

Document Type

Applied Research Article

پژوهشی کاربردی

نوع مقاله

Economic-Demographic Analysis of Water-Stress-Induced Migration in Iran and Its Consequences for Food Security

M. Kamali

Assistant Professor, Department of Economics, Qe.C, Islamic Azad University, Qeshm, Iran.

Email: mahdi.kamali@iau.ac.ir

Received 03-12-2025
Revised 27-01-2026
Accepted 21-02-2026
Available online 15-06-2026

Abstract

The water crisis in arid and semi-arid countries such as Iran has transcended a mere environmental challenge to become a complex socio-economic issue, influencing demographic patterns and national security. This study aims to analyze the causal relationship between the water crisis and internal migration (2011-2023) and to quantify its impact on food security, employing an applied, descriptive-analytical method using panel data from 31 provinces. Data were collected from official and satellite sources and analyzed using panel econometric methods and spatial analysis. The findings reveal a significant, positive, and escalating causal relationship between excessive groundwater extraction and out-migration from agriculture-dependent provinces. On average, each increase of one million cubic meters in groundwater withdrawal adds 0.05% to net population outflows. The number of provinces caught in the vicious "water-migration" cycle has increased, and the cultivated area under strategic crops has declined by more than 20% in some regions. The migration pattern exhibits positive spatial autocorrelation; out-migration from a crisis-stricken province intensifies migration to neighboring provinces. Spatial analysis identifies the provinces of Isfahan, Kerman, Razavi Khorasan, Yazd, and Fars as hotspots of compounded crisis (critical origins), while Tehran, Alborz, Gilan, and Mazandaran are identified as primary migration destinations. Consequently, the water crisis has evolved into a "multi-dimensional security crisis" threatening water security, food production capacity, demographic stability, and territorial balance. Formulating a "National Strategic Document on Water, Food, and Population" centered on integrated governance, land-use planning based on water carrying capacity, and the development of low-water-dependent economies is essential. The main limitation of this study is its reliance on macro-level secondary data and the use of proxy indicators to measure the complexities of food security.

Keywords: Water Stress, Environmental Migration, Food Security, Panel Data, Causality, Iran.

تحلیل اقتصادی-جمعیتی مهاجرت ناشی از تنش آبی در ایران و پیامدهای آن بر امنیت غذایی

مهدی کمالی

استادیار، گروه اقتصاد، واحد قشم، دانشگاه آزاد اسلامی، قشم، ایران.

رایانامه: mahdi.kamali@iau.ac.ir

تاریخ دریافت ۱۴۰۴/۰۹/۱۲
تاریخ بازنگری ۱۴۰۴/۱۱/۰۷
تاریخ پذیرش ۱۴۰۴/۱۲/۰۲
تاریخ انتشار ۱۴۰۵/۰۳/۲۵

چکیده

بحران آب در کشورهای خشک و نیمه‌خشک مانند ایران، فراتر از یک چالش محیط‌زیستی، به مسئله‌ای اقتصادی-اجتماعی پیچیده تبدیل شده که الگوهای جمعیتی و امنیت ملی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این پژوهش با هدف تحلیل رابطه علی بین بحران آب و مهاجرت داخلی (۱۳۹۰-۱۴۰۲) و کمی‌سازی تأثیر آن بر امنیت غذایی، به روش کاربردی و توصیفی-تحلیلی با استفاده از داده‌های پانل ۳۱ استان انجام شده است. داده‌ها از منابع رسمی و ماهواره‌ای گردآوری و با روش‌های اقتصادسنجی پانل و تحلیل فضایی بررسی شدند. یافته‌ها نشان می‌دهد رابطه علی معنادار و فزاینده‌ای بین برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی و خروج مهاجران از استان‌های کشاورزمحور وجود دارد. به‌طور متوسط هر یک میلیون مترمکعب افزایش برداشت، ۰/۰۵ درصد بر خروج خالص جمعیت می‌افزاید. شمار استان‌های درگیر در چرخه معیوب «آب-مهاجرت» افزایش یافته و سطح زیرکشت محصولات راهبردی در برخی مناطق بیش از ۲۰٪ کاهش یافته است. الگوی مهاجرت از خودهمبستگی فضایی مثبت برخوردار است؛ خروج از یک استان بحرانی، مهاجرت به استان‌های همجوار را تشدید می‌کند. تحلیل فضایی، استان‌های اصفهان، کرمان، خراسان رضوی، یزد و فارس را به‌عنوان کانون‌های بحران انباشته (مبدأ بحرانی) و استان‌های تهران، البرز، گیلان و مازندران را به‌عنوان مقاصد اصلی مهاجرت شناسایی نمود. در نتیجه، بحران آب به یک «بحران امنیتی چندبعدی» تبدیل شده که امنیت آبی، ظرفیت تولید غذا، ثبات جمعیتی و تعادل سرزمینی را تهدید می‌کند. تدوین «سند راهبردی ملی آب، غذا و جمعیت» با محوریت حکمرانی یکپارچه، آمایش سرزمین مبتنی بر ظرفیت آبی و توسعه اقتصادهای کم‌آب‌بر ضروری است. محدودیت اصلی پژوهش، اتکا به داده‌های ثانویه کلان و استفاده از شاخص‌های پراکسی برای سنجش پیچیدگی‌های امنیت غذایی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، مهاجرت محیط‌زیستی، امنیت غذایی، داده‌های پانل، رابطه علی، ایران.

How to cite this article:

Kamali, M. (2026). Economic-Demographic Analysis of Water-Stress-Induced Migration in Iran and Its Consequences for Food Security. Journal of Water and Sustainable Development, 13(1), 105-118. <https://doi.org/10.22067/jwsd.v13i1.2512-1476>

اهداف پژوهش:

- ۱- تحلیل رابطه کمی و علی بین بحران آب و مهاجرت داخلی در ایران و تبعات آن بر امنیت غذایی با استفاده از داده‌های پانل استانی.
- ۲- شناسایی و رتبه‌بندی استان‌های «بحرانی» از نظر ریسک مهاجرت ناشی از کم‌آبی و تخریب سرمایه طبیعی.
- ۳- سنجش و کمی‌سازی تأثیر مهاجرت بر تغییر الگوی تولید و سطح زیرکشت محصولات استراتژیک کشاورزی.
- ۴- ارائه راهکارهای سیاستی مبتنی بر شواهد، منطقه‌بندی‌شده و عملیاتی برای مدیریت یکپارچه این چالش.

نوآوری اصلی پژوهش حاضر در تلفیق روش‌شناسی (اقتصادسنجی پانل، تحلیل فضایی و تحلیل مسیر) برای بررسی یک چارچوب مفهومی توسعه‌یافته از نکسوس «آب-مهاجرت-امنیت غذایی» در مقیاس ملی و با جدیدترین داده‌هاست. یافته‌های این پژوهش می‌تواند به سیاست‌گذاران در سطوح ملی و منطقه‌ای برای تدوین راهبردهای مؤثر در مدیریت منابع آب، توسعه منطقه‌ای متوازن، و حفظ امنیت غذایی کشور کمک شایانی نماید.

سؤال اصلی پژوهش

با وجود درک کلی از وجود رابطه بین بحران آب و مهاجرت، شکاف دانشی مهمی در درک کمی، علی و پویای این رابطه در مقیاس ملی و با داده‌های به‌روز وجود دارد. همچنین، پیامدهای ثانویه این زنجیره، به‌ویژه بر امنیت غذایی - که ستون اصلی امنیت ملی و توسعه پایدار است - به اندازه کافی مورد تحلیل نظام‌مند قرار نگرفته است. بنابراین، این پژوهش در پی پاسخ به این سؤال اصلی است: آیا رابطه آماری و علی معنی‌داری بین شاخص‌های تنش آبی و الگوهای مهاجرت داخلی در استان‌های ایران در دوره ۱۳۹۰-۱۴۰۲ وجود دارد و این رابطه چه تأثیری بر شاخص‌های کلان اقتصادی و به‌طور خاص، امنیت غذایی کشور داشته است؟

اهداف تحقیق

هدف اصلی:

تحلیل رابطه کمی و علی بین بحران آب و مهاجرت داخلی در ایران و تبعات آن بر امنیت غذایی با استفاده از داده‌های پانل استانی در دوره ۱۳۹۰-۱۴۰۲.

اهداف فرعی:

- ۱- شناسایی و رتبه‌بندی استان‌های بحرانی از نظر ریسک مهاجرت ناشی از کم‌آبی و تخریب سرمایه طبیعی.
- ۲- سنجش و کمی‌سازی تأثیر مهاجرت بر تغییر الگوی تولید و سطح زیرکشت محصولات استراتژیک کشاورزی.

ایران در دهه‌های اخیر با چالش‌های پیچیده‌ای در حوزه محیط زیست، اقتصاد و جامعه مواجه بوده است که در میان آنها، بحران آب به عنوان یکی از جدی‌ترین و چندبعدی‌ترین تهدیدها، پایداری توسعه را در ابعاد گوناگون تحت تأثیر قرار داده است. موقعیت جغرافیایی ایران در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، همراه با مدیریت ناپایدار منابع آب، منجر به تشدید بی‌سابقه‌ای در افت سطح آب‌های زیرزمینی، خشک‌شدن تالاب‌ها و رودخانه‌ها و کاهش کیفیت منابع آبی باقی‌مانده شده است.

این بحران محیط‌زیستی، پیامدهای گسترده‌ای در سطوح اقتصادی و اجتماعی به همراه داشته است. بخش کشاورزی که سهم مهمی در اشتغال و تأمین غذای کشور دارد، به شدت تحت تأثیر کمبود آب قرار گرفته و کاهش بهره‌وری و درآمد کشاورزان را در پی داشته است. این وضعیت، به ویژه در استان‌های با وابستگی بالا به کشاورزی، منجر به کاهش چشمگیر تاب‌آوری اقتصادی خانوارهای روستایی و تغییر در الگوهای معیشتی شده است.

یکی از قابل توجه‌ترین پیامدهای این روند، تغییر در الگوهای مهاجرت داخلی است. مشاهدات میدانی و گزارش‌های رسمی نشان می‌دهند استان‌هایی که با شدیدترین بحران‌های آبی مواجه هستند، همزمان با نرخ بالای خروج جمعیت، به ویژه نیروی کار جوان و فعال، روبرو شده‌اند. این پدیده یک چرخه معیوب ایجاد کرده است: بحران آب منجر به کاهش درآمد کشاورزی و فرصت‌های شغلی می‌شود، که به نوبه خود مهاجرت را تشویق می‌کند، و مهاجرت نیز از طریق کاهش نیروی کار موجود، ظرفیت تولید کشاورزی را بیشتر تضعیف می‌کند.

پیامد نهایی این چرخه، تهدید امنیت غذایی در سطح ملی است. کاهش نیروی کار در مناطق کشاورزی همراه با محدودیت منابع آبی، تولید محصولات استراتژیک مانند گندم و جو را با چالش مواجه ساخته و وابستگی کشور به واردات مواد غذایی را افزایش داده است. این وضعیت، آسیب‌پذیری سیستم غذایی کشور را در برابر شوک‌های بیرونی و نوسانات قیمت جهانی افزایش می‌دهد.

با وجود اهمیت این موضوع، مطالعات اندکی به بررسی نظام‌مند رابطه علی بین بحران آب، مهاجرت داخلی و امنیت غذایی در ایران با استفاده از داده‌های به‌روز و روش‌شناسی‌های پیشرفته پرداخته است. این پژوهش با تمرکز بر دوره ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۲ و با استفاده از داده‌های سطح استان، در پی پر کردن این شکاف پژوهشی است. سؤال اصلی این تحقیق آن است که آیا رابطه علی معناداری بین شاخص‌های تنش آبی و الگوهای مهاجرت داخلی در استان‌های ایران وجود دارد و این رابطه چه تأثیری بر شاخص‌های کلان اقتصادی و ظرفیت تولید غذا داشته است؟

۳-ارائه راهکارهای سیاستی مبتنی بر شواهد، منطقه‌بندی‌شده و عملیاتی برای مدیریت یکپارچه این چالش در سطوح کلان، منطقه‌ای و محلی.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۱-مهاجرت‌های محیط‌زیستی: چارچوب‌های نظری نوین مهاجرت ناشی از عوامل محیط‌زیستی در ادبیات علمی معاصر به عنوان یکی از پیامدهای مهم تغییرات محیطی مورد توجه قرار گرفته است. بر اساس چارچوب نظری (Hunter و همکاران، ۲۰۱۵) مهاجرت محیط‌زیستی به طیفی از جابه‌جایی‌های جمعیتی گفته می‌شود که در اثر تغییرات تدریجی یا ناگهانی محیط زیست رخ می‌دهد. این تغییرات می‌توانند شامل رویدادهای کوتاه‌مدت (سیل، طوفان) یا فرآیندهای بلندمدت (خشکسالی، بیابان‌زایی، فرونشست زمین) باشند.

نظریه تاب‌آوری اجتماعی-اکولوژیک که توسط (Folke و همکاران، ۲۰۲۱) توسعه یافته، تأکید می‌کند که سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک در مواجهه با شوک‌های محیطی، بر اساس سطح تاب‌آوری خود پاسخ‌های متفاوتی نشان می‌دهند. در این چارچوب، مهاجرت می‌تواند هم به عنوان نشانه‌ای از شکست تاب‌آوری و هم به عنوان راهبرد انطباقی در نظر گرفته شود.

چارچوب مهاجرت به عنوان انطباقی که توسط (Hoffmann و همکاران، ۲۰۲۰) مطرح شده، نشان می‌دهد مهاجرت می‌تواند یک راهبرد فعال برای کاهش آسیب‌پذیری در برابر تغییرات

محیطی باشد. این دیدگاه، مهاجرت را نه صرفاً یک شکست، بلکه یک پاسخ منطقی به فشارهای محیطی می‌داند.

۲- اقتصاد محیط‌زیست و حکمرانی منابع آب از منظر اقتصادی، بحران آب را می‌توان ناشی از شکست‌های چندگانه بازار و حکمرانی دانست. نظریه اقتصاد سیاسی منابع آب که توسط (Meinzen-Dick و Zwarteveen، ۱۹۹۸) توسعه یافته، بر نقش نهادهای قدرت و روابط اجتماعی در مدیریت منابع آب تأکید می‌کند.

مدل تراژدی منابع مشترک که توسط (Herzberg، ۲۰۲۰) بازبینی شده، نشان می‌دهد مدیریت پایدار منابع مشترک نه تنها ممکن است، بلکه در جوامع با نهادهای محلی قوی به طور مکرر مشاهده می‌شود. این دیدگاه، راهکارهای مبتنی بر مشارکت ذی‌نفعان را برای مدیریت منابع آب پیشنهاد می‌کند.

نظریه سرمایه طبیعی در نسخه به‌روز شده (Helm، ۲۰۱۵) آب را به عنوان یک دارایی طبیعی حیاتی معرفی می‌کند که ارائه خدمات اکوسیستمی را ممکن می‌سازد. بر این اساس، استهلاک سرمایه آبی نه تنها درآمد جاری، بلکه توانایی تولید درآمدهای آینده را نیز از بین می‌برد.

۳- پیوند امنیت آب، غذا و جمعیت: چارچوب نکسوس توسعه‌یافته

مفهوم نکسوس آب-انرژی-غذا-اکوسیستم که توسط (Liu و همکاران، ۲۰۱۸) توسعه یافته، چارچوب نظری جامعی برای درک ارتباطات سیستمیک بین این حوزه‌ها ارائه می‌دهد. در این پژوهش، در جدول (۱) این چارچوب با افزودن بعد جمعیت و سرمایه اجتماعی بسط داده می‌شود.

جدول ۱- ابعاد چارچوب نکسوس توسعه‌یافته (Liu و همکاران، ۲۰۱۸ و Hoff، ۲۰۲۳)

بعد	نقش در سیستم	شاخص‌های کلیدی
آب	منبع پایه	حجم برداشت، کیفیت آب، تعادل آب‌های زیرزمینی
انرژی	عامل تبدیل	مصرف انرژی در بخش کشاورزی، دسترسی به انرژی پاک
غذا	خروجی سیستم	امنیت غذایی، الگوی کشت، بهره‌وری آب
جمعیت	نیروی انسانی	تحرك جمعیتی، ساختار سنی، سرمایه انسانی
اکوسیستم	بستر خدمات	سلامت اکوسیستم، خدمات تنظیمی
نهادهای	تنظیم‌گر	کیفیت حکمرانی، مشارکت ذی‌نفعان

است که خشکسالی‌های اقلیمی محرک اصلی مهاجرت هستند، نه مدیریت منابع آب:

(Gray و Mueller، ۲۰۱۲) در مطالعه‌ای کلاسیک در بنگلادش، با تحلیل داده‌های ۸۰۰۰ خانوار، نشان دادند که کاهش ۱۰٪ در بارش سالانه، احتمال (مهاجرت موقت را ۱۵٪ افزایش می‌دهد. اما این مطالعه برداشت آب زیرزمینی را به‌عنوان متغیر کنترل وارد مدل نکرد، چراکه در دلتای گنگ برهماپوترا آب‌های سطحی غالب هستند و آب‌های زیرزمینی نقش ثانویه دارند برخلاف شرایط ایران که ۹۰٪ آب کشاورزی از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود.

پیشینه پژوهش

مطالعات بین‌المللی

ادبیات جهانی در حوزه مهاجرت‌های مرتبط با آب را می‌توان در سه جریان نظری اصلی دسته‌بندی کرد که هر کدام با محدودیت‌های زمینه‌ای خاصی در تعمیم به شرایط ایران مواجه هستند:

۱- رویکرد تغییرات اقلیمی به‌عنوان محرک اولیه

این جریان که بیشتر در کشورهای در حال توسعه آسیای جنوبی و آفریقا مورد آزمون قرار گرفته، بر این فرض استوار

Nawrotzki و همکاران (۲۰۱۶) با تحلیل پانل ۱۵ کشور آفریقایی، رابطه معکوس بین شاخص خشکسالی و مهاجرت شهری را تأیید کردند. اما محدودیت اصلی این مطالعه، فقدان تفکیک بین مهاجرت‌های داوطلبانه و اجباری بود؛ در حالی که در ایران، مهاجرت‌های ناشی از بحران آب بیشتر اجباری و غیرقابل بازگشت هستند. محدودیت زمینه‌ای برای ایران: این رویکردها بر تغییرات اقلیمی تمرکز دارند، در حالی که مطالعات داخلی (مانند یافته‌های این پژوهش) نشان می‌دهند در ایران، مدیریت ناپایدار آب (نه صرفاً خشکسالی) نقش تعیین‌کننده‌تری دارد همان‌طور که در نتایج این مقاله آمده: متغیرهای تغییرات ذخیره آب کل و شاخص خشکسالی از نظر آماری معنادار نبودند، در حالی که برداشت آب زیرزمینی معنادار بود.

۲- رویکرد اقتصاد سیاسی آب

این جریان که بیشتر در آمریکای لاتین و آفریقای جنوبی توسعه یافته، بر نابرابری دسترسی به آب و نقش قدرت در تخصیص منابع تمرکز دارد (Andersen و Paerregaard, ۲۰۱۹). این مطالعه با رویکردی قوم‌نگارانه، نشان می‌دهد که تخصیص و دسترسی به آب در پرو نه صرفاً یک مسئله فنی یا کمبود فیزیکی، بلکه محصول روابط پیچیده قدرت، نهادها و منافع اقتصادی متضاد است. به‌ویژه، پژوهش‌های این مجموعه بر چگونگی تأثیر قانون آب پرو در سال ۲۰۰۹ بر تعاملات بین دولت، شرکت‌های بزرگ (مانند معدن و کشاورزی صنعتی) و جوامع محلی تمرکز دارد و آشکار می‌سازد که چگونه سیاست‌های نئولیبرالی و تلاش برای کالایی‌سازی آب، تنش‌های اجتماعی را در مناطق خشک و نیمه‌خشک تشدید کرده است. این یافته با شرایط برخی دشت‌های ایران (مانند دشت‌های کرمان و یزد) هم‌خوانی دارد، اما تفاوت ساختاری اساسی وجود دارد: در پرو، سیستم‌های آبیاری سنتی (مای‌مای) هنوز فعال هستند و می‌توانند به‌عنوان مکانیسم تعدیل عمل کنند، در حالی که در ایران، سیستم‌های سنتی (قنات‌ها) به‌طور گسترده فروپاشیده‌اند و جایگزینی برای آن‌ها وجود ندارد.

Sultana (۲۰۱۱) در بنگلادش، مفهوم آب به‌عنوان ابزار قدرت را تحلیل کرد و نشان داد مهاجرت‌های زنان به‌طور خاص تحت تأثیر کنترل مردان (بر منابع آب قرار می‌گیرد. این بُعد جنسیتی در مطالعات ایرانی تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته است و می‌تواند زمینه‌ای برای پژوهش‌های آینده باشد. محدودیت زمینه‌ای برای ایران: این رویکردها بر نابرابری دسترسی تمرکز دارند، در حالی که در ایران، کمبود مطلق آب (نه صرفاً نابرابری توزیع) در بسیاری از دشت‌ها به‌عنوان مسئله اولیه شناسایی شده است همان‌طور که در این مقاله گزارش شده: افت سطح آب‌های زیرزمینی در برخی دشت‌های مرکزی به بیش از ۲ متر در سال رسیده است. Abel و همکاران (۲۰۱۹) بیان کردند، این مطالعه به تعداد فزاینده‌ای از گزارش‌های رسانه‌ای تلاش می‌کنند تا تغییرات

اقلیمی را به درگیری‌های خشونت‌آمیز جاری در سوریه و سایر نقاط جهان و همچنین به بحران مهاجرت در اروپا مرتبط کنند. با استفاده از داده‌های دوجانبه در مورد درخواست‌های پناهندگی برای ۱۵۷ کشور در دوره ۲۰۰۶-۲۰۱۵، ما عوامل تعیین‌کننده جریان پناهندگان را با استفاده از یک مدل جاذبه که انتخاب درون‌زا را در نظر می‌گیرد، ارزیابی می‌کند تا ارتباط علی بین آب و هوا، درگیری و مهاجرت اجباری را بررسی کند. نتایج نشان می‌دهد شرایط آب و هوایی، با تأثیر بر شدت خشکسالی و احتمال درگیری مسلحانه، نقش مهمی به عنوان یک عامل توضیحی برای پناهندگی در دوره ۲۰۱۱-۲۰۱۵ ایفا کرده‌اند. تأثیر آب و هوا بر وقوع درگیری به ویژه برای کشورهای غرب آسیا در دوره ۲۰۱۰-۲۰۱۲، زمانی که بسیاری از کشورها دستخوش تحول سیاسی بودند، مرتبط است. این یافته نشان می‌دهد که تأثیر آب و هوا بر جریان‌های درگیری و پناهندگی به دوره زمانی و زمینه‌های خاص محدود می‌شود.

۳- رویکرد امنیت غذایی به‌عنوان پیامد ثانویه

این جریان که بیشتر در چین و هند مورد بررسی قرار گرفته، بر این فرض استوار است که مهاجرت‌های روستایی پیامدهای غیرمستقیمی بر امنیت غذایی ملی دارند: Li و همکاران (۲۰۲۴) در چین، با تحلیل داده‌های ۳۰ استان، نشان دادند که مهاجرت نیروی کار روستایی، تولید برنج را در کوتاه‌مدت ۵-۷٪ کاهش می‌دهد، اما این کاهش با افزایش بهره‌وری (به دلیل مکانیزاسیون) در بلندمدت جبران می‌شود. تفاوت بنیادین با ایران این است که چین دارای سیاست‌های هدفمند مکانیزاسیون جایگزین است، در حالی که در ایران، زمین‌های رهاشده بیشتر به‌صورت بایر باقی می‌مانند و مکانیزاسیون جایگزینی برای نیروی کار مهاجرت کرده ندارد. Murugan و همکاران (۲۰۲۶) در هند، مهاجرت عمدتاً توسط عوامل دافعه مانند دستمزد پایین کشاورزی، بیکاری فصلی و افزایش هزینه‌های خانوار و عوامل جاذبه مانند فرصت‌های شغلی بهتر، دستمزد بالاتر و افزایش روزهای کاری در مقاصد مهاجرت، انگیزه می‌گیرد. نتایج همچنین نشان می‌دهد که مهاجرت به‌طور قابل توجهی ثبات اشتغال را در بین خانوارهای کشاورزی بهبود بخشیده و به حل بدهی خانوارها کمک کرده است.

Kumar و Mishra (۲۰۲۲) در هند، با استفاده از مدل تعادل عمومی، نشان دادند که کاهش ۲۰٪ در نیروی کار کشاورزی، واردات گندم را ۱۲٪ افزایش می‌دهد. اما این مطالعه برداشت آب را به‌عنوان متغیر واسطه‌ای وارد زنجیره علّی نکرد در حالی که در ایران، برداشت آب زیرزمینی هم‌زمان هم علت مهاجرت و هم عامل کاهش بهره‌وری آبی است.

شکاف پژوهشی کلیدی: هیچ‌یک از مطالعات بین‌المللی تاکنون زنجیره علّی سه‌گانه «برداشت آب زیرزمینی → مهاجرت نیروی کار → کاهش تولید محصولات استراتژیک» را در یک چارچوب یکپارچه و با کنترل اثرات سیاست‌های ملی

(مانند یارانه‌های آب و برق) تحلیل نکرده‌اند. این شکاف، نوآوری اصلی پژوهش حاضر را تبیین می‌کند.

مطالعات داخلی

مطالعات داخلی در زمینه مهاجرت‌های محیط‌زیستی را می‌توان به سه دوره تقسیم کرد:

۱- دوره اول (۱۳۸۰-۱۳۹۰): مطالعات اکتشافی

در این دوره، پژوهش‌ها بیشتر ماهیتی کیفی و موردی داشتند و بر توصیف پدیده مهاجرت در دشت‌های بحرانی متمرکز بودند. از جمله مطالعات برجسته: دشتی و همکاران (۱۴۰۱) در این مطالعه از مدل‌سازی برای ارزیابی سناریوهای مدیریت منابع آب و تغییر اقلیم بر شاخص‌های پایداری کشاورزی استفاده کرده است. دادآفرید و همکاران (۱۴۰۴) که به بررسی تخریب منابع آب زیرزمینی (خشکسالی هیدرولوژیک) ناشی از عوامل اقلیمی و انسانی می‌پردازد.

۲- دوره دوم (۱۳۹۱-۱۴۰۰): مطالعات تحلیلی

این دوره با ورود داده‌های پانل استانی و روش‌های اقتصادسنجی ساده همراه بود: اختیاری خواجه و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه موردی استان خراسان رضوی بر پایش خشکسالی متمرکز است، اما با تحلیل فضایی و تأثیر خشکسالی بر مناطق کشاورزی (که محرک مهاجرت است) ارتباط دارد. یورالخاص نوکنده‌بی و همکاران (۱۴۰۲) با تحلیل به‌صورت جامع به معرفی و ارزیابی شاخص‌های خشکسالی می‌پردازد که می‌تواند برای تحلیل فضایی مهاجرت ناشی از خشکسالی مورد استفاده قرار گیرد. اختیاری خواجه و همکاران (۱۳۹۸) برای اولین بار از داده‌های ماهواره‌ای (MODIS) برای پایش سطح زیرکشت و ارتباط آن با مهاجرت استفاده کردند، اما رابطه علی را با روش‌های پیشرفته (مانند اثرات ثابت) آزمون نکردند.

شکاف‌های این دوره: تحلیل‌های بیشتر دوطرفه (آب → مهاجرت) بدون در نظر گرفتن متغیر واسطه‌ای (مانند امنیت غذایی)، استفاده از شاخص‌های ساده‌شده برای تنش آبی، و عدم کنترل اثرات ناشی از سیاست‌های ملی.

۳- دوره سوم (۱۴۰۱-اکنون): مطالعات یکپارچه

در این دوره، پژوهش‌ها به سمت تحلیل‌های چندبعدی و مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده حرکت کرده‌اند: باقری و همکاران (۱۴۰۲) با استفاده از روش دینامیک سیستم‌ها در استان اصفهان، چرخه معیوب «آب → کاهش درآمد → مهاجرت → کاهش نیروی کار → کاهش تولید» را شبیه‌سازی کردند. یافته کلیدی آن‌ها این بود کاهش ۱۰٪ در نیروی کار کشاورزی، تولید گندم را در بلندمدت ۱۵-۲۰٪ کاهش می‌دهد. اما محدودیت اصلی این مطالعه، تمرکز بر یک استان و عدم تعمیم‌پذیری ملی بود. رضائی اعتدالی و همکاران (۱۳۹۱) با برآورد تابع واکنش مهاجرت بر اساس داده‌های ۳۱ استان، نشان دادند حساسیت مهاجرت به شوک‌های آبی در استان‌های با سهم کشاورزی بالاتر از ۲۰٪، سه برابر استان‌های صنعتی‌محور است. این مطالعه برای اولین بار آستانه بحران را در رابطه آب-مهاجرت شناسایی کرد. دشتی و همکاران (۱۴۰۱) از مدل‌سازی برای ارزیابی سناریوهای مدیریت منابع آب و تغییر اقلیم بر شاخص‌های پایداری کشاورزی استفاده کرده که با رویکرد مدل‌سازی CGE می‌باشد. پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۹) با تلفیق داده‌های ماهواره‌ای GRACE و آمار مهاجرت، نشان دادند کاهش ذخیره آب کل (TWS) با تأخیر ۲-۳ ساله بر مهاجرت تأثیر می‌گذارد. در جدول (۲) این یافته بر اهمیت تحلیل‌های پویا در این حوزه تأکید دارد.

جدول ۲- تفاوت‌های زمینه‌ای بین مطالعات بین‌المللی و شرایط ایران

ویژگی زمینه‌ای	مطالعات بین‌المللی رایج	شرایط ایران (بر اساس یافته‌های این پژوهش)	پیامد روش‌شناختی
منبع اصلی آب کشاورزی	آب‌های سطحی (بنگلادش، چین) یا ترکیبی (هند)	آب‌های زیرزمینی (۹۰٪)	نیاز به تمرکز بر شاخص‌های برداشت آب زیرزمینی، نه صرفاً خشکسالی
ساختار مهاجرت	بیشتر موقت و فصلی (کارگران مهاجر)	بیشتر دائمی و غیرقابل بازگشت	نیاز به تحلیل پیامدهای بلندمدت بر امنیت غذایی
مکانیسم تعدیل	سیستم‌های سنتی فعال (پرو) یا مکانیزاسیون جایگزین (چین)	فروپاشی سیستم‌های سنتی (قنات‌ها) بدون جایگزین	عدم امکان جبران کاهش نیروی کار از طریق بهره‌وری
نقش سیاست‌های آب	تمرکز بر تغییرات اقلیمی	تأکید بر مدیریت ناپایدار (حقاب‌های غیرقابل انتقال)	ضرورت کنترل اثرات سیاست‌های ملی در مدل‌سازی

شکاف‌های پژوهشی و نوآوری‌های مطالعه حاضر

الف) شکاف‌های شناسایی شده در ادبیات پژوهش با وجود پیشرفت‌های چشمگیر در مطالعات داخلی حوزه بحران آب و مهاجرت، تحلیل نظام‌مند ادبیات موجود چهار شکاف اساسی را آشکار می‌سازد که مانع درک جامع از پیچیدگی‌های این پدیده شده‌اند:

- ۱- شکاف روش‌شناختی: فقدان مطالعاتی که به‌صورت هم‌زمان از ترکیب روش‌های پیشرفته اقتصادسنجی پانل (برای استنباط علی)، تحلیل فضایی (برای شناسایی الگوهای خوشه‌ای و اثرات همسایگی) و مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده (برای شبیه‌سازی تعاملات غیرخطی) بهره بگیرند. اکثر پژوهش‌های موجود تنها بر یکی از این ابعاد روش‌شناختی متمرکز شده‌اند.
- ۲- شکاف تحلیل چندمقیاسی: کمبود مطالعاتی که توانایی تلفیق تحلیل‌های خرد (سطح خانوار و دشت)، میانه (سطح استان و حوضه آبریز) و کلان (سطح ملی) را داشته باشند.

این شکاف مانع درک چگونگی تبدیل شوک‌های محلی به پیامدهای سیستمیک در سطح ملی شده است.

- ۳- شکاف پویایی زمانی: نادیده گرفتن اثرات تأخیری در زنجیره علی آب-مهاجرت-امنیت غذایی. بسیاری از مطالعات با استفاده از مدل‌های ایستا، نتوانسته‌اند پویایی‌های بلندمدت و واکنش‌های تدریجی سیستم را در پاسخ به شوک‌های آبی شبیه‌سازی کنند.
- ۴- شکاف ارزیابی سیاستی: فقدان چارچوب‌های ارزیابی نظام‌مند برای سنجش اثربخشی سیاست‌های موجود (مانند طرح‌های انتقال آب، یارانه‌های هدفمند یا برنامه‌های آمایش سرزمین) در شکستن چرخه معیوب آب-مهاجرت و تقویت تاب‌آوری مناطق بحرانی.

ب) نوآوری‌های پژوهش حاضر در پر کردن شکاف‌ها در جدول (۳) این پژوهش با هدف پر کردن شکاف‌های فوق، سه دسته نوآوری اساسی را ارائه می‌دهد که هر یک مستقیماً به یکی از شکاف‌های شناسایی‌شده پاسخ می‌دهد:

جدول ۳- شکاف‌های پژوهشی و نوآوری‌های مطالعه حاضر

شکاف پژوهشی	نوآوری پژوهش حاضر	تحقق عملی در این مطالعه
شکاف روش‌شناختی	تلفیق چندروش‌شناختی	۱- به‌کارگیری تخمین‌زننده دریسکول-کری در مدل اثرات ثابت پانل برای استنباط علی قوی‌تر ۲- تحلیل فضایی با آماره موران جهانی و مدل‌های خودبازگشت فضایی (SAR/SEM) برای شناسایی خوشه‌های بحرانی و اثرات همسایگی ۳- تحلیل مسیر برای ترسیم زنجیره‌های علی غیرمستقیم (آب) → درآمد کشاورزی → مهاجرت → امنیت غذایی
شکاف تحلیل چندمقیاسی	چارچوب تحلیلی یکپارچه سه‌لایه	۱- تحلیل کلان: داده‌های پانل ۳۱ استان در بازه ۱۳ ساله (۱۳۹۰-۱۴۰۲) ۲- تحلیل میانه: رتبه‌بندی و تفکیک استان‌ها به سه دسته (مناطق مبدأ بحرانی، مناطق در مرز بحران، مناطق مقصد مهاجرت) ۳- تحلیل خرد: استناد به مطالعات میدانی پیشین در دشت‌های بحرانی (رفسنجان، ورزنه) برای تبیین مکانیسم‌های تصمیم‌گیری مهاجرتی
شکاف پویایی زمانی	تمرکز بر پویایی‌های بلندمدت و اثرات تأخیری	۱- استفاده از داده‌های پانل ۱۳ ساله برای رصد روندهای تدریجی (نه صرفاً لحظه‌ای) ۲- تحلیل حساسیت با حذف سال‌های بحرانی (کووید-۱۹) برای اطمینان از پایداری روابط علی در شرایط مختلف زمانی ۳- تأکید بر ماهیت تدریجی و فزاینده چرخه معیوب آب-مهاجرت در یافته‌ها
شکاف ارزیابی سیاستی	ارائه چارچوب سیاستی طبقه‌بندی‌شده و قابل اجرا	۱- طراحی سه سطح اولویت‌بندی‌شده سیاستی (کوتاه‌مدت: سامانه پایش هوشمند؛ میان‌مدت: سند ملی آب-غذا-جمعیت؛ بلندمدت: بازتخصیص آب و نیروی کار) ۲- ارائه شاخص‌های پایش کمی برای ارزیابی اثربخشی سیاست‌ها (مانند شاخص ترکیبی فشار آب-مهاجرت) ۳- تفکیک منطقه‌ای راهکارها متناسب با ویژگی‌های هر دسته از استان‌ها

جمع‌بندی نوآوری‌ها: این پژوهش با تلفیق روش‌شناختی پیشرفته، توسعه چارچوب مفهومی نکسوس آب-مهاجرت-امنیت غذایی، و ارائه راهکارهای سیاستی منطقه‌بندی‌شده، نه‌تنها شکاف‌های موجود در ادبیات را پر می‌کند، بلکه چارچوبی تحلیلی-کاربردی برای درک و مدیریت چرخه معیوب آب-مهاجرت در ایران ارائه می‌دهد. یافته‌های این

مطالعه با تأکید بر مدیریت ناپایدار آب (نه تنها خشکسالی اقلیمی) به‌عنوان محرک اصلی مهاجرت، دیدگاه جدیدی در تحلیل بحران آب ایران ارائه می‌نماید که پیامدهای مهمی برای طراحی سیاست‌های هدفمند دارد.

نوع پژوهش و طرح کلی

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش گردآوری داده‌ها، توصیفی-تحلیلی از نوع همبستگی و علی است. طرح پژوهش به صورت علی-تطبیقی پس‌رویدادی طراحی شده است، چرا که به بررسی رابطه بین پدیده‌ای که قبلاً رخ داده است (بحران آب) با پیامدهای بعدی آن (مهاجرت و امنیت غذایی) می‌پردازد. رویکرد تحقیق، تلفیقی از روش‌های کمی اقتصادسنجی و تحلیل فضایی و تحلیل مسیر برای استنباط علیت است.

جامعه آماری، واحد مشاهده و دوره زمانی

جامعه آماری: کلیه استان‌های کشور ایران (۳۱ استان).

روش‌ها و ابزار گردآوری داده‌ها

داده‌های مورد نیاز به روش کتابخانه‌ای-اسنادی و از منابع رسمی و معتبر در جدول (۴) گردآوری شدند:

جدول ۴- منابع رسمی و معتبر برای داده‌ها

منبع داده	نوع داده‌های دریافتی
مرکز آمار ایران (۱۴۰۲)	آمار مهاجرت داخلی، تراکم جمعیت، جمعیت پایه، داده‌های اقتصادی-اجتماعی
شرکت مدیریت منابع آب ایران (۱۴۰۲)	حجم برداشت از منابع آب سطحی و زیرزمینی، بیلان آبی
بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (۱۴۰۲)	ارزش افزوده بخش‌های اقتصادی، درآمد سرانه استانی
وزارت جهاد کشاورزی (۱۴۰۲)	سطح زیرکشت محصولات استراتژیک (گندم، جو)، الگوی کشت
سازمان هواشناسی کشور (۱۴۰۲)	شاخص‌های خشکسالی (SPI, SPEI)
داده‌های ماهواره‌ای GRACE/GRACE-FO (۲۰۲۳, NASA)	تغییرات ماهانه ذخیره آب کل (Terrestrial Water Storage) به عنوان پروکسی مستقیم برای پایش فشار بر منابع آب
سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (۲۰۲۳, FAO)	داده‌های مقایسه‌ای بین‌المللی و شاخص‌های امنیت غذایی

تمامی داده‌ها در یک پنل استان-سال (Panel Data) با ۳۱ مقطع (استان) و ۱۳ دوره زمانی (سال) سازماندهی شدند که در مجموع ۴۰۳ مشاهده (۳۱×۱۳) را تشکیل می‌دهد. تحلیل‌های فضایی و ترسیم نقشه‌های مرتبط با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.8 انجام گرفت.

متغیرهای پژوهش و شاخص‌سازی

مدل اصلی پژوهش شامل متغیرهای زیر در جدول (۵) است که در قالب یک مدل اقتصادسنجی پانل برآورد می‌شود: مدل اصلی پژوهش شامل متغیرهای زیر است که در قالب یک مدل اقتصادسنجی پانل برآورد می‌شود. متغیر وابسته، مهاجرت خالص استان است که به صورت درصدی از جمعیت میانه استان محاسبه می‌شود. متغیرهای مستقل کلیدی شامل شاخص‌های تنش آبی هستند. برداشت از آب‌های زیرزمینی (میلیون مترمکعب)، تغییرات ذخیره آب کل (سانتی‌متر) مبتنی بر داده‌های GRACE و شاخص خشکسالی SPEI برای تحلیل پیامدهای امنیت غذایی، از متغیر سطح زیرکشت گندم و جو (هکتار) به عنوان یک شاخص پراکسی برای ظرفیت تولید ملی غذا استفاده شده

واحد مشاهده: استان-سال. داده‌ها برای هر استان در هر سال از دوره مورد مطالعه به صورت مقطع زمانی-مکانی گردآوری شده‌اند.

دوره زمانی: بازه ۱۳ ساله از ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۲. انتخاب این بازه به دلایل زیر است:

- ۱- در دسترس بودن داده‌های سرشماری ۱۳۹۰، ۱۳۹۵ و ۱۴۰۲ به عنوان نقاط اتکای اصلی برای برآوردهای مهاجرتی.
- ۲- تشدید قابل توجه بحران آب در ایران در این دوره و نمایان شدن پیامدهای آن.
- ۳- یکنواخت و قابل مقایسه بودن تعاریف و روش‌های آماری در این بازه در سطح استان‌ها.

است. این شاخص اگرچه تمام ابعاد پیچیده امنیت غذایی (مانند دسترسی، بهره‌وری، کیفیت تغذیه و پایداری) را پوشش نمی‌دهد، اما به عنوان معیاری مستقیم و قابل اندازه‌گیری برای سنجش توان تولید داخلی محصولات اساسی در نظر گرفته شده است. متغیرهای کنترلی شامل وابستگی به کشاورزی، درآمد سرانه و تراکم جمعیت هستند

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تحلیل داده‌ها از مجموعه‌ای از روش‌های اقتصادسنجی و آماری استفاده شده است. نرم‌افزار اصلی مورد استفاده Stata 17 بوده است.

الف) مدل اقتصادسنجی اصلی و تأکید بر استدلال علیت مدل پایه پژوهش به صورت زیر برآورد می‌شود:

رابطه (۱)

$$\begin{aligned} \text{Migration_it} = & \beta_0 + \beta_1 \text{GW_Extraction_it} + \beta_2 \\ & \text{Water_Storage_Change_it} + \beta_3 \text{SPEI_it} + \beta_4 \\ & \text{Agri_Share_it} + \beta_5 \text{Income_pc_it} + \beta_6 \\ & \text{Density_it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

در جدول (۶) تعریف پارامترهای رابطه (۱) ارائه شده است.

جدول ۵- متغیرهای پژوهش، شاخص‌سازی و منابع داده

دسته‌بندی	متغیر	شاخص‌سازی و واحد اندازه‌گیری	منبع داده
متغیر وابسته	مهاجرت خالص استان	(ورود مهاجران به استان - خروج مهاجران از استان) / جمعیت میانه استان $\times 100$ (درصد)	مرکز آمار ایران (۱۴۰۲)
متغیرهای مستقل کلیدی	تنش آبی (۱): برداشت از آب‌های زیرزمینی	حجم سالانه برداشت از چاه‌ها و قنوات (میلیون مترمکعب)	شرکت مدیریت منابع آب ایران (۱۴۰۲)
	تنش آبی (۲): تغییرات ذخیره آب کل	انحراف تغییرات ماهانه ذخیره آب از میانگین بلندمدت (بر اساس داده‌های GRACE) (سانتی‌متر)	مأموریت-GRACE/GRACE FO (NASA، ۲۰۲۳)
	شاخص خشکسالی	شاخص استاندارد شده بارش-تبخیرتعرق (SPEI) در مقیاس ۱۲ ماهه (بدون بعد)	سازمان هواشناسی ایران (۱۴۰۲)
	وابستگی به کشاورزی	(ارزش افزوده بخش کشاورزی / ارزش افزوده کل استان) $\times 100$ (درصد)	بانک مرکزی (۱۴۰۲)
متغیرهای کنترلی	توسعه انسانی/درآمد	درآمد سرانه استانی به قیمت ثابت سال پایه (میلیون ریال)	بانک مرکزی (۱۴۰۲)
متغیر پیامد (برای تحلیل ثانویه)	ابعاد جمعیتی	تراکم جمعیت (نفر در کیلومتر مربع)	مرکز آمار ایران (۱۴۰۲)
	امنیت غذایی (ظرفیت تولید)	سطح زیرکشت محصولات استراتژیک (گندم و جو) در هر استان (هکتار)	وزارت جهاد کشاورزی (۱۴۰۲)

جدول ۶- تعریف پارامترهای رابطه (۱)

نماد	تعریف	واحد/توضیح
t و i	شاخص استان و سال	-
Migration_it	نرخ مهاجرت خالص استان i در سال t	(ورود منهای خروج)/جمعیت میانه $\times 100$
GW_Extraction_it	حجم برداشت از آب‌های زیرزمینی	میلیون مترمکعب
Water_Storage_Change_it	انحراف تغییرات ذخیره آب کل از میانگین بلندمدت	سانتی‌متر (بر اساس GRACE)
SPEI_it	شاخص استاندارد شده بارش-تبخیرتعرق	بدون بعد (مقیاس ۱۲ ماهه)
Agri_Share_it	سهم بخش کشاورزی در ارزش افزوده استان	درصد
Income_pc_it	درآمد سرانه استان به قیمت ثابت	میلیون ریال
Density_it	تراکم جمعیت استان	نفر در کیلومتر مربع
β_0	عرض از مبدأ	-
β_6 تا β_1	ضرایب متغیرهای مستقل و کنترلی	-
μ_i	اثر ثابت ویژه هر استان	کنترل ویژگی‌های ثابت مشاهده‌نشده استانی
λ_t	اثر ثابت زمانی	کنترل شوک‌های مشترک سالانه
ε_{it}	جمله خطا	-

کشاورزی و سپس تأثیر درآمد بر مهاجرت) استفاده شد تا صرفاً به یک رابطه همبستگی دو متغیره اکتفا نشود. (ب) مراحل و آزمون‌های تشخیصی: مراحل تحلیل شامل بررسی آمار توصیفی، آزمون‌های F لیمر و هاسمن برای انتخاب مدل مناسب، آزمون‌های ریشه واحد برای اطمینان از مانایی، و آزمون‌های تشخیص ناهمسانی واریانس، خودهمبستگی سریالی و مقطعی بود. برای حل این مشکلات، از تخمین زننده با استاندارد خطاهای مقاوم استفاده شد.

برای تقویت استدلال علیت، از مدل اثرات ثابت (μ_i) استفاده شده است که ویژگی‌های ناهمگن زمان تغییر هر استان (مانند شرایط جغرافیایی خاص، فرهنگ کار یا نهادهای محلی تاریخی) را کنترل می‌کند. همچنین اثرات ثابت زمانی (λ_t) شوک‌های مشترک در هر سال (مانند تحریم‌ها، سیاست‌های ملی یا همه‌گیری) را حذف می‌نماید. علاوه‌براین، در تحلیل‌های مکمل از تحلیل مسیر برای ترسیم و آزمون زنجیره‌های علّی غیرمستقیم (مانند تأثیر آب بر درآمد

یافته‌های تحقیق

آماره‌های توصیفی

در گام نخست، آماره‌های توصیفی متغیرهای اصلی پژوهش در بازه ۱۳۹۰-۱۴۰۲ و برای ۴۰۳ مشاهده استان-سال محاسبه شد. جدول (۷) این نتایج را نمایش می‌دهد.

جدول ۷- آماره‌های توصیفی متغیرهای پژوهش (۱۳۹۰-۱۴۰۲)

متغیر	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
مهاجرت خالص (درصد)	-۰/۰۵	۰/۹۵	-۴/۱۲	۳/۸۵
برداشت آب زیرزمینی (میلیون مترمکعب)	۱۲۵۶	۱۱۰۸	۸۲	۵۹۱۰
تغییرات ذخیره آب (سانتی‌متر)	-۲/۸	۲/۱	-۸/۹	۱/۵
شاخص خشکسالی (SPEI)	-۰/۴۵	۱/۰۵	-۲/۸	۲/۳
سهم بخش کشاورزی (درصد)	۱۱/۸	۷/۵	۱/۰	۳۶/۲
درآمد سرانه (میلیون ریال ثابت)	۱۹۸	۷۲	۹۵	۴۴۵
تراکم جمعیت (نفر در کیلومتر مربع)	۸۵	۱۳۵	۴	۹۲۵
سطح زیرکشت گندم و جو (هزار هکتار)	۲۱۰	۱۸۵	۱۵	۹۸۰

تحلیل آماره‌های توصیفی

میانگین منفی مهاجرت خالص (-۰/۰۵) حاکی از غلبه خروج خالص جمعیت از استان‌ها در کل کشور طی این دوره است. میانگین منفی شدید تغییرات ذخیره آب (-۲/۸- سانتیمتر) به وضوح نشان‌دهنده روند نزولی فزاینده و بحرانی ذخایر آبی کشور است. دامنه وسیع برداشت آب زیرزمینی (از ۸۲ تا ۵۹۱۰ میلیون مترمکعب) شکاف عمیق در فشار بر منابع آبی بین استان‌ها را نشان می‌دهد. میانگین منفی شاخص

خشکسالی (SPEI (-۰/۴۵ نیز تأکید شرایط خشکی غالب در دوره مورد مطالعه است.

نتایج برآورد مدل رگرسیون پانل اصلی و تفسیر علی

پس از انجام آزمون‌های تشخیصی، مدل اثرات ثابت به عنوان مدل برتر انتخاب شد. برای حل مشکلات کلاسیک، از تخمین‌زننده با استاندارد خطاهای مقاوم استفاده گردید. نتایج برآورد مدل نهایی در جدول (۸) ارائه شده است.

جدول ۸- نتایج برآورد مدل رگرسیون پانل (متغیر وابسته: نرخ مهاجرت خالص)

متغیر مستقل	ضریب	خطای استاندارد	آماره t	سطح معنی‌داری
برداشت از آب‌های زیرزمینی	-۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱	-۴/۸۷	۰/۰۰۰
تغییرات ذخیره آب کل	۰/۰۲۱	۰/۰۱۵	۱/۴۰	۰/۱۶۸
شاخص خشکسالی (SPEI)	۰/۰۵۵	۰/۰۴۸	۱/۱۵	۰/۲۵۶
سهم بخش کشاورزی	-۰/۰۳۶	۰/۰۱۴	-۲/۵۷	۰/۰۱۳
درآمد سرانه	۰/۰۰۴۲	۰/۰۰۱۲	۳/۵۰	۰/۰۰۱
تراکم جمعیت	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۰۴	۳/۷۵	۰/۰۰۰
ثابت مدل	۰/۶۱	۰/۲۵	۲/۴۴	۰/۰۱۸
تعداد مشاهده‌ها	۴۰۳			
تعداد استان‌ها	۳۱			
R^2 درون‌گروهی	۰/۶۲			

(**) معنی‌دار در سطح ۱٪، (***) معنی‌دار در سطح ۵٪، (*) معنی‌دار در سطح ۱۰٪

جدول ۹- تفسیر عملی ضرایب کلیدی مدل رگرسیون پانل

متغیر مستقل	ضریب	تفسیر عملی
برداشت از آب‌های زیرزمینی	-۰/۰۰۰۵	هر ۱۰۰۰ میلیون مترمکعب (۱ میلیارد مترمکعب) افزایش در برداشت سالانه آب‌های زیرزمینی یک استان، به طور میانگین منجر به خروج خالص ۵/۰ درصدی جمعیت از آن استان می‌شود. برای استان کرمان با میانگین برداشت ۵۲۰۰ میلیون مترمکعب، این اثر می‌تواند تا ۲/۶ درصد خروج جمعیت را توضیح دهد.
سهم بخش کشاورزی	-۰/۰۳۶	وابستگی بیشتر اقتصاد یک استان به کشاورزی، آن را در برابر شوک آبی آسیب‌پذیرتر و در نتیجه به منبع خروج مهاجر تبدیل می‌کند. کاهش ۱٪ سهم کشاورزی، مهاجرت خالص را ۰/۰۳۶ واحد بهبود می‌بخشد.
درآمد سرانه	۰/۰۰۴۲	افزایش رفاه اقتصادی (درآمد) یک استان، مهمترین عامل جذب‌کننده جمعیت است. این یافته بر لزوم ایجاد اشتغال و درآمدهای جایگزین در مناطق مبدأ مهاجرت تأکید دارد.

تفسیر ضرایب و یافته‌های کلیدی مدل اصلی:

نتایج برآورد مدل نهایی نشان داد ضریب متغیر برداشت از آب‌های زیرزمینی منفی (۰/۰۰۰۵-) و در سطح اطمینان ۹۹/۹٪ معنی‌دار است. این یافته از وجود یک رابطه علی منفی و قوی حکایت می‌کند: به ازای هر یک میلیون مترمکعب افزایش در برداشت از آب‌های زیرزمینی در یک استان، نرخ مهاجرت خالص آن استان به طور میانگین ۵/۰ درصد واحد کاهش می‌یابد. کنترل اثرات ثابت استانی و زمانی، همراه با پایداری این رابطه در تحلیل‌های حساسیت، اطمینان بیشتری نسبت به تفسیر علی (در مقابل صرفاً همبستگی) فراهم می‌آورد برای نمونه، استان کرمان با میانگین برداشت سالانه حدود ۵۲۰۰ میلیون مترمکعب، سهم قابل توجهی در خالص مهاجرت منفی بالا (حدود ۲/۶ واحد درصد) داشته است. متغیرهای «تغییرات ذخیره آب کل» و «شاخص خشکسالی» اگرچه دارای علامت مورد انتظار بودند، اما از نظر آماری معنی‌دار نبودند که بر نقش محوری مدیریت ناپایدار بلندمدت منابع آب (در مقابل نوسانات صرفاً اقلیمی) تأکید دارد. ضریب منفی و معنی‌دار سهم بخش کشاورزی (۰/۰۳۶-) نشان می‌دهد استان‌هایی با وابستگی اقتصادی بیشتر به کشاورزی، در معرض خروج بیشتر جمعیت قرار دارند. ضرایب مثبت و معنی‌دار درآمد سرانه (۰/۰۰۴۲) و تراکم جمعیت (۰/۰۰۱۵) گویای نقش قطب‌های اقتصادی و مراکز خدمات‌رسانی در جذب مهاجران است.

تحلیل‌های مکمل و تفکیک مناطق

الف) تحلیل رگرسیون فضایی

نتایج آزمون موران سراسری (برای متغیر مهاجرت خالص، با $p\text{-value} = ۰/۰۰۲$ مقدار $۰/۲۴۱$ را نشان داد که تأکید وجود خودهمبستگی فضایی مثبت و معنادار در الگوی مهاجرت است). به عبارت دیگر، استان‌هایی با نرخ مهاجرت خالص مشابه (پایین/منفی)، تمایل به تجمع در مجاورت یکدیگر دارند (مانند خوشه استان‌های مرکزی و شرقی). برآورد یک مدل تاخیر فضایی نشان داد ضریب p معادل ۰/۳۲ و معنادار است. این به آن معنا است که خروج جمعیت از یک استان بحرانی، به طور مستقیم و مثبت بر افزایش نرخ مهاجرت به

استان‌های همجوار (معمولاً با وضعیت بهینه‌تر) تأثیر می‌گذارد و فشار را بر منابع آنها مضاعف می‌کند.

ب) تحلیل پیامدهای ظرفیت تولید غذا

یک رگرسیون جداگانه بر روی زیرمجموعه استان‌های کشاورزخیز، یک همبستگی منفی قوی و معنادار بین «نرخ خالص مهاجرت» و «سطح زیرکشت گندم و جو» نشان داد (ضریب $= -۱۲/۵$ ، $p\text{-value} < ۰/۰۱$) برآورد مدل حاکی از آن است که به ازای هر واحد درصد افزایش در نرخ خروج خالص مهاجران، سطح زیرکشت محصولات استراتژیک به طور میانگین حدود ۱۲/۵ هزار هکتار کاهش یافته است. در جدول (۱۰) این یافته، زنجیره علی بحران را تکمیل می‌کند.

ج) تحلیل فضایی و شناسایی کانون‌های بحران

بر اساس ترکیب دو شاخص میانگین برداشت آب زیرزمینی (۱۳۹۰-۱۴۰۲) و میانگین نرخ مهاجرت خالص (۱۳۹۰-۱۴۰۲)، استان‌ها در یک ماتریس چهارگانه خطر قرار گرفتند. این تحلیل منجر به تفکیک شفاف سه دسته اصلی شد که در جدول (۱۱) ارائه شده است:

الگوی شناسایی شده

۱- خوشه مرکزی-شرقی بحران (بحرانی پرخطر): پنج استان اصفهان، کرمان، خراسان رضوی، یزد و فارس که به طور جغرافیایی در یک خوشه مرکزی-شرقی قرار دارند، به عنوان کانون‌های بحران انباشته شناسایی شدند. این استان‌ها در مجموع ۴۲٪ از ارزش افزوده بخش کشاورزی و ۳۵٪ از سطح زیرکشت محصولات استراتژیک کشور را به خود اختصاص می‌دهند.

۲- خوشه شمالی-مرکزی جذب (مقاصد مهاجرت): استان‌های تهران، البرز، گیلان و مازندران که به طور جغرافیایی در یک خوشه شمالی-مرکزی قرار دارند، به عنوان اصلی‌ترین مقاصد جریان مهاجرت داخلی شناسایی شدند. این استان‌ها بیش از ۶۰٪ از کل جریان مهاجرت داخلی را جذب کرده‌اند.

۳- استان‌های در آستانه بحران: استان‌های خراسان جنوبی و همدان در سال‌های پایانی دوره مطالعه (۱۴۰۰-۱۴۰۲) روند نزولی نشان داده و به سمت ربع بحرانی در حرکت هستند که نشان‌دهنده گسترش جغرافیایی چرخه معیوب آب-مهاجرت است.

جدول ۱۰- رتبه‌بندی استان‌ها بر اساس شاخص ترکیبی فشار آب و مهاجرت (۱۳۹۰-۱۴۰۲)

رتبه	دسته‌بندی	استان‌ها	میانگین برداشت آب زیرزمینی (میلیون مترمکعب/سال)	میانگین نرخ مهاجرت خالص (%)	سطح زیرکشت گندم و جو (هزار هکتار)	توضیحات
۱	بحرانی پرخطر	اصفهان	۳,۲۰۰	-۱/۸	۲۸۰	کانون اصلی بحران، بیشترین افت سطح آب زیرزمینی
۲	بحرانی پرخطر	کرمان	۵,۲۰۰	-۲/۶	۱۸۰	بالاترین حجم برداشت، شدیدترین خروج جمعیت
۳	بحرانی پرخطر	خراسان رضوی	۲,۸۰۰	-۱/۲	۳۵۰	بحران انباشته آب و مهاجرت
۴	بحرانی پرخطر	یزد	۱,۹۰۰	-۱/۵	۴۵	وابستگی شدید به آب‌های فسیلی
۵	بحرانی پرخطر	فارس	۲,۵۰۰	-۱/۱	۴۲۰	کاهش چشمگیر در تولیدات استراتژیک
۶	در مرز بحران	خراسان جنوبی	۸۵۰	-۰/۸	۱۱۰	تشدید بحران در سال‌های اخیر
۷	در مرز بحران	همدان	۷۲۰	-۰/۷	۱۵۰	روند نزولی شاخص‌ها از ۱۴۰۰
۸	مقصد مهاجرت	تهران	۹۵۰	+۲/۸	۲۵	جذب ۳۲٪ از کل مهاجرت داخلی
۹	مقصد مهاجرت	البرز	۴۲۰	+۲/۵	۱۸	فشار بر زیرساخت‌های شهری
۱۰	مقصد مهاجرت	گیلان	۳۸۰	+۱/۲	۱۵۰	جاذبه طبیعی و کشاورزی
۱۱	مقصد مهاجرت	مازندران	۴۵۰	+۱/۰	۲۲۰	مقصد مهاجران شمالی

جدول ۱۱- رتبه‌بندی و تفکیک استان‌ها بر اساس شاخص ترکیبی فشار آب و مهاجرت (۱۳۹۰-۱۴۰۲)

رتبه	دسته‌بندی	استان‌ها	میانگین برداشت آب زیرزمینی (میلیون مترمکعب/سال)	میانگین نرخ مهاجرت خالص (%)	سطح زیرکشت گندم و جو (هزار هکتار)	توضیحات
۱-۵	مناطق مبدأ بحرانی (بحرانی پرخطر)	اصفهان، کرمان، خراسان رضوی، یزد، فارس	۱,۹۰۰ تا ۵,۲۰۰	-۱/۱ تا -۲/۶	۴۵ تا ۴۲۰	کانون‌های اصلی بحران انباشته. بالاترین فشار آبی و شدیدترین خروج جمعیت. سهم عمده‌ای در تولید کشاورزی کشور دارند.
۶-۷	مناطق در مرز بحران	خراسان جنوبی، همدان	۷۲۰ تا ۸۵۰	-۰/۷ تا -۰/۸	۱۱۰ تا ۱۵۰	روند نزولی شاخص‌ها در سال‌های اخیر، نشان‌دهنده گسترش جغرافیایی چرخه معیوب.
۸-۱۱	مناطق مقصد مهاجرت	تهران، البرز، گیلان، مازندران	۳۸۰ تا ۹۵۰	+۱/۰ تا +۲/۸	۱۸ تا ۲۲۰	جذب بیش از ۶۰٪ از کل جریان مهاجرت داخلی. فشار بر زیرساخت‌های شهری و منابع طبیعی.
-	سایر استان‌ها	سایر استان‌ها	متغیر	نزدیک به صفر یا مثبت خفیف	متغیر	الگوی مهاجرت خنثی یا کم‌نوسان.

خوشه‌Low: استان‌های مرکزی و شرقی با مهاجرت منفی بالا
خوشه‌High: استان‌های شمالی با مهاجرت مثبت بالا
(د) تحلیل حساسیت:

برای اطمینان از استحکام نتایج مدل اصلی، دو تحلیل حساسیت انجام شد: (۱) حذف سال‌های همه‌گیری کووید-۱۹ (۱۳۹۹-۱۴۰۰) از داده‌ها، (۲) افزودن متغیر کنترلی جدید «نرخ باسوادی بزرگسالان» به مدل. در هر دو سناریو، علامت و

شواهد آماری الگوی فضایی:
آماره موران جهانی برای متغیر مهاجرت خالص: $-۰/۲۴۱$
($p=۰/۰۰۲$) تأیید خودهمبستگی فضایی مثبت
ضریب خودهمبستگی فضایی: ($p=۰/۳۲$) $-۰/۳۲$ خروج جمعیت از
یک استان بحرانی، مهاجرت به استان‌های همجوار را ۳۲٪
افزایش می‌دهد.
آزمون خوشه‌بندی فضایی: (LISA) تشکیل دو خوشه معنادار:

سطح معنی‌داری رابطه کلیدی بین برداشت آب زیرزمینی و مهاجرت خالص تقریباً بدون تغییر باقی ماند (ضریب حدود ۰/۰۰۰۴- تا ۰/۰۰۰۶- و معنادار در سطح ۱٪). این پایداری، قوت و انکاپذیری یافته اصلی پژوهش را تأیید می‌کند.

جمع‌بندی بخش یافته‌ها

یافته‌های کمی این بخش با شواهد قوی نشان می‌دهد رابطه علی و معناداری بین مدیریت ناپایدار منابع آب زیرزمینی و الگوی مهاجرت داخلی در ایران وجود دارد. این رابطه در دوره ۱۳۹۰-۱۴۰۲ نه تنها تداوم یافته، بلکه از نظر شدت و گستره جغرافیایی تشدید شده است. این پدیده، از طریق تضعیف پایه‌های تولید در بخش کشاورزی استان‌های مبدأ، ظرفیت تولید غذا و در نتیجه امنیت غذایی ملی را به طور مستقیم تحت تأثیر قرار داده است. تفکیک شفاف مناطق مبدأ بحرانی، مقاصد مهاجرت و مناطق در مرز خطر، لزوم تدوین سیاست‌های منطقه‌محور، یکپارچه و مبتنی بر تحلیل فضایی را بیش از پیش آشکار می‌سازد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

جمع‌بندی و پاسخ به سؤالات تحقیق

این پژوهش با هدف واکاوی رابطه علی بین بحران آب، مهاجرت داخلی و امنیت غذایی در ایران انجام شد. یافته‌ها به سؤالاتی پژوهش پاسخ روشنی می‌دهند: ۱- رابطه مشاهده شده با کنترل اثرات ثابت و استفاده از تحلیل مسیر، از ماهیت علی برخوردار است و بحران آب به عنوان یک محرک ساختاری مهاجرت اجباری عمل می‌کند. ۲- تحلیل‌های ترکیبی منجر به شناسایی و تفکیک شفاف مناطق مبدأ بحرانی، مناطق مقصد و مناطق در مرز خطر شد. ۳- تأثیر این زنجیره بر ظرفیت تولید غذا (با شاخص پراکسی سطح زیرکشت) به صورت کمی سنجیده و تأیید شد.

۱- در پاسخ به سؤال اصلی (شناسایی رابطه علی):

نتایج به وضوح نشان داد بین شاخص مدیریت ناپایدار منابع آب، به ویژه «برداشت از آب‌های زیرزمینی» و الگوی مهاجرت داخلی، یک رابطه علی، منفی و بسیار معنادار وجود دارد. این رابطه حتی پس از کنترل اثر متغیرهای کلان اقتصادی-اجتماعی و شوک‌های زمانی، به قوت خود باقی است. بحران آب در این چارچوب، نه یک مشکل محیط‌زیستی صرف، بلکه یک «محرک ساختاری مهاجرت اجباری» معرفی می‌شود که بنیان ماندگاری جمعیت در سرزمین را سست می‌کند.

۲- در پاسخ به سؤال فرعی اول (شناسایی نقاط بحرانی):

تحلیل‌های ترکیبی ارائه شده در جدول (۱۱) استان‌های اصفهان، کرمان، خراسان رضوی، یزد و فارس را به عنوان «کانون‌های بحران انباشته» شناسایی نمود. این استان‌ها که سهم بزرگی در ارزش افزوده کشاورزی و سید غذایی کشور دارند، همزمان با بیشترین میزان برداشت از منابع آب

زیرزمینی، بالاترین نرخ خروج خالص جمعیت را نیز تجربه کرده‌اند. الگوی فضایی شناسایی شده (خوشه مرکزی-شرقی بحران و خوشه شمالی-مرکزی جذب) نشان می‌دهد که این پدیده ماهیتی خوشه‌ای و فضایی دارد و در حال گسترش به استان‌های همجوار است.

۳- در پاسخ به سؤال فرعی دوم (تأثیر بر امنیت غذایی):

یافته‌ها یک همبستگی منفی قوی و معنادار بین «نرخ خروج مهاجران» از استان‌های کشاورزخیز و «کاهش سطح زیرکشت محصولات استراتژیک» (گندم و جو) در این استان‌ها را اثبات کرد. این امر، زنجیره کامل علی بحران را تکمیل می‌کند:

مدیریت ناپایدار آب → کاهش تاب‌آوری اقتصادی و اجتماعی → مهاجرت نیروی کار فعال و متخصص → تضعیف ظرفیت تولید محصولات اساسی → افزایش وابستگی غذایی و تهدید امنیت ملی.

این پژوهش نشان می‌دهد هزینه اجتماعی-اقتصادی ناشی از مدیریت نادرست آب، بسیار فراتر از حوزه محیط زیست است.

نتیجه‌گیری کلی

نتیجه‌گیری کلیدی این پژوهش آن است که ایران در یک «چرخه معیوب پیچیده محیط‌زیستی-اقتصادی-اجتماعی» گرفتار آمده است. این چرخه ریشه در یک شکست حکمرانی چندلایه دارد: شکست در مدیریت پایدار منابع مشترک (آب)، شکست در ایجاد فرصت‌های اقتصادی متنوع در مناطق وابسته به منابع طبیعی، و شکست در توزیع عادلانه هزینه‌ها و منافع توسعه. این وضعیت منجر به ایجاد امواج مهاجرت «اجباری-تاب‌آورانه» (مهاجرتی که هم نشانه شکست تاب‌آوری مبدأ و هم راهبرد انطباقی فرد است) به سمت کلان‌شهرها و مناطق شمالی کشور شده که خود پیامدهای ثانویه جدی مانند حاشیه‌نشینی، فشار بر زیرساخت‌های شهری، تشدید نابرابری منطقه‌ای و تنش‌های اجتماعی را دامن می‌زند.

از دست دادن نیروی کار جوان و دارای مهارت‌های مرتبط با زمین و کشاورزی در مناطق مبدأ، نه تنها چشمانداز توسعه پایدار این مناطق را تیره می‌سازد، بلکه ظرفیت تولید ملی غذا را تحلیل برده و کشور را در بلندمدت در معرض ریسک‌های امنیتی قرار می‌دهد. بنابراین، بحران کنونی آب در ایران، در واقع یک «بحران امنیت ملی چندبعدی» (شامل امنیت آبی، غذایی، اقتصادی، اجتماعی و سرزمینی) است که رویکردی یکپارچه، فرابخشی، مبتنی بر شواهد و فوری را می‌طلبد.

محدودیت‌های پژوهش

با وجود تلاش برای ارائه تحلیلی جامع، این پژوهش با محدودیت‌هایی مواجه است که باید در تعمیم نتایج و طراحی مطالعات آینده مورد توجه قرار گیرند: این پژوهش با محدودیت‌هایی مواجه است:

- ۱- اتکا به داده‌های کلان استانی که برای تحلیل انگیزه‌های خرد مهاجرت کافی نیستند.
- ۲- استفاده از شاخص «سطح زیرکشت گندم و جو» به عنوان پراکسی برای امنیت غذایی که اگرچه برای سنجش ظرفیت تولید مفید است، اما سایر ابعاد امنیت غذایی (دسترسی، بهره‌وری، کیفیت) را پوشش نمی‌دهد.
- ۳- امکان وجود برخی متغیرهای مشاهده‌نشده کنترل نشده با وجود استفاده از مدل اثرات ثابت.
- ۴- محدودیت دوره مطالعاتی برای ارزیابی کامل اثرات بلندمدت.

پیشنهادهای سیاستی

- بر اساس یافته‌ها و با در نظر گرفتن محدودیت‌ها، پیشنهادات سیاستی به صورت اولویت‌بندی شده ارائه می‌شود:
- اولویت اول:** اقدامات فوری و کوتاه‌مدت (ضرب‌الاجل: ۲ سال)
- ۱- راه‌اندازی سامانه پایش هوشمند نکسوس: ایجاد یک «سامانه پایش یکپارچه آب-مهاجرت-غذایی» در دشت‌های بحرانی (مانند رفسنجان، ورزنه) با استفاده از کنتورهای هوشمند آب، داده‌های تلفن همراه برای رصد تحرکات، و تصاویر ماهواره‌ای برای پایش سطح زیرکشت. این سامانه باید هشدارهای اولیه برای مدیران استانی و ملی صادر کند.
 - ۲- تغییر هدفمند یارانه‌ها در کانون‌های بحرانی: در استان‌های بحرانی شناسایی شده، یارانه آب و برق بخش کشاورزی به‌صورت مشروط به رعایت الگوی کشت کم‌آب‌بر، کشت قراردادی با صنایع تبدیلی، یا مشارکت در پروژه‌های احیای آبخوان‌ها تخصیص یابد.
- اولویت دوم:** اقدامات راهبردی و میان‌مدت (افق: ۵ سال)
- ۱- تدوین و اجرای سند ملی «آب، غذا و جمعیت»: تشکیل «ستاد عالی آب، غذا و جمعیت» زیر نظر رئیس‌جمهور با اختیارات فرابخشی برای هماهنگی وزارتخانه‌های نیرو، جهاد کشاورزی، کشور، صمت و برنامه‌ریزی. محور اصلی این سند، «آمایش سرزمین مبتنی بر ظرفیت آبی» و تعریف سقف جمعیت‌پذیری و توسعه کشاورزی برای هر حوضه آبریز خواهد بود.
 - ۲- راه‌اندازی «صندوق بیمه مهاجرت محیط‌زیستی»: تأسیس صندوقی ملی با هدف جبران هوشمند و تثبیت جمعیت در مناطق پرخطر. این صندوق می‌تواند به جوامع محلی که داوطلبانه الگوی کشت خود را تغییر می‌دهند، در پروژه‌های احیای قنات و آبخوان مشارکت می‌کنند، یا به مشاغل کم‌آب‌بر روی می‌آورند، مشوق‌های نقدی و غیرنقدی پرداخت کند. منبع مالی آن می‌تواند از محل صرفه‌جویی یارانه‌های اصلاح‌شده انرژی تأمین شود.
- اولویت سوم:** اقدامات ساختاری و بلندمدت (افق: ۱۰ سال و بیشتر)

- ۱- اجرای پابلوت جامع «بازتخصیص آب، زمین و نیروی کار»: اجرای آزمایشی یک طرح یکپارچه در یک دشت بحرانی (پیشنهاد: دشت رفسنجان). در این طرح، دولت حقابه مازاد

کشاورزی را خریداری می‌کند، کشاورزان را در تعاونی‌های خدمات‌رسانی چندمنظوره سازماندهی کرده و آنان را با ارائه آموزش و تسهیلات، به سمت مشاغل جدید هدایت می‌کند (مانند: صنایع تبدیلی پسته، نگهداری از مزارع و باغات به صورت مکانیزه، اکوتوریسم).

۲- توسعه قطب‌های اقتصادی جایگزین در مناطق مبدأ: اعطای مشوق‌های ویژه مالیاتی، گمرکی و اعتباری برای جذب صنایع دانش‌بنیان و کم‌آب‌بر (فناوری‌های کشاورزی، IT، صنایع دستی با ارزش افزوده بالا) در مراکز شهرستان‌های بحرانی، به منظور ایجاد اشتغال پایدار برای نسل جوان.

منابع

- اختیاری خواجه، شیوا، نگهبان خواجه، فهیمه، و دین‌پژوه، یعقوب. (۱۳۹۸). مقایسه عملکرد پایش خشکسالی با شاخص‌های تک‌معرفه و چندمعرفه (مطالعه موردی استان خراسان رضوی). علوم آب و خاک، ۲۳(۲)، ۴۴۳-۴۴۶. DOI:10.30488/gps.2020.233853.3055
- باقری، مهرداد، مختاری هشی، حسین، گندمکار، امیر، خادم الحسینی، احمد. (۱۴۰۲). شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر بحران آب در استان اصفهان. انجمن جغرافیایی جغرافیا، ۲۱ (۷۷)، ۲۹-۱۳. <http://dor.net/dor/20.1001.1.27833739.1402.21.77.2>
۵. بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. (۱۴۰۲). پایگاه اطلاع‌رسانی بانک مرکزی. قابل دسترسی در: <https://www.cbi.ir>
- پرهیزکاری، ابوالفضل، یآوری، غلامرضا، محمودی، ابوالفضل، و بخشی‌خانیک، غلامرضا. (۱۳۹۹). ارزیابی آثار بالقوه خشکسالی هیدرولوژیکی بر وضعیت کشاورزی، بازده درآمدی و مصارف آبی کشاورزان استان تهران. تحقیقات مناسبات آب ایران، ۱۶(۲)، ۱۵۱-۱۶۳. https://www.iwrr.ir/article_110157.html
- پورالخاص نوکنده‌یی، محمد، امان جهانی، ویدا، حزباوی، زینب و مصطفی‌زاده، رئوف. (۱۴۰۲). شاخص‌های برآورد و ارزیابی ویژگی‌های خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیک. مطالعات علوم محیط زیست، ۸(۴)، ۷۴۹۹-۷۵۱۶. DOI:10.22034/jess.2022.352768.1830
- دادآفرید، سمانه، عرفانیان، مهدی، حصاری، بهزاد، و جوان، خدیجه. (۱۴۰۴). پهنه‌بندی خطر خشکسالی آب زیرزمینی و ارتباط شاخص‌های خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیک در آبخوان ارومیه. مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، ۵(۲)، ۲۷۲-۲۸۹. DOI:10.22098/mmws.2025.16234.1519
- دشتی، قادر، ثانی، فاطمه، حسین‌زاد، جواد، و مجنونی هریس، ابوالفضل. (۱۴۰۱). ارزیابی شاخص‌های پایداری کشاورزی تحت سناریوهای اقلیمی و مدیریت منابع آب در حوضه آبریز آبی‌چای. دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۳۲(۱)، ۳۲۵-۳۴۲. DOI:10.22034/saps.2021.44368.2628
- رمضانی اعتدالی، هادی، لیاقت، عبدالمجید، پارس‌نژاد، مسعود، و رضوانی اعتدالی، مهدی. (۱۳۹۱). بررسی وضعیت خشکسالی کشاورزی بر اساس رطوبت خاک در ایستگاه

- Review of Sociology, 41, 377-397. Doi: 10.1146/annurev-soc-073014-112223
- Li, L., Luo, X., Liu, Y., Liu, Y., & Liu, X. (2024). The Impact of Location of Labor Migration on Rural Households' Income: Evidence from Jiangxi Province in China. *Agriculture*, 14(9), 1458. <https://doi.org/10.3390/agriculture14091458>.
- Liu, J., Hull, V., Godfray, H. C. J., Tilman, D., Gleick, P., Hoff, H., Pahl-Wostl, C., Xu, Z., Chung, M. G., Sun, J., & Li, S. (2018). Nexus approaches to global sustainable development. *Nature Sustainability*, 1(9), 466-476. DOI: 10.1038/s41893-018-0135-8.
- Meinzen-Dick, R., & Zwartveen, M. (1998). Gendered participation in water management: Issues and illustrations from water users' associations in South Asia. *Agriculture and Human Values*, 15(4), 337-345. DOI: 10.1023/A:1007533018254
- Mishra, A. K., & Kumar, S. (2022). Labor migration, agricultural productivity and food security in India: A CGE modeling approach. *Agricultural Systems*, 201, 103456.
- Murugan, V., Abdul Kadar, M. I., Thangavel, K., & Sadasivam, S. (2026). A Study on Labour Migration in Agriculture Sector in Chengalpattu District of Tamil Nadu. *SCIENTIFIC CULTURE*, 12(4), 3285-3294. DOI: 10.5281/zenodo.12426390
- NASA Jet Propulsion Laboratory. (2023). GRACE/GRACE-FO Terrestrial Water Storage Data. Available. Flintridge, California. <https://grace.jpl.nasa.gov>
- Nawrotzki, R. J., Schlak, A. M., & Kugler, T. A. (2016). Climate, migration, and the local food security context: introducing Terra Populus. *Population and Environment*, 38(2), 164-184. <https://doi.org/10.1007/s11111-016-0260-0>
- Paerregaard, K., & Andersen, A. O. (2019). Moving beyond the commons/commodity dichotomy: The socio-political complexity of Peru's water crisis. *Water Alternatives*, 12(2), 459-469. <https://www.water-alternatives.org/index.php/volume-12/v12issue2/512-a12-2-6>.
- Sultana, F. (2011). Suffering for water, suffering from water: Emotional geographies of resource access, control and conflict. *Geoforum*, 42 (2), 163-172. DOI: 10.1016/j.geoforum.2010.12.002
- سینوپتیک قزوین. پژوهش آب در کشاورزی، ۲۶(۱)، ۸۱-۹۱. DOI:10.22092/jwra.2012.118953
- سازمان هواشناسی کشور. (۱۴۰۲). پایگاه داده‌های هواشناسی. قابل دسترسی در: <https://data.irim.ir>
- شرکت مدیریت منابع آب ایران. (۱۴۰۲). پایگاه اطلاع‌رسانی شرکت مدیریت منابع آب ایران. قابل دسترسی در: <https://www.wrm.ir>
- مرکز آمار ایران. (۱۴۰۲). درگاه ملی آمار ایران. قابل دسترسی در: <https://www.amar.org.ir>
- وزارت جهاد کشاورزی. (۱۴۰۲). پایگاه اطلاع‌رسانی وزارت جهاد کشاورزی. قابل دسترسی در: <https://www.maj.ir>
- Abel, G.; Brottrager, M., Cuaresma, J. C., Muttarak, R. (2019). Climate, conflict and forced migration. *Global Environmental Change*, 54, 239-249. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.12.003>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2023). FAOSTAT Statistical Database. Available at: <https://www.fao.org>
- Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C. S., & Walker, B. (2021). Resilience: Now more than ever. *Ambio*, 50, 1774-1777. DOI: 10.1007/s13280-020-01487-6
- Gray, C., & Mueller, V. (2012). Drought and population mobility in rural Ethiopia. *Demography*, 49(2), 753-776. DOI: 10.1007/s13524-011-0097-1
- Helm, D. (2015). *Natural Capital: Valuing the Planet*. Oxford University Press. England. (ISBN): 9780300219371.
- Hoff, H. (2023). Understanding the water-energy-food nexus. In *Routledge Handbook of Water-Energy-Food Nexus* (25-42). Routledge. Abingdon, Abingdon.
- Herzberg, R. Q. (2020). Elinor Ostrom's Governing the Commons: Institutional diversity, self-governance, and tragedy diverted. *The Independent Review*, 24(4), 627-636. <https://www.independent.org/tir/2020-spring/elinor-ostroms-governing-the-commons/>
- Hoffmann, R., Dimitrova, A., Muttarak, R., Crespo Cuaresma, J., & Peisker, J. (2020). A meta-analysis of country-level studies on environmental change and migration. *Nature Climate Change*, 10, 904-912. <https://www.nature.com/articles/s41558-020-0898-6>
- Hunter, L. M., Luna, J. K., & Norton, R. M. (2015). The environmental dimensions of migration. *Annual*