در برابر پیامدهای تغییر اقلیم است که می‌تواند عرضه ناکافی و دسترسی نامناسب به مواد غذایی سالم و مغذی را به دنبال داشته باشد. واقعیت امر این است که در وضعیت کنونی تغییر اقلیم و حکمرانی نامناسب منابع آبی، امکان افزایش تولید (جهت تأمین بعد موجودی امنیت غذایی) هم‌زمان با کاهش مصرف آب وجود ندارد و تحقق چنین دستاوردی که به موجب آن بتوان وضعیت درآمد زارعین (اقتدار آسیب‌پذیر و کم‌درآمد جامعه) را نیز بهبود بخشید، نیازمند مدیریت یکپارچه منابع آبی و بکارگیری راهبردهای انطباقی با تغییر اقلیم است. لذا در پژوهش پیش‌رو، اثر اتخاذ اقدامات تطبیقی بر امنیت غذایی با رویکرد تطبیق نمرات تمایل (PSM) و عوامل مؤثر بر اتخاذ راهبردهای تطبیقی با بهره‌گیری از مدل پروبیت چندمتغیره در سطح حوضه آبریز بختگان و طشک مورد مطالعه قرار گرفت.

نتایج رویکرد تطبیق نمرات تمایل (PSM) نشان داد که چنانچه زارعین، راهبردهای تطبیقی تنوع فعالیت‌های معیشتی، نوین‌سازی سیستم‌های آبیاری، احداث استخرهای آبیاری و استفاده از ارقام اصلاح شده با نیاز آبی کم را اتخاذ نمایند، کالری دریافتی خانوارهای نمونه، مطابق جدول ۳ به ترتیب حدود ۲۱۹/۸۵، ۱۸۲، ۱۳۷/۸۲ و ۸۳/۲۳ کالری افزایش می‌یابد. همچنین اتخاذ هم‌زمان راهبردهای تطبیقی با اثرگذاری قابل ملاحظه سبب افزایش کالری دریافتی خانوارهای نمونه در حدود ۳۰۶ کالری می‌شود.

یافته‌های این مطالعه نشان داد که اتخاذ استراتژی‌های سازگاری با تغییرات آب و هوایی می‌تواند کالری دریافتی خانوارهای روستایی را به‌طور قابل توجهی بهبود بخشد. لذا دولت‌ها و سازمان‌های توسعه‌ای باید حمایت هدفمند از کشاورزان، از جمله آموزش و کمک‌های مالی برای کمک به آن‌ها را در اتخاذ شیوه‌های مقابله در برابر تغییرات آب و هوا، مانند تنوع‌بخشی به فعالیت‌های معیشتی، سیستم‌های نوین آبیاری و استفاده از گونه‌های با نیاز آبی کم را در نظر بگیرند. براساس نتایج پژوهش، در میان راهبردهای تطبیقی، استراتژی تنوع فعالیت‌های معیشتی بیشترین اثرگذاری را بر کالری دریافتی خانوار دارد. از این رو توصیه می‌شود که فرصت‌های شغلی متناسب با قابلیت‌ها و مزیت نسبی منطقه به‌منظور کاهش فشار بر بخش کشاورزی و صیانت از منابع ارزشمند آب و خاک در زمینه‌هایی چون کشت گیاهان دارویی، صنایع دستی، فعالیت‌های دامداری، پرورش طیور، صنعت گردشگری و بوم‌گردی، صنایع تکمیلی و تبدیلی کشاورزی و به‌طور کلی تکمیل زنجیره‌های پیشین و پسین فعالیت‌های کشاورزی مدنظر قرار گیرد.

همچنین مطابق یافته‌های پژوهش، راهبرد نوین‌سازی سیستم‌های آبیاری دارای اثرگذاری بالایی بر کالری دریافتی خانوار است. توجه به این موضوع حائز اهمیت است که با توجه به حجم زیاد آب مصرفی و پایین بودن بهره‌وری آب در بخش کشاورزی، بهبود اندکی در بهره‌وری آب کشاورزی می‌تواند تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر تولید بیشتر مواد غذایی داشته باشد. راه‌های مختلفی برای بهبود بهره‌وری آب وجود دارد. در این میان، می‌توان به بهبود مدیریت آب و بکارگیری سیستم‌های نوین آبیاری اشاره کرد. به عبارت دیگر، تأمین به‌موقع آب جهت کاهش تنش در مراحل بحرانی رشد محصول باعث می‌شود که کشاورزان در سایر نهادهای کشاورزی سرمایه‌گذاری بیشتری کرده و در نتیجه به‌ازای هر واحد مصرف آب، تولید بیشتری را به دست آورند.

نتایج حاصل از مدل پروبیت چندمتغیره نشان داد که سن زارع، تحصیلات زارع، بعد خانوار، درآمد خانوار زارع، دسترسی به اعتبارات، موجودی آب آبیاری، مالکیت ماشین‌آلات کشاورزی، دسترسی به خدمات ترویج کشاورزی، تعداد محصولات کشت شده و کیفیت خاک به‌عنوان تعیین‌کننده‌های معنی‌دار راهبردهای تطبیقی محسوب می‌شوند.

با توجه به این موضوع که مهمترین محدودیت زارعین در سطح حوضه بختگان و طشک، نبود دسترسی مناسب به آب مورد نیاز است، ادامه فعالیت کشاورزی در بسیاری از نواحی حوضه، مستلزم تعمیق چاه یا ایجاد چاه عمیق است. مطابق نتایج پژوهش، دسترسی به چاه عمیق تأثیری مثبت بر پذیرش استراتژی‌های تطبیقی دارد. از آنجاکه میزان برداشت آب‌های زیرزمینی در ایران

بسیار بالا است، باید منابع آبی و تغییرات آن در سطح حوضه آبریز به‌طور دائم تحت نظارت و کنترل قرار گیرد. اصلاح الگوی مصرف منابع آبی، مستلزم آن است که در نرخ‌گذاری آب، تجدیدنظری اساسی صورت گیرد و اتخاذ هر تصمیمی در جهت تغییر الگوی مصرف، با قیمت‌های گذشته امکان‌پذیر نیست. همچنین پیشنهاد می‌شود که تمامی چاه‌های آب به کنتور هوشمند مجهز شوند و سهم مطلوب آب در هریک از فعالیت‌های کشاورزی، منطبق با الگوی کشت منطقه‌ای تعیین شود.

براساس یافته‌ها، سطح درآمد خانوار و دسترسی به اعتبارات از عوامل مهم و اثرگذار بر اتخاذ و شدت بکارگیری راهبردهای تطبیقی است. دلایلی نظیر توسعه کم بازارهای مالی کشاورزی و نبود تناسب زمان بازپرداخت وام با نوع فعالیت‌های کشاورزی، چالش‌های متعددی را در زمینه تأمین نیازهای مالی زارعین ایجاد می‌کند. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود که با اصلاح قوانین مالی در جهت حمایت از زارعین خرده‌پا و ارائه تسهیلات لازم در کمترین زمان ممکن، امکان سرمایه‌گذاری بیشتر در بکارگیری اقدامات تطبیقی میسر شود.

همچنین با توجه به اینکه سطح تحصیلات و دسترسی به خدمات ترویج کشاورزی تأثیری مثبت بر پذیرش استراتژی‌های تطبیقی دارد؛ لذا دولت‌ها و سازمان‌های غیردولتی باید سرمایه‌گذاری در آموزش و ارائه خدمات ترویجی را به‌منظور توانمندسازی کشاورزان با دانش و مهارت برای سازگاری با تغییرات اقلیمی در اولویت قرار دهند. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود که با توجه به سطح پایین تحصیلات در زارعین نمونه مورد بررسی، مفاهیم کشاورزی در نظام آموزشی گنجانده شود و امکانات و تسهیلات لازم جهت بهره‌مندی زارعین از دوره‌های آموزشی رایگان به شیوه تجربی و عملی فراهم شود. همچنین با سیاست‌های حمایتی و مشوق‌های مالی، انگیزه لازم جهت تشکیل نهادهای اجتماعی متشکل از خود زارعین محلی فراهم شود. به‌علاوه سیاست‌گذاران باید همکاری چندجانبه را میان سازمان‌های دولتی، سازمان‌های غیردولتی، نقش‌آفرینان بخش خصوصی و جوامع محلی برای توسعه و اجرای استراتژی‌های سازگار با تغییر اقلیم تقویت کنند.

## منابع

1. Al-Amin, A.Q., & Ahmed, F. (2016). Food security challenge of climate change: An analysis for policy selection. *Futures*, 83, 50-63. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.04.002>.
2. Alcon, F., Navarro, N., de-Miguel, M.D. & Balbo, A.L. (2019). Drip irrigation technology: Analysis of adoption and diffusion processes. *Sustainable Solutions for Food Security*, 5, 269-285. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77878-5\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77878-5_14).

3. Alhassan, H. (2020). Farm households' flood adaptation practices, resilience and food security in the Upper East region, Ghana. *Heliyon*, 6(6), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04167>.
4. Alhassan, H., Kwakwa, P.A. & Adzawla, W. (2019). Farmers choice of adaptation strategies to climate change and variability in arid region of Ghana. *Review of Agricultural and Applied Economics*, 22(1), 32-40. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.285928>.
5. Ali, A. (2017). Coping with climate change and its impact on productivity, income, and poverty: evidence from the Himalayan region of Pakistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 24, 515-525. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.05.006>.
6. Ali, A., & Erenstein, O. (2017). Assessing farmer use of climate change adaptation practices and impacts on food security and poverty in Pakistan. *Climate Risk Management*, 16, 183-194. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2016.12.001>.
7. Ali, A., Rahut, D.B. & Mottaleb, K.A. (2018). Improved water-management practices and their impact on food security and poverty: Empirical evidence from rural Pakistan. *Water Policy*, 20(4), 692-711. <https://doi.org/10.2166/wp.2018.044>.
8. Amare, A., & Simane, B. (2017). Assessment of household food security in the face of climate change and variability in the Upper Blue-Nile of Ethiopia. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 7, 285-300. <https://doi.org/10.17265/2161-6264/2017.04.006>.
9. Amare, A., & Simane, B. (2018). Does adaptation to climate change and variability provide household food security? Evidence from Muger sub-basin of the upper Blue-Nile, Ethiopia. *Ecological Processes*, 7(1), 13-24. <https://doi.org/10.1186/s13717-018-0124-x>.
10. Antle, J.M., Zhang, H., Mu, J.E., Abatzoglou, J. & Stöckle, C. (2018). Methods to assess between-system adaptations to climate change: Dryland wheat systems in the Pacific Northwest United States. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 253, 195-207. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.017>.
11. Arpino, B. (2018). Propensity Score Matching with Clustered Data. Spanish Stata Conference. 1-37.
12. Barasa, P. M., Botai, C.M., Botai, J.O. & Mabhaudhi, T. (2021). A review of climate-smart agriculture research and applications in Africa. *Agronomy*, 11(6), 1-26. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061255>.
13. Barros, V.R., & Field, C.B. (2014). Climate change 2014 impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: regional aspects. Cambridge University Press.

14. Bedeke, S., Vanhove, W., Gezahegn, M., Natarajan, K. & Van Damme, P. (2019). Adoption of climate change adaptation strategies by maize-dependent smallholders in Ethiopia. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 88, 96-104. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2018.09.001>.
15. Berhe, M., Hoag, D., Tesfay, G., Tadesse, T., Oniki, S., Kagatsume, M. & Keske, C.M. (2017). The effects of adaptation to climate change on income of households in rural Ethiopia. *Pastoralism*, 7(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s13570-017-0084-2>.
16. Brüssow, K., Faße, A. & Grote, U. (2017). Implications of climate-smart strategy adoption by farm households for food security in Tanzania. *Food Security*, 9(6), 1203-1218. <https://doi.org/10.1007/s12571-017-0694-y>.
17. Chandio, A. A., Ozturk, I., Akram, W., Ahmad, F. & Mirani, A. A. (2020). Empirical analysis of climate change factors affecting cereal yield: evidence from Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(11), 11944-11957. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07739-y>.
18. Cochran, W.G. (1977). *Sampling Techniques*. New York: Wiley and Son.
19. Daneshvar, M., & Zibaei, M. (2013). The effects of sprinkler irrigation system on coping with drought in Fars province. *Agricultural Economics*, 6(4), 109-125. [In Persian]
20. De Medeiros Silva, W.K., de Freitas, G.P., Junior, L.M.C., de Almeida Pinto, P.A.L. & Abrahão, R. (2019). Effects of climate change on sugarcane production in the state of Paraíba (Brazil): A panel data approach (1990–2015). *Climatic Change*, 154, 195-209. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02424-7>.
21. Dehbidi, N.K., Zibaei, M. & Tarazkar, M.H. (2022). The effect of climate change and energy shocks on food security in Iran's provinces. *Regional Science Policy & Practice*, 14(2), 417-438. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12517>.
22. Dehinenet, G., Mekonnen, H., Ashenafi, M., Kidoido, M. & GuerneBleich, E. (2014). The impact of dairy technology adoption on small holder dairy farmers livelihoods in selected zones of Amhara and Oromia National Regional States, Ethiopia. *Global Journal of Agricultural Economics and Econometrics*, 2(1), 104-113.
23. Di Falco, S., Veronesi, M. & Yesuf, M. (2011). Does adaptation to climate change provide food security? A micro-perspective from Ethiopia. *American Journal of Agricultural Economics*, 93(3), 829-846. <https://doi.org/10.1093/ajae/aar006>.
24. Elston, J.A., Hofler, R. & Lee, J. (2011). Dividend policy and institutional ownership: Empirical evidence using a propensity score matching estimator. *Journal of Accounting and Finance*, 11(1), 89-102.

25. Engler, A., Jara-Rojas, R. & Bopp, C. (2016). Efficient use of water resources in vineyards: A recursive joint estimation for the adoption of irrigation technology and scheduling. *Water Resources Management*, 30(14), 5369-5383. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1493-5>.
26. Erfanifar, S., Zibaei, M. & Kasraei, M. (2014). Identifying socioeconomic factors affecting the adoption of modern conservation tillage technologies in Darab region (Multinomial Logit model approach). *Journal of Agricultural Economics & Development*, 28(3), 197-203. <https://doi.org/10.22067/jead2.v0i0.26251>. [In Persian]
27. Esfandiari, M., Khalilabad, H.R.M., Boshraadi, H.M. & Mehrjerdi, M.R.Z. (2020). Factors influencing the use of adaptation strategies to climate change in paddy lands of Kamfiruz, Iran. *Land Use Policy*, 95, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104628>.
28. FAO. (2018). The state of food security and nutrition in the World 2018. Available at: <https://www.fao.org/price-index/> (Retrieved at: 20 Nov 2021).
29. Fetene, M., & Kedir, A. (2024). Irrigation interventions and food security in the case of Ethiopia's East Hararghe lowlands. *Journal of Business and Economic Options*, 7(1), 39-47.
30. Gebre, G.G., Amekawa, Y. & Fikadu, A.A. (2023). Farmers' use of climate change adaptation strategies and their impacts on food security in Kenya. *Climate Risk Management*, 40, 100495. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2023.100495>.
31. Gebre, G.G., Ashebir, A. & Legesse, T. (2023). Impact of income diversification on rural household food security in Ethiopia. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 15(7), 913-922.
32. Gebrehiwot, H. (2016). The effects of environmental degradation on human security: The case of Erob Wereda, Eastern Tigray Zone Regional State, Ethiopia. Doctoral dissertation, Addis Ababa University, Ethiopia.
33. Getachew, Y., Jaleta, M. & Gebremedihin, B. (2011). Impact of input and output market development interventions on input use and net income of households in Ethiopia. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 2(9), 22-33.
34. Huang, S., Wortmann, M., Duethmann, D., Menz, C., Shi, F., Zhao, C., Su, B. & Krysanova, V. (2018). Adaptation strategies of agriculture and water management to climate change in the Upper Tarim River basin, NW China. *Agricultural Water Management*, 203, 207-224. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.03.004>.

35. Jabbar, A., Wu, Q., Peng, J., Zhang, J., Imran, A. & Yao, L. (2020). Synergies and determinants of sustainable intensification practices in Pakistani agriculture. *Land*, 9(4), 1-16. <https://doi.org/10.3390/land9040110>.
36. Jahangirpour, D., & Zibaei, M. (2022). Cropping pattern optimization in the context of climate-smart agriculture: A case study for Doroodzan irrigation network-iran. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 35(4), 407-422. <https://doi.org/10.22067/jead.2021.73325.1095>.
37. Jha, C.K., & Gupta, V. (2021). Farmer's perception and factors determining the adaptation decisions to cope with climate change: An evidence from rural India. *Environmental and Sustainability Indicators*, 10, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100112>.
38. Kangmennaang, J., Kerr, R.B., Lupafya, E., Dakishoni, L., Katundu, M. & Luginaah, I. (2017). Impact of a participatory agroecological development project on household wealth and food security in Malawi. *Food Security*, 9(3), 561-576. <https://doi.org/10.1007/s12571-017-0669-z>.
39. Kassie, M., Teklewold, H., Jaleta, M., Marennya, P. & Erenstein, O. (2015). Understanding the adoption of a portfolio of sustainable intensification practices in Eastern and Southern Africa. *Land Use Policy*, 42, 400-411. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.08.016>.
40. Keshavarz, M., & Ejtemaei, B. (2022). Quantity and quality of irrigation water and its effects on the agricultural productivity and sustainability of rural settlements (Case study: Firouzabad plain). *Village and Development*, 25(1), 129-160. <https://doi.org/10.30490/rvt.2021.351733.1271>. [In Persian]
41. Keshavarzi, A., & Nabavi, S.H. (2007). Dominant discharge in the Kor River, upstream of Dorodzan dam, Fars Province, Iran, *Trends in Applied Sciences Research*, 2, 158-164.
42. Khan, N.A., Shah, A.A., Chowdhury, A., Wang, L., Alotaibi, B.A. & Muzamil, M.R. (2024). Rural households' livelihood adaptation strategies in the face of changing climate: A case study from Pakistan. *Heliyon*, 10(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28003>.
43. Khanal, U., & Wilson, C. (2019). Derivation of a climate change adaptation index and assessing determinants and barriers to adaptation among farming households in Nepal. *Environmental Science and Policy*, 101, 156-165. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.08.006>.
44. Kiani, T., Ramesht, M.H., Maleki, A. & Safakish, F. (2017). Analyzing the impacts of climate change on water level fluctuations of Tashk and Bakhtegan Lakes and its role in environmental sustainability. *Open Journal of Ecology*, 7(2), 158-178. <https://doi.org/10.4236/oje.2017.72012>.
45. Kurukulasuriya, P., Mendelsohn, R., Hassan, R., Benhin, J., Deressa, T., Dip, M., Fosu, K.Y., Jain, S., Mano, R., Molua, E., Ouda, S., Sene, I., Seo,



- S.N. & Dinar, A. (2006). Will African agriculture survive climate change? *World Bank Economic Review*, 20(3), 67-88. <https://doi.org/10.1093/wber/lhl004>.
46. Li, S., Juhász-Horváth, L., Pintér, L., Rounsevell, M.D. & Harrison, P.A. (2018). Modelling regional cropping patterns under scenarios of climate and socio-economic change in Hungary. *Science of the Total Environment*, 622, 1611-1620. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.038>.
47. Mango, N., Siziba, S. & Makate, C. (2017). The impact of adoption of conservation agriculture on smallholder farmers' food security in semi-arid zones of Southern Africa. *Agriculture & Food Security*, 6(1), 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0109-5>.
48. Mariano, M.J., Villano, R. & Fleming, E. (2012). Factors influencing farmers' adoption of modern rice technologies and good management practices in the Philippines. *Agricultural Systems*, 110, 41-53. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.03.010>.
49. Mersha, F., Haji, J., Emana, B. & Mehare, A. (2024). Choices of adaptation strategies to climate variability and its determinants: Evidence from farm households of Benishangul Gumuz Regional State, Western Ethiopia. *International Journal of Sustainable Development Research*, 12(1), 56-64. <https://doi.org/10.11648/j.ijdsr.20241002.12>.
50. Motalebani, S., Zibaei, M. & Shekh Zenoldin, A. (2020). Socio-economic factors influencing the adoption of conservation tillage technology. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 51(1), 33-49. <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2019.281165.668752>. [In Persian]
51. Mulugeta, M., Tiruneh, G. & Alemu, Z.A. (2018). Magnitude and associated factors of household food insecurity in Fedis Woreda East Hararghe zone, Oromia region, Ethiopia. *Agriculture & Food Security*, 7(3), 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0140-6>.
52. Nonvide, G.M.A. (2018). Irrigation adoption: A potential avenue for reducing food insecurity among rice farmers in Benin. *Water Resources and Economics*, 24, 40-52. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2018.05.002>.
53. Ochieng, J., Kirimi, L. & Makau, J. (2017). Adapting to climate variability and change in rural Kenya: farmer perceptions, strategies and climate trends. *Natural Resources Forum*, 41(4), 195-208. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12111>.
54. Okoronkwo, D.J., Ozioko, R.I., Ugwoke, R.U., Nwagbo, U.V., Nwobodo, C., Ugwu, C.H. & Mbah, E. C. (2024). Climate smart agriculture? Adaptation strategies of traditional agriculture to climate change in sub-Saharan Africa. *Frontiers in Climate*, 6, 1272320. <https://doi.org/10.3389/fclim.2024.1272320>.

55. Pokhrel, B.K., Paudel, K.P. & Segarra, E. (2018). Factors affecting the choice, intensity, and allocation of irrigation technologies by US Cotton farmers. *Water*, 10(6), 1-12. <https://doi.org/10.3390/w10060706>.
56. Rahman, S., & Daniel Chima, C. (2015). Determinants of modern technology adoption in multiple food crops in Nigeria: A multivariate probit approach. *International Journal of Agricultural Management*, 4(3), 100-109. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.262367>.
57. Rastgoo, H., Abbasi, E. & Bijani, M. (2024). Analysis of agricultural insurance vulnerability in the face of natural disasters: Insights from Iran. *Environmental and Sustainability Indicators*, 23, 100429. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2024.100429>.
58. Ruzankin, P.S. (2020). A fast algorithm for maximal propensity score matching. *Methodology and Computing in Applied Probability*, 22(2), 477-495. <https://doi.org/10.1007/s11009-019-09718-4>.
59. Salazar, C., & Rand, J. (2016). Production risk and adoption of irrigation technology: evidence from small-scale farmers in Chile. *Latin American Economic Review*, 25(1), 1-37. <https://doi.org/10.1007/s40503-016-0032-3>.
60. Sileshi, M., Kadigi, R., Mutabazi, K. & Sieber, S. (2019). Impact of soil and water conservation practices on household vulnerability to food insecurity in Eastern Ethiopia: Endogenous switching regression and propensity score matching approach. *Food Security*, 11(4), 797-815. <https://doi.org/10.1007/s12571-019-00943-w>.
61. Sisay, K. (2024). Impact of irrigated agriculture on households' income and food security: Evidence from the south-west region of Ethiopia. *Irrigation and Drainage*, 73(2), 676-693. <https://doi.org/10.1002/ird.2898>.
62. SSCC. (2019). Propensity Score Matching in Stata using teffects. University of Wisconsin –Madison, Available at: <https://www.ssc.wisc.edu/sscc/pubs/> (Retrieved at: 29 Nov 2021).
63. Staffa, S.J., & Zurakowski, D. (2018). Five steps to successfully implement and evaluate propensity score matching in clinical research studies. *Anesthesia & Analgesia*, 127(4), 1066-1073. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002787>.
64. Tarazkar, M.H., Kargar Dehbidi, N. & Shokoohi, Z. (2018). Estimating the ecological footprint of agricultural production in D-8 Islamic countries. *Environmental Sciences*, 16(4), 17-32. [In Persian]
65. Uddin, M.N., Bokelmann, W. & Entsminger, J.S. (2014). Factors affecting farmers' adaptation strategies to environmental degradation and climate change effects: A farm level study in Bangladesh. *Climate*, 2(4), 223-241. <https://doi.org/10.3390/cli2040223>.

66. Van den Putte, A., Govers, G., Diels, J., Gillijns, K. & Demuzere, M. (2010). Assessing the effect of soil tillage on crop growth: A meta-regression analysis on European crop yields under conservation agriculture. *European Journal of Agronomy*, 33(3), 231-241. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.05.008>.
67. Woods, B.A., Nielsen, H.Ø., Pedersen, A.B. & Kristofersson, D. (2017). Farmers' perceptions of climate change and their likely responses in Danish agriculture. *Land Use Policy*, 65, 109-120. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.04.007>.
68. Wossen, T., Berger, T., Haile, M.G. & Troost, C. (2018). Impacts of climate variability and food price volatility on household income and food security of farm households in East and West Africa. *Agricultural Systems*, 163, 7-15. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.02.006>.

