

Research Article

Exploring Key Drivers Affecting the Development of Farmers' Resilience Capacity in the Face of Water Scarcity

Mojtaba Noori ^{1✉} | Rohollah Rezaei ² | Mohammad Kazem Rahimi ³

1. PhD Student, Natural Resources and Sustainable Agricultural Extension, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
2. Professor of Extension, Communication and Rural Development Department of Zanjan University, Zanjan, Iran.
3. Former PhD Student, Agricultural Extension and Education, Tarbiyat Modares University, Tehran, Iran.
(✉ Corresponding Author: noori.zanjan@gmail.com)

ARTICLE INFO

Received: 12 March 2025
Revised: 16 April 2025
Accepted: 17 April 2025
Available Online: 28 April 2025

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Noori, M., Rezaei, R., & Rahimi, M.K., (2025). Exploring Key Drivers Affecting the Development of Farmers Resilience Capacity in the Face of Water Scarcity. (In Persian with English abstract). *Journal of Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*.V.26, No.98, P:19-42
<https://doi.org/10.22092/idser.2025.368874.1609>

Introduction

Water scarcity can result from drought, a decline in water resources, or a combination of both factors. Under these conditions, the term "crisis" aptly describes the situation. The global water crisis is among the most significant threats facing humanity; it is estimated that approximately 3.5 billion people will experience water shortages by 2025, with global water demand projected to rise by 30% by 2050. To mitigate farmers' vulnerability and mitigate the impacts of water scarcity, the concept of resilience has gained attention. Resilience reflects the capacity of an individual or system to adapt effectively during critical situations and identify rational strategies to overcome crises. Today, resilience serves not only as a tool for crisis management but also as a preventive and predictive measure aimed at maintaining orderly continuity under various conditions. Notably, the agricultural sector faces earlier and more severe consequences of water scarcity than other sectors due to the direct threats it poses to farmers' livelihoods and national food security. Given this critical importance, the objective of this study is to identify and analyze key drivers that influence the development of farmers' resilience against water scarcity crises.

Materials and Methods

Given that "capacity development" pertains to future-oriented activities, this study utilized the critical uncertainty approach and the cross-effects matrix, common methods in futures research, to identify relevant drivers. Initially, a comprehensive review of existing literature was conducted to identify significant issues related to resilience against water scarcity. After summarizing, consolidating, and eliminating redundant or overlapping concepts, these factors were compiled into questionnaires and presented during semi-structured interviews with experts, specialists, and key informants.

Participants rated each factor based on "importance" and "uncertainty" for the horizon of 1413 using a five-point Likert scale (very low, low, medium, high, very high). Subsequently, experts weighted and ranked these factors according to their perceived importance and uncertainty. Interaction analysis was then performed to examine interrelationships among key factors, assessing their mutual influence. This method, implemented through specialized futures research software MICMAC, is particularly suitable for analyzing variable interdependencies and compiling expert insights. MICMAC employs a matrix-based approach to elucidate the relationships among influential factors in qualitative research.

Results

Using the critical uncertainty approach, factors identified as both highly important and uncertain were deemed key drivers. Average weights assigned to each factor were plotted onto an importance-uncertainty matrix, allowing the selection of critical factors. Identified factors included: (1) reforming policies that incentivize the production of water-intensive crops; (2) acceptance of the severity of the crisis within the agricultural community; (3) systemic governance of agricultural water resources; (4) promoting optimal water-use practices among farmers; (5) controlling excessive agricultural water extraction; (6) reforming regional cropping patterns; and (7) promoting sustainable livelihoods independent of water-intensive practices.

Results demonstrated that policy reforms targeting water-intensive crop production, enhancing water-use culture among farmers, and adjusting regional cropping patterns significantly impact farmers' resilience to water scarcity. Additionally, key-dependent factors highly influenced by others were the agricultural community's acknowledgement of crisis severity, systemic governance of agricultural water resources, and regulation of excessive water withdrawals.

Conclusions

This study identified three primary drivers crucial to developing farmers' resilience in Zanjan province: recognizing the severity of the water crisis, adopting systemic governance approaches to water resources, and regulating excessive agricultural water withdrawals. These drivers are interconnected, implying that changes in one factor will inevitably influence the others. Effective management of these drivers is thus essential for advancing resilience among farmers facing water scarcity. Given the critical status of water resources in Zanjan, where five out of seven plains are classified as prohibited or critical zones, provincial administrators and planners, along with the broader agricultural community, must acknowledge the depth of this crisis. By adopting systemic approaches and managing water consumption responsibly, significant strides can be made towards building resilience to the ongoing water scarcity crisis.

Keywords: Resilience, Water Crisis, Zanjan Province, Interaction Analysis, Futures Studies.



نوع مقاله: پژوهشی

واکاوی پیشران های کلیدی مؤثر بر توسعه ظرفیت تاب آوری کشاورزان در مواجهه با کم آبی (مطالعه موردی: استان زنجان)

مجتبی نوری^۱ | روح اله رضائی^۲ | محمد کاظم رحیمی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۸

چکیده

با توجه به روند نزولی بارندگی و پدیده کم آبی طی دهه های گذشته در استان زنجان که به چالش هایی مانند تخلیه برخی روستاها و کاهش تاب آوری جوامع محلی انجامیده است و با در نظر گرفتن تهدید جدی این بحران برای امنیت معیشتی کشاورزان و امنیت غذایی منطقه، این پژوهش با هدف شناسایی و واکاوی پیشران های کلیدی اثرگذار بر توسعه ظرفیت تاب آوری کشاورزان استان زنجان در مواجهه با کم آبی به اجرا درآمد. برای این منظور، از رویکرد آینده پژوهی شامل عدم قطعیت بحرانی و تحلیل اثرهای متقاطع و قضاوت ۱۸ متخصص منتخب استان استفاده گردید. به منظور کسب اطمینان از اعتبار علمی تحقیق، روایی عوامل از طریق مرور جامع ادبیات و اعتبارسنجی توسط پانل متخصصان (با نمونه گیری هدفمند و دستیابی به اشباع نظری) تأمین شد. پایایی تحلیل ساختاری با آزمون پایداری MICMAC سنجیده شد که نتایج به دست آمده پایداری کامل تحلیل و قابلیت اطمینان بالای یافته ها را تأیید کرد. پس از ارزیابی اهمیت و عدم قطعیت عوامل توسط خبرگان، که نشان داد عامل «پذیرش عمق بحران» با میانگین رتبه ۱۸/۴۲ بالاترین اهمیت و عامل «تفکر سیستمی در حکمرانی» با میانگین رتبه ۱۸/۴۹ بالاترین عدم قطعیت را دارند، تحلیل نهایی MICMAC روی ۷ عامل کلیدی (با اهمیت و عدم قطعیت بالا) اجرا شد. بر اساس نتایج این تحلیل ساختاری مبتنی بر داده های خبرگان، سه عامل پذیرش عمق بحران، تفکر سیستمی در حکمرانی و کنترل برداشت های مازاد به عنوان پیشران های کلیدی محوری شناسایی شدند؛ تحلیل ها نشان داد این عوامل نقشی حیاتی و پیوندی (اثرگذاری و اثرپذیری بالا) در سیستم تاب آوری آینده استان زنجان دارند. یافته کلیدی این تحلیل، لزوم توجه و اقدام یکپارچه روی این سه پیشران به هم پیوسته است برای آنکه تاب آوری کشاورزان در برابر بحران آب به شکلی پایدار افزایش یابد.

واژه های کلیدی: تاب آوری، بحران آب، تحلیل اثرهای متقابل، آینده پژوهی، استان زنجان

مقدمه

شرایطی برای کاهش آسیب پذیری کشاورزان و پیامدهای ناشی از کم آبی مفهوم تاب آوری مطرح شده است (Khodamoradi et al., 2021). که یکی از مهمترین، رایج ترین و جدیدترین رویکردهای مواجهه با بحران های طبیعی به شمار می آید (Jamshidi & Anabestani, 2022). تاب آوری را می توان این گونه در نظر گرفت: ظرفیت سیستم های اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی برای مقابله

امروزه بخش کشاورزی به شدت متأثر از تغییرات آب و هوایی است و با چالش های عمده ای از جمله کمبود منابع آب مواجه شده است (Finke, 2024). اهمیت این مسئله، با در نظر گرفتن ماهیت بخش کشاورزی، دوچندان است زیرا این بخش بیش از دیگر بخش های اقتصادی وابستگی مستقیم به منابع آب دارد (Jafari et al., 2024). در چنین

۱ دانشجوی دکتری ترویج کشاورزی پایدار و منابع طبیعی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. (تویسنده مسئول: Email: noori.zanjan@gmail.com)

۲ استاد گروه ترویج، ارتباطات و توسعه روستایی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۳ دانش آموخته دکتری، ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

قالب این کارگروه در سطح استان های مختلف کشور صورت گرفته است که از جمله آنها می توان به انسداد چاه های غیرمجاز، جلوگیری از اضافه برداشت، اصلاح و تعدیل پروانه های بهره برداری، نصب کنتور حجمی و هوشمند، توسعه سیستم های آبیاری تحت فشار و دیگر موارد اشاره کرد (Ardakaniyan, 2021). اما همانطور که دیده می شود بیشتر این تلاش ها ماهیت سخت افزاری دارند و اقدامات نرم افزاری و مدیریتی مانند ترویج کاشت گیاهان کم آب بر به جای گیاهان با مصرف آب بالا، آموزش کشاورزان و ترویج روش های آبیاری بهره ور و دیگر موارد چندان مورد توجه قرار نگرفته است. به بیان دقیق تر، رد پای رویکردهای جدید مدیریت بحران در بخش کشاورزی به ویژه ظرفیت سازی و بالابردن تاب آوری کشاورزان بسیار محدود است. در همین زمینه، بررسی شواهد حاکی از آن است که پاسخ ها به بحران کمبود آب در کشور اغلب واکنشی است تا پیشگیرانه و به جای مدیریت ریسک بر مدیریت بحران متمرکز شده است (Sadeghloo et al., 2022). بر این اساس، به نظر می رسد که برای به حداقل رساندن اثرهای بحران آب باید با هدف کاهش خطر، الگویی جدید برای مدیریت آب در پیش گرفت. بدون تردید این امر مستلزم شناسایی و اتخاذ مجموعه ای از مداخلات باز یابی و تاب آوری محلی است که طیف گسترده ای از اقدامات و برنامه ها، از مدیریت آب تا توسعه ظرفیت را در بر می گیرد (Chikwanha et al., 2021). با توجه به اهمیت موضوع، در سال های اخیر پژوهش های مختلفی در داخل و خارج از کشور برای بررسی ابعاد تاب آوری و مؤلفه های اثرگذار بر آن در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است که در ادامه به طور خلاصه نتایج برخی از مهم ترین آنها مرور شده است. هدف از این بررسی منابع، نخست آشنایی با ابعاد گوناگون تاب آوری (اقتصادی، اجتماعی، نهادی و غیره) و شناسایی مهم ترین مؤلفه ها، عوامل و پیشران هایی است که در تحقیقات معتبر داخلی و خارجی معرفی شده اند. دوم، این

یا سازش با رویداد، روند یا برهم ریختگی خطرناک و بازسازماندهی و پاسخ به آن رخداد به نحوی که عملکرد، هویت و ساختار سیستم حفظ شود و در عین حال ظرفیت سازگاری، یادگیری و تحول آن نیز بهبود پیدا کند (IPCC¹ 2014). در واقع، تاب آوری راهبردی کلیدی برای جلوگیری از فروپاشی سیستم هاست (Seyed Akhlaghi & Taleshi, 2018). زیرا این مفهوم نه تنها به منزله ابزار مدیریت بحران بلکه به مثابه رویکردی پیشگیرانه و پیش بینی کننده به کار می رود که هدف آن تداوم منظم سیستم در هر شرایطی است (Kuntke et al., 2022).

بر اساس پیش بینی مؤسسه منابع جهانی (World Resources Institute, 2021)، ایران در سال ۲۰۴۰ از پرتنش ترین مناطق دنیا با تنش آبی بالای ۸۰ درصد خواهد بود. هم اکنون نیز ایران با بحران عمیق آب روبه روست که این بحران به دلیل تغییرات آب و هوایی و تنش آبی منطقه تشدید شده است (Moradi & Azami, 2024). آنچه مسلم است، پیامدهای بحران آب در ایران احتمالاً فراتر از موضوع صرف امنیت غذایی خواهد بود؛ کمبود شدید آب بالقوه می تواند دلیل ناآرامی های مدنی در ایران باشد، به ویژه هنگامی که با عوامل دیگری مانند میزان بالای بیکاری و درک نابرابری همراه باشد (Mesgaran & Azadi, 2018). این بحران به ویژه در بخش کشاورزی زودتر از دیگر بخش ها بروز می کند، زیرا بخش کشاورزی آسیب پذیرترین بخش از لحاظ تغییرات اقلیمی و کم آبی و در عین حال بزرگترین بخش مصرف کننده آب در کشور نیز محسوب می شود (Alibakhshi et al., 2020). با در نظر گرفتن به این مسئله، در سال های اخیر توجه مدیران و برنامه ریزان به شناسایی بهتر بحران، پیش بینی آینده و ارائه راهکارهایی برای مقابله و سازگاری با آن جلب شده است که یکی از نمودهای آن تشکیل کارگروه سازگاری با کم آبی (در سطح ملی و استانی) است. با برنامه ریزی های صورت گرفته، تلاش های مختلفی در

خشکسالی به این نتیجه رسیدند که تاب‌آوری جوامع محلی باید با این سلسله اقدام‌ها مورد توجه برنامه‌ریزان مرتبط با خشکسالی قرار گیرد: تنوع‌بخشی به منابع معیشتی، کاهش وابستگی روستاییان به معیشت کشاورزی، تقویت نظام ترویج و آموزش فنون نوین کشاورزی، صرفه‌جویی آب به کمک فناوری، استفاده از ارقام پربازده، اصلاح الگوی کشت و اصلاح سیاست‌ها برای کاستن از مهاجرت نیروهای مولد روستایی.

هاس و همکاران (Haas *et al.*, 2021) در پژوهشی با بررسی نقش تاب‌آوری جامعه و ارزیابی ریسک در سازگاری با تغییرات اقلیمی نشان دادند تاب‌آوری جامعه با پنج بُعد اصلی اعتماد، دلبستگی به مکان، اثربخشی جمعی، شبکه‌های اجتماعی و حمایت اجتماعی ارزیابی می‌شود و تمام این ابعاد بر اقدامات سازگاری جامعه اثر مثبت و معنی‌داری دارند. نیکلاس و همکاران (Nicholas *et al.*, 2021) در مطالعه‌ای شواهد ظرفیت تاب‌آوری کشاورزان را در پنج سیستم مختلف کشاورزی اروپایی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که پاسخ‌های تاب‌آوری مختلف (استقامت، سازگاری و تحول) بسته به ظرفیت‌های فردی، منابع مزرعه و محیط کلی متفاوت‌اند. چایمی و همکاران (Chimi *et al.*, 2024) در پژوهشی با عنوان عوامل مؤثر بر تصمیم‌گیری برای بالابردن تاب‌آوری مزارع خرده‌مالک مرکز کامرون در برابر تغییرات اقلیمی به این نتیجه رسیدند که درآمد سالانه، دسترسی به نهاده‌های کشاورزی، دسترسی به ماشین‌آلات کشاورزی و عضویت در سازمان کشاورزان از عوامل مؤثر بر بالابردن تاب‌آوری کشاورزان این منطقه هستند. نتایج پژوهش‌های پرات بینهامو و همکاران (Benhamou *et al.*, 2024) نشان داد که تاب‌آوری درک‌شده کشاورزان در مزرعه متأثر از ویژگی‌های شخصیتی کشاورزان، تنوع مزارع، انعطاف در بازخوردها و توانایی پاسخ به چالش‌های مختلف در گذشته است.

مرور به شناخت رویکردها و روش‌های به کار رفته در مطالعات پیشین کمک می‌کند و در نهایت، زمینه را برای تبیین دقیق‌تر خلأ پژوهشی موجود و ضرورت پرداختن به پژوهش حاضر در استان زنجان فراهم می‌آورد.

باقری و همکاران (Bagheri *et al.*, 2021) در تحقیقی به تحلیل مؤلفه‌های اثرگذار بر تاب‌آوری جوامع محلی در مواجهه با نوسان‌های اقلیمی در حوضه آبخیز ندوشن یزد پرداخته‌اند. آنها متغیرهای اثرگذار بر تاب‌آوری را در قالب این ده مؤلفه طبقه‌بندی کردند: اعتماد به دولت، شبکه محلی، تعامل و روابط متقابل، تلاش و زمان، مالی و زیرساختی، ابتکار و نوآوری، مدیریت سازگار، ریسک‌پذیری، حکمرانی، و اطلاعات و آگاهی. رمضانی و خدایانه (Razmazani & Khodapanah, 2020) در پژوهش‌های خود یازده پیشران کلیدی مؤثر بر تاب‌آوری روستایی در شهرستان بناب را شناسایی کردند که عبارت‌اند از: کارآفرینی در روستا، انسجام اجتماعی، مشارکت اجتماعی، تعلق مکانی به روستا، مسئولیت اجتماعی، درک خطر خشکسالی، اصلاح الگوی کشت، شیوه‌های نوین آبیاری، شکل‌گیری و فعالیت سازمان‌های غیردولتی، مقاوم‌سازی مساکن، و رعایت ضوابط فنی و ساخت و ساز. جمشیدی و عنابستانی (Jamshidi & Anabestani, 2022) در بررسی عوامل مؤثر بر توسعه ظرفیت تاب‌آوری روستاییان منطقه غرب دریاچه ارومیه در برابر خشکسالی دریافتند که بخش وسیعی از متغیرهای کلیدی تأثیرگذار بر توسعه تاب‌آوری روستاییان در طبقه ظرفیت‌های اقتصادی قرار دارد که شامل این موارد است: وجود فرصت‌های شغلی متنوع، سطح درآمد، وضعیت اشتغال، نوع کسب‌وکار منطقه، داشتن پس‌انداز، وجود درآمدهای غیرکشاورزی، ارائه تسهیلات مالی ویژه، تنوع‌بخشی به اقتصاد خانوار و تنوع‌بخشی درآمد. در پژوهشی دیگر، سید اخلاقی و طالشی (Seyed Akhlaghi & Taleshi, 2018) در بررسی بالابردن تاب‌آوری جوامع محلی راهبرد آینده برای مقابله با

در مجموع، مرور مطالعات پیشین به روشنی نشان می‌دهد که تاب‌آوری کشاورزان در برابر کم‌آبی و خشکسالی مفهومی است چندبعدی و پیچیده که تحت تأثیر شبکه‌ای از عوامل در سطوح مختلف قرار دارد. این عوامل شامل ظرفیت‌های اقتصادی (مانند تنوع معیشت و درآمد، دسترسی به منابع مالی و نهاده‌ها)، سرمایه اجتماعی (مانند اعتماد، شبکه‌ها، مشارکت، انسجام)، ویژگی‌های حکمرانی و نهادی (مانند سیاست‌ها، قوانین، مدیریت سازگار)، جنبه‌های زیرساختی و فناوری و حتی ویژگی‌های فردی کشاورز و مزرعه می‌شود. این گستردگی عوامل و نتایج متنوع در بسترهای مختلف لزوم اتخاذ رویکردهای جامع و سیستمی را برای تحلیل تاب‌آوری و شناسایی مؤثرترین راهکارها در هر منطقه، با توجه به شرایط خاص آن، برجسته می‌سازد و نیاز به تحلیل‌هایی را تأیید می‌کند که روابط متقابل بین این عوامل متعدد را در نظر بگیرند.

بر اساس آمارهای رسمی کشور، در استان زنجان در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ سطح زیرکشت محصولات آبی اعم از زراعت و باغبانی ۱۵۸ هزار هکتار بوده است که از این مقدار حدود ۹۵ هزار هکتار به محصولات زراعی و حدود ۶۳ هزار هکتار به محصولات باغبانی و گلخانه اختصاص داشته است. مهم‌ترین محصولات زراعی آبی استان شامل گندم، جو، سیب‌زمینی، پیاز و یونجه و اصلی‌ترین محصولات باغی آن زیتون، سیب، گردو و زردآلوست (Agricultural Statistics, 2024). با وجود اهمیت و ظرفیت بخش کشاورزی در استان زنجان، این بخش با مسائل و چالش‌های عمده‌ای به ویژه در حوزه منابع آب مواجه است که اگر آینده‌نگری و برنامه‌ریزی درست برای رفع آنها نشود می‌تواند خسارت‌های جبران‌ناپذیری را به پیکره بخش کشاورزی وارد آورد. شواهد حاکی از آن است که سطح آب‌های زیرزمینی در استان زنجان به طور متوسط سالانه در حدود دو متر افت پیدا می‌کند

(Zanjan Regional Water Company, 2022). این امر ناشی از برداشت بی‌رویه و غیراصولی از سفره‌های آب زیرزمینی است که خشکسالی‌های شدید و پی در پی نیز سبب تشدید روند افت در مناطق مختلف استان زنجان شده است. برای نمونه، بررسی مقادیر شاخص بارش استاندارد (SPI^1) در مقیاس‌های مختلف زمانی و همچنین میانگین متحرک ۵ و ۷ ساله بارندگی در منطقه ماهنشان، یکی از شهرستان‌های استان زنجان، نشان‌دهنده کاهش قابل توجه بارش در ۲۰ سال گذشته است (Bagheri et al., 2024). چنین وضعیتی کمابیش در دیگر مناطق استان زنجان نیز حاکم است به نحوی که بر اساس آمار و اطلاعات شرکت آب منطقه‌ای استان زنجان (۱۴۰۱)، درصد بارندگی در استان زنجان نسبت به میانگین بلندمدت آن در حدود ۳۹ درصد کاهش داشته است که این مسئله به نوبه خود سبب شده است تا بیشتر شهرستان‌های استان در حال تجربه وضعیت خشکسالی خفیف، متوسط و بعضاً شدید باشند (Mohammadloo et al., 2024). بروز این شرایط باعث شده است تا بسیاری از دشت‌های استان با بیلان منفی آب زیرزمینی روبه‌رو شوند به نحوی که پنج دشت از هفت دشت استان، دشت‌های ممنوعه اعلام شده‌اند (Sarmasti, 2021). از آنجا که تغییر اقلیم و خشکسالی و به تبع آن بحران آب، در ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و غیره اثرهای بسیار زیان‌باری دارند، ضروری است در راستای کاهش آسیب‌پذیری روستاییان و به ویژه کشاورزان، ابعاد مختلف مرتبط با تاب‌آوری آنها بررسی شود تا با در نظر داشتن شرایط موجود برنامه‌ریزی‌های مناسب به‌منظور ایجاد پایداری در مناطق روستایی استان صورت پذیرد (Mohammadloo et al., 2024). بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، هنوز مطالعاتی منسجم، جامع و دقیقی در زمینه رویکردهای جدید مقابله با بحران آب و مدیریت، از جمله تاب‌آوری کشاورزان در استان زنجان

در مجموع، مرور مطالعات پیشین به روشنی نشان می‌دهد که تاب‌آوری کشاورزان در برابر کم‌آبی و خشکسالی مفهومی است چندبعدی و پیچیده که تحت تأثیر شبکه‌ای از عوامل در سطوح مختلف قرار دارد. این عوامل شامل ظرفیت‌های اقتصادی (مانند تنوع معیشت و درآمد، دسترسی به منابع مالی و نهاده‌ها)، سرمایه اجتماعی (مانند اعتماد، شبکه‌ها، مشارکت، انسجام)، ویژگی‌های حکمرانی و نهادی (مانند سیاست‌ها، قوانین، مدیریت سازگار)، جنبه‌های زیرساختی و فناوری و حتی ویژگی‌های فردی کشاورز و مزرعه می‌شود. این گستردگی عوامل و نتایج متنوع در بسترهای مختلف لزوم اتخاذ رویکردهای جامع و سیستمی را برای تحلیل تاب‌آوری و شناسایی مؤثرترین راهکارها در هر منطقه، با توجه به شرایط خاص آن، برجسته می‌سازد و نیاز به تحلیل‌هایی را تأیید می‌کند که روابط متقابل بین این عوامل متعدد را در نظر بگیرند.

بر اساس آمارهای رسمی کشور، در استان زنجان در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ سطح زیرکشت محصولات آبی اعم از زراعت و باغبانی ۱۵۸ هزار هکتار بوده است که از این مقدار حدود ۹۵ هزار هکتار به محصولات زراعی و حدود ۶۳ هزار هکتار به محصولات باغبانی و گلخانه اختصاص داشته است. مهم‌ترین محصولات زراعی آبی استان شامل گندم، جو، سیب‌زمینی، پیاز و یونجه و اصلی‌ترین محصولات باغی آن زیتون، سیب، گردو و زردآلوست (Agricultural Statistics, 2024). با وجود اهمیت و ظرفیت بخش کشاورزی در استان زنجان، این بخش با مسائل و چالش‌های عمده‌ای به ویژه در حوزه منابع آب مواجه است که اگر آینده‌نگری و برنامه‌ریزی درست برای رفع آنها نشود می‌تواند خسارت‌های جبران‌ناپذیری را به پیکره بخش کشاورزی وارد آورد. شواهد حاکی از آن است که سطح آب‌های زیرزمینی در استان زنجان به طور متوسط سالانه در حدود دو متر افت پیدا می‌کند

جامعه آماری این پژوهش متخصصان، مطلعان کلیدی، و خبرگان موضوعی در حوزه آب، آبخیزداری و کشاورزی استان زنجان اعم از اعضای هیئت علمی دانشگاه زنجان و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، کارشناسان و مدیران مرتبط در سازمان جهاد کشاورزی و اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری و کارشناسان و مدیران اداره آب منطقه‌ای و مسئولان مرتبط با آب در سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان هستند. گفتنی است با آنکه جامعه هدف نهایی در این پژوهش کشاورزان هستند، اما هدف پژوهش تمرکز بر شناسایی و تحلیل عوامل ساختاری و کلان مؤثر بر ظرفیت‌سازی تاب‌آوری کشاورزی است. از این‌رو، انتخاب روش‌های آینده‌پژوهی همچون تحلیل اثرهای متقابل و تحلیل عدم قطعیت بحرانی، که مستلزم بهره‌گیری از دیدگاه‌های سیستم‌نگر و سیاست‌محور است، مستلزم مشارکت خبرگان دارای تجربه و دانش میان‌رشته‌ای در حوزه‌های کشاورزی، منابع طبیعی، سیاست‌گذاری، مدیریت بحران و توسعه روستایی است (Godet & Durance, 2011; Amer et al., 2013). بر این اساس، در این مرحله به دلیل ماهیت کلان عوامل مورد بررسی و پیچیدگی روش‌های تحلیلی مورد استفاده، مشارکت مستقیم کشاورزان مد نظر قرار نگرفت. برای تکمیل عوامل اولیه استخراجی از منابع علمی، با متخصصان مطلعان کلیدی مصاحبه شد که به روش نمونه‌گیری هدفمند^۱ و با روش گلوله برفی^۲ انتخاب شدند. مصاحبه‌ها تا اشباع نظری ادامه یافت به طوری که در مصاحبه‌های آخر، مؤلفه و داده‌ای جدید به داده‌های به دست آمده اضافه نشد و تمام عوامل مورد اشاره در آنها، تکرار شد. قابل ذکر است پس از ۱۸ مصاحبه، اشباع نظری به دست آمد. نحوه توزیع گروه‌های مشارکت‌کننده در مصاحبه‌ها در جدول (۱) ارائه شده است.

گزارش نشده است. در مجموع، با توجه به مطالب اشاره شده در باره وضعیت بحرانی منابع آب در استان زنجان، اهمیت اقتصادی و اجتماعی بخش کشاورزی آن و همچنین کمبود پژوهش‌های راهبردی و آینده‌نگر در زمینه تاب‌آوری کشاورزان این منطقه، می‌توان به ضرورت اجرای پژوهشی علمی و ساختاریافته برای شناسایی دقیق عوامل تعیین‌کننده و نقاط اهرمی مؤثر بر آینده تاب‌آوری کشاورزان در این استان پی برد. بدون تردید، پر کردن این خلأ دانشی می‌تواند به تصمیم‌سازی‌های آگاهانه‌تر و برنامه‌ریزی‌های مؤثرتر برای سازگاری با کم‌آبی و حفظ پایداری منطقه کمک کند. این پژوهش با هدف اصلی «شناسایی و واکاوی پیشران‌های کلیدی مؤثر بر توسعه ظرفیت تاب‌آوری کشاورزان استان زنجان در مواجهه با کم‌آبی» با استفاده از رویکرد آینده‌پژوهی اجرا شده است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نظر هدف، در زمره پژوهش‌های کاربردی و از نظر ماهیت روش، از نوع پژوهش‌های توصیفی است. یکی از مسایل مهم در بسیاری از حوزه‌های دانش، گمانه‌زنی در مورد مسیرهای رشد و توسعه آن‌ها در آینده است (Yeganegi & Babaei, 2022). از آنجا که اصطلاح "توسعه ظرفیت تاب‌آوری" ناظر بر فعالیتهای آینده است، بنابراین برای تعیین این پیشران‌ها، از روش‌های مرسوم آینده‌پژوهی استفاده شد تا بتوان به‌طور نظام‌مند مؤلفه‌ها و پیشران‌های کلیدی مؤثر بر توسعه ظرفیت تاب‌آوری کشاورزان را در برابر بحران کم‌آبی شناسایی و واکاوی کرد. ضروری است گفته شود این پژوهش، ضمن بهره‌گیری از دانش موجود در زمینه مؤلفه‌های تاب‌آوری، مشخصاً بر شناسایی و تحلیل پیشران‌های کلیدی مؤثر بر توسعه ظرفیت آینده تاب‌آوری با استفاده از رویکرد آینده‌پژوهی تمرکز دارد و به دنبال ارائه مدل جامع مؤلفه‌ها و نماگرهای سنجش تاب‌آوری کنونی نیست.

جدول ۱- توزیع فراوانی متخصصان و خبرگان موضوعی شرکت کننده در پژوهش

شماره	متخصصان و خبرگان موضوعی و مطلعان کلیدی	فراوانی
Number	Subject matter experts, specialists, and key informants	Frequency
۱	اعضای هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان	۲
۲	اعضای هیئت علمی و محققان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان	۵
۳	کارشناسان و مدیران سازمان جهاد کشاورزی استان زنجان	۵
۴	کارشناسان و مدیران اداره آب منطقه ای و امور منابع آب استان زنجان	۴
۵	کارشناس ارشد و معاون آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری	۱
۶	کارشناس ارشد سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان زنجان	۱
	مجموع	۱۸

منابع در این مرحله، تمرکز مستقیم آنها بر شناسایی، تحلیل یا ارائه راهکارهایی برای عوامل مؤثر بر تاب آوری یا سازگاری در بخش کشاورزی یا جوامع روستایی در زمینه تنش های آبی بود. از این منابع منتخب، کلیه عوامل، شاخص ها، پیشران ها و راهبردهای مرتبط که به صورت نظری یا تجربی در مطالعات پیشین مطرح شده بودند، به صورت نظام مند استخراج و در یک فهرست جامع اولیه دسته بندی و کدگذاری گردید. در مرحله بعد، این فهرست جامع اولیه تحت تحلیل و پالایش دقیق قرار گرفت؛ با هدف تمرکز بر عوامل کلان، راهبردی و قابل سیاست گذاری که بر توسعه ظرفیت تاب آوری در سطح استانی تأثیرگذار هستند، عوامل استخراج شده تلخیص شدند. مواردی که بیش از حد خرد (مانند ویژگی های روانشناختی فردی خاص) یا بسیار عمومی و غیرقابل مداخله بودند، کنار گذاشته شدند. مفاهیم مشابه یا دارای همپوشانی معنایی از طریق فرآیند ادغام موارد موازی، تحت عناوین جامع تر و عملیاتی تر دسته بندی شدند. خروجی این مرحله، فهرست اولیه عوامل (شامل ۲۴ عامل نهایی) بود که مبنای اصلی طراحی پرسشنامه نیمه ساختاریافته برای مرحله بعد قرار گرفت. پرسشنامه پژوهش از دو بخش اصلی تشکیل شده بود. بخش اول مربوط به ارزیابی مرحله عدم قطعیت بحرانی شامل فهرست ۲۴ عامل

در این پژوهش، علاوه بر گردآوری و تحلیل داده ها از طریق مطالعه پیشینه پژوهش و مصاحبه نیمه ساختارمند، از رویکرد عدم قطعیت بحرانی و تحلیل اثر متقابل نیز استفاده شده است. به طور مشخص، در راستای شناسایی جامع عوامل اولیه مؤثر بر توسعه ظرفیت تاب آوری کشاورزان در برابر کم آبی، در گام نخست از روش تحقیق اسنادی مبتنی بر مرور گسترده و نظام مند ادبیات موضوع استفاده شد. این فرآیند شامل این موارد بود: جستجوی هدفمند و ساختاریافته در پایگاه های اطلاعاتی علمی معتبر ملی و بین المللی (SID, Magiran, Scopus, Web of Science, Google Scholar)؛ بررسی منابع تکمیلی مانند کتاب های تخصصی، دانشنامه ها، پایان نامه های مرتبط در دانشگاه های کشور؛ گزارش های نهایی طرح های تحقیقاتی سازمان های مرتبط (مانند وزارت جهاد کشاورزی، وزارت نیرو، مراکز تحقیقاتی استانی)؛ و اسناد بالادستی و سیاستی مرتبط با مدیریت منابع آب، کشاورزی پایدار و سازگاری با تغییر اقلیم. جستجو با استفاده از مجموعه ای از کلیدواژه های دقیق و ترکیبی فارسی و انگلیسی انجام گرفت که مهم ترین آنها عبارت بودند از: تاب آوری کشاورزان^۱، ظرفیت سازی تاب آوری^۲، سازگاری با کم آبی/خشکسالی^۳، بحران آب^۴، مدیریت منابع آب کشاورزی^۵ و آینده پژوهی آب^۶. معیار ورود

4-Water crisis
5-Agricultural water management
6-Water futures studies

1-Farmer resilience
2-Resilience capacity building
3-Adaptation to water scarcity/drought

اولیه مؤثر بر توسعه ظرفیت تاب‌آوری. در مقابل هر عامل، دو ستون برای امتیازدهی توسط ۱۸ متخصص در نظر گرفته شده بود؛ ستون اول برای سنجش میزان اهمیت آن عامل در توسعه تاب‌آوری آینده و ستون دوم برای سنجش میزان عدم قطعیت وضعیت آن عامل در افق ۱۴۱۳. امتیازدهی بر اساس طیف پنج درجه‌ای لیکرت (از ۱ = خیلی کم تا ۵ = خیلی زیاد) صورت می‌گرفت. به همین ترتیب، بخش دوم پرسشنامه نیز مربوط به مرحله تحلیل اثرهای متقابل بود. برای این منظور، پس از شناسایی ۷ عامل کلیدی (بر اساس نتایج بخش اول)، این بخش از ابزار تحقیق شامل ماتریس اثرهای متقابل این ۷ عامل بود به نحوی که از خبرگان خواسته شد تا میزان تأثیر مستقیم هر عامل (عامل سطر) را بر هر یک از عوامل دیگر (عامل ستونی) بر اساس مقیاس صفر (بدون تأثیر)، ۱ (تأثیر ضعیف)، ۲ (تأثیر متوسط)، ۳ (تأثیر زیاد) و ۴ (تأثیر احتمالی) تعیین کنند. این اطلاعات از طریق مصاحبه یا جلسات گروهی گردآوری و به عنوان ورودی نرم‌افزار MICMAC¹ استفاده شد. پس از تکمیل پرسشنامه‌ها، در گام نهایی، برای شناسایی روابط متقابل عوامل کلیدی منتخب و نحوه اثرگذاری و اثرپذیری آن‌ها بر یکدیگر، از روش تحلیل اثرهای متقابل و نرم‌افزار MICMAC بهره گرفته شد.

روش تحلیل اثرهای متقابل را گوردون و هلمر (Gorden & Helmer) اولین بار در سال ۱۹۶۶ ابداع کردند (Delangizan et al., 2017) که در آن اصول و روش‌های ریاضی برای کمی‌سازی ذهنیت، قضاوت‌های عقلانی و نگرش‌های خبرگان به کار گرفته می‌شود (Rafiei, 2021). این روش از جمله روش‌هایی است که برای مطالعه روابط بین متغیرها، شناسایی میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری آنها کاربرد دارد و یکی از مناسب‌ترین روش‌های شناسایی و تحلیل پیشران‌های کلیدی با استفاده از نرم افزار تخصصی

آینده‌پژوهی MICMAC است که توانایی لازم را برای تحلیل مؤلفه‌ها دارد و وسیله‌ای برای تجمیع نظرهای خبرگان است که در بررسی ارتباط بین مؤلفه‌های مؤثر در پژوهش‌های کیفی کاربرد دارد (Saei et al., 2024). خروجی‌های نرم‌افزار MICMAC به صورت جدول‌ها و نمودارها می‌تواند سهم بسزایی در درک ابعاد و روابط سیستمی و چگونگی عمل سیستم در آینده داشته باشد. در این پژوهش، عوامل دارای اهمیت و عدم قطعیت بالا که در مرحله قبل انتخاب شده بودند در ماتریس اثرهای متقابل وارد شد و طی مصاحبه و تشکیل جلسات گروهی، نمره‌های توافق شده در هر خانه ماتریس در نرم‌افزار MICMAC وارد و تجزیه و تحلیل شدند. در خروجی نرم افزار عوامل دارای اثرگذاری و اثرپذیری بالا به همراه وزن روابط مستقیم و غیرمستقیم مشخص می‌شود. باید گفت تحلیل اثرهای متقابل، با تمرکز بر تحلیل ساختاری و درک تأثیرات متقابل و بازخوردهای بین مجموعه‌ای از متغیرها در یک سیستم پیچیده، با تحلیل‌های آماری رایج که متغیرها را به مستقل و وابسته تفکیک می‌کنند متفاوت است. بر این اساس، متغیرها در این روش نه صرفاً به‌عنوان علت یا معلول، بلکه بر اساس موقعیت و نقش‌شان در شبکه کلی اثرگذاری^۲ و اثرپذیری^۳ طبقه‌بندی می‌شوند. خروجی این تحلیل معمولاً متغیرها را در چهار دسته اصلی جای می‌دهد: ۱- متغیرهای تأثیرگذار یا پیشران^۴، با اثرگذاری بالا و اثرپذیری پایین که مشابه متغیرهای مستقل عمل می‌کنند؛ ۲- متغیرهای تأثیرپذیر یا نتیجه^۵، با اثرگذاری پایین و اثرپذیری بالا که مشابه متغیرهای وابسته هستند؛ ۳- متغیرهای دوجبه‌ی یا پیوندی^۶، با اثرگذاری و اثرپذیری بالا که نقش کلیدی در پویایی و اتصال سیستم دارند؛ و ۴- متغیرهای مستقل یا خودگردان^۷، با اثرگذاری و اثرپذیری پایین. این طبقه‌بندی به درک عمیق‌تری از دینامیک‌های سیستمی و شناسایی نقاط اهرمی کلیدی کمک می‌کند.

4-Driving
5-Dependent
6-Linkage
7- Autonomous

1-Matrix of Crossed Impact Multiplications Applied to a Classification
2-Influence
3- Dependence

شناسایی شدند. نتایج این ماتریس در جدول (۲) و شکل (۱) نشان داده شده است. مطابق این جدول و نمودار، از نظر میزان اهمیت عوامل توسعه ظرفیت تاب آوری کشاورزان در مواجهه با بحران کم آبی، به ترتیب عوامل پذیرش عمق بحران و اصلاح الگوی کشت بالاترین رتبه و عوامل بومی سازی قوانین و مقررات مرتبط با آب کشاورزی و تغییر دیدگاه کشاورزان پایین ترین رتبه را دارند. نتیجه مطالعات آستانه و همکاران (Astaneh *et al.*, 2019) و اسدپوریان و همکاران (Asadpourian *et al.*, 2022) همخوانی دارد. ظرفیت سازی اجتماعی و تقویت ادراک کشاورزان از نوع، شدت و عمق بحران و جامعه پذیری بحران در تحقیقات پیشین از عوامل با اهمیت در توسعه ظرفیت تاب آوری شناخته شده است. از نظر میزان عدم قطعیت، عوامل تفکر سیستمی در حکمرانی منابع آب کشاورزی و تغییرات اقلیمی بالاترین رتبه و اعمال محدودیت برای پروانه های برداشت آب زیرزمینی و تغییر دیدگاه کشاورزان پایین ترین رتبه را کسب کردند. مطالعات پوراسدالله و رحیمی زاده (Pourasadollah & Rhimizadeh, 2018) عدم قطعیت متغیرهای مربوط به تغییرات اقلیمی و مطالعات بهبودی و قربانی (Behboudi & Ghorbani, 2023) عدم قطعیت در حکمرانی منابع آب را تایید کرده اند که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد. امروزه چالش های پیش روی بشر، که از عدم قطعیت و شرایط پیش بینی پذیری پایین نشئت می گیرند، موجب شده تا ضرورت حکمرانی آب بیش از پیش احساس شود. مقابله با تنش آبی حاصل از این تغییرات مستلزم اتخاذ سیاست های حکمرانی آب با رویکرد تفکر سیستمی برای بهبود ظرفیت تاب آوری است.

به منظور اعتبارسنجی یافته های این پژوهش شیوه های مختلفی در راستای تقویت روایی و پایایی، متناسب با روش شناسی کیفی و آینده پژوهی، به کار گرفته شد. روایی محتوایی از طریق استناد اولیه به ادبیات پژوهشی معتبر در شناسایی عوامل و روایی صوری با ارزیابی و امتیازدهی عوامل توسط پانل خبرگان متخصص تقویت گردید. کفایت داده های کیفی گردآوری شده نیز با دستیابی به اشباع نظری در مصاحبه ها مورد تأیید قرار گرفت. در زمینه پایایی و قابلیت اطمینان تحلیل ها، همانطور که در ادامه نیز شرح داده شده است، شاخص اصلی عبارت بود از نتیجه آزمون پایداری ساختاری ماتریس در نرم افزار MICMAC. این آزمون نشان داد آن تحلیل ثبات بسیار بالایی دارد، به طوری که پس از چهار تکرار، پایداری ۱۰۰ درصد در رتبه بندی متغیرها به دست آمد (جدول ۴). این یافته، اعتبار و استحکام شناسایی پیشران های کلیدی پژوهش را به میزان قابل توجهی تأیید می کند.

نتایج و بحث

در این بخش نتایج پژوهش در دو بخش کلی، یکی نتایج مرتبط با رتبه بندی میزان اهمیت و عدم قطعیت و دیگری نتایج مرتبط با ماتریس اثرهای متقاطع ارائه شده است.

نتایج مرتبط با رتبه بندی میزان اهمیت و عدم قطعیت

در رویکرد عدم قطعیت بحرانی عواملی که دارای اهمیت بالا و عدم قطعیت بالا هستند، به عنوان عوامل کلیدی شناخته می شوند که در این پژوهش با تشکیل ماتریس موقعیت عوامل بر اساس اهمیت و عدم قطعیت این عوامل

واکاوی پیشران‌های کلیدی مؤثر بر توسعه ظرفیت تاب‌آوری کشاورزان... (مطالعه موردی: استان زنجان)

جدول ۲- نتایج مرتبط با رتبه‌بندی میزان اهمیت و عدم قطعیت عوامل مؤثر بر توسعه ظرفیت تاب‌آوری کشاورزان براساس میانگین رتبه‌ای فریدمن

Table 2 - Results related to ranking the importance and uncertainty of factors affecting the development of farmers' resilience capacity based on Friedman's rank average

نماد متغیر Variable symbol	عوامل مؤثر در توسعه ظرفیت تاب‌آوری Factors influencing the development of resilience capacity	اهمیت Importance		عدم قطعیت uncertainty	
		رتبه Rank	میانگین* Average	رتبه Rank	میانگین* Average
X1	تغییرات اقلیمی	۱۴	۱۲/۳۵	۴	۱۷/۴۲
X2	اصلاح سیاست‌های مشوق تولید محصولات آب‌بر	۷	۱۶/۶۹	۳	۱۴/۵
X3	پذیرش عمق بحران در جامعه کشاورزی (اعم از مسئولان و مردم)	۱	۱۸/۴۲	۲	۱۶/۶۳
X4	تحلیل هزینه- فایده مصرف آب در تولید محصولات آبی	۱۹	۹/۷۳	۲۳	۱۲/۷۴
X5	قیمت‌گذاری واقعی آب	۱۲	۱۲/۵۸	۱۵	۹/۸۲
X6	تقویت نهادهای ناظر بر برداشت آب کشاورزی	۱۸	۱۰/۰۵	۱۶	۹/۷۲
X7	اعمال محدودیت برای پروانه‌های برداشت آب زیرزمینی	۲۰	۹/۶۹	۲۲	۷/۸
X8	تفکر سیستمی در حکمرانی منابع آب کشاورزی	۵	۱۵/۳۵	۱	۱۸/۴۹
X9	بومی‌سازی قوانین و مقررات مربوط به استفاده از آب‌های سطحی و زیرزمینی	۲۳	۸/۸	۶	۱۲/۵۴
X10	فرهنگ‌سازی مصرف بهینه آب در بین کشاورزان	۳	۱۷/۵	۵	۶۳/۱۶
X11	بهبود مشارکت کشاورزان در فرایندهای تصمیم‌گیری در حوزه مدیریت منابع آب	۱۵	۱۲/۱۲	۱۲	۱۰/۴۲
X12	ایجاد و تقویت تشکلهای گروهی کشاورزان در حوزه مدیریت منابع آب کشاورزی	۱۶	۱۱/۲۳	۱۴	۱۴/۱۴
X13	بهبود و تقویت سرمایه اجتماعی کشاورزان	۱۳	۱۲/۵۴	۱۷	۱۴/۵۴
X14	تغییر دیدگاه کشاورزان از جبرگرایی به اختیار انسان در تغییر قدر الهی	۲۴	۷/۴	۲۴	۶/۱۲
X15	توسعه روش‌های سازه‌ای در سطح عموم کشاورزان	۲۲	۸/۹۶	۱۱	۱۰/۸
X16	توسعه فناوری‌ها و شیوه‌های نوین آبیاری	۲۱	۹/۵	۱۳	۸/۸۲
X17	کنترل آب‌های سطحی با اجرای فعالیتهای آبخوان‌داری و آبخیزداری	۱۰	۱۲/۱۲	۷	۱۲/۵
X18	تخصیص اعتبار مناسب به منظور ایجاد زیرساخت‌های لازم برای افزایش بهره‌وری آب	۱۱	۱۲/۸۱	۱۹	۱۵/۵۵
X19	جایگزینی کشتهای گلخانه‌ای با کشت در فضای باز	۸	۱۲/۸۸	۲۰	۱۲/۱۹
X20	کنترل برداشت‌های مازاد از آب کشاورزی	۴	۱۵/۵۸	۹	۱۶/۲۷
X21	اجرای برنامه‌های ترویجی در جهت توسعه روش‌های غیرسازه‌ای در بین کشاورزان	۶	۱۲/۹۲	۱۰	۱۵/۸۵
X22	اصلاح الگوی کشت در منطقه	۲	۱۷/۸	۱۸	۱۲/۱۵
X23	معرفی ارقام پربازده و مقاوم به کم‌آبی	۱۷	۱۱/۱۵	۲۱	۹/۵۸
X24	ترویج معیشت‌های پایدار غیر وابسته به آب	۹	۱۶/۴۶	۸	۱۶/۴۴

* میانگین رتبه‌ای مبتنی بر آزمون رتبه‌بندی فریدمن

به دلیل حجم زیاد داده‌ها و تکیه پژوهش بر متغیرهای مهم و با نمره بالا و بر اساس پراکنش متغیرها، متغیرهایی که در محدوده اهمیت و عدم قطعیت زیاد و خیلی زیاد قرار گرفتند به منزله مسائل نهایی مشخص و برگزیده شدند. برای تعیین این محدوده و گروه‌بندی عوامل بر حسب سطح اهمیت و عدم قطعیت، از فرمول تفاوت انحراف معیار از میانگین یا معیار (ISDM) استفاده شد. به این صورت که کرانه بالا و پایین اهمیت (کمینه ۷/۴، بیشینه ۱۸/۴۲) و عدم قطعیت (کمینه ۶/۱۲، بیشینه ۱۸/۴۹) تعیین شد و سپس متغیرها مطابق جدول (۳) به پنج گروه (دارای اهمیت و عدم قطعیت خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) تقسیم شدند. پس از آن دو گروه دارای اهمیت و عدم قطعیت "زیاد" و "خیلی زیاد" به عنوان عوامل برگزیده انتخاب شدند (جدول ۳).

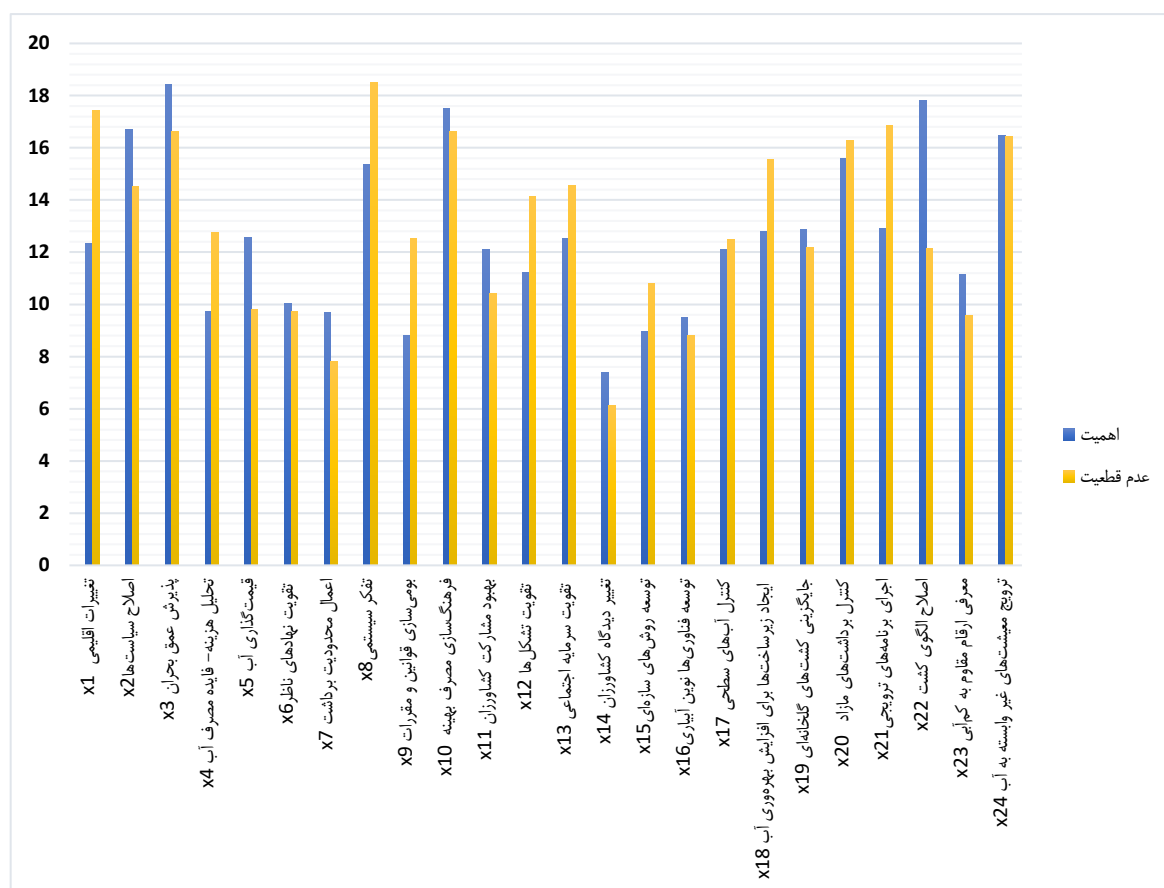
جدول ۳- سطح بندی و گروه بندی عوامل از لحاظ میزان اهمیت و عدم قطعیت

Table 3 - Leveling and grouping of factors in terms of importance and uncertainty

بازه عدم قطعیت Uncertainty Interval	بازه اهمیت Significance Interval	سطح اهمیت و عدم قطعیت Level of significance and uncertainty
کمتر از ۷	کمتر از ۹	خیلی کم
۷-۱۰	۹-۱۱	کم
۱۰-۱۲	۱۱-۱۳	متوسط
۱۲-۱۵	۱۳-۱۵	زیاد
بالاتر از ۱۵	بالاتر از ۱۵	خیلی زیاد

شکل ۱- میانگین اهمیت و عدم قطعیت عوامل مؤثر بر تاب آوری کشاورزان در مواجهه با کم آبی

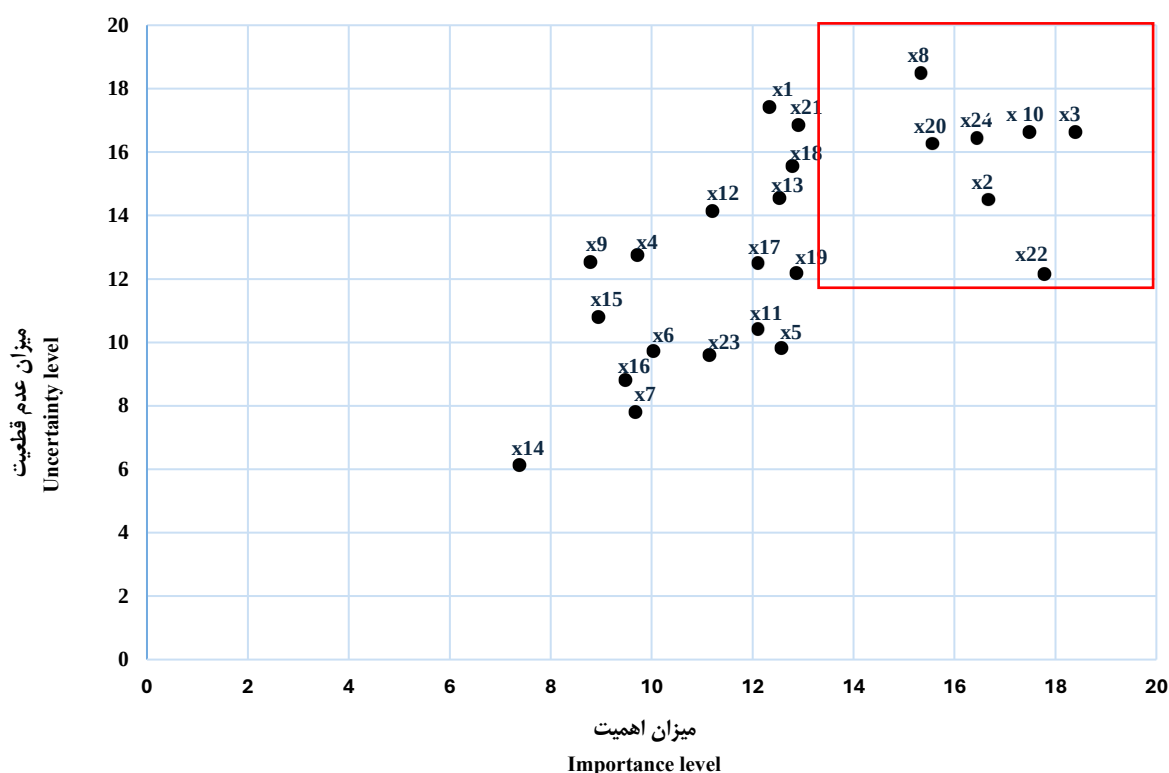
Fig. 1 - Average importance and uncertainty of factors affecting farmers' resilience in the face of water scarcity. JFi



میانگین وزن های داده شده به هر یک از عوامل در ماتریس (نمودار) متقاطع اهمیت- عدم قطعیت وارد شد و عواملی که در محدوده زیاد و خیلی زیاد (در شکل ۲ مشخص شده) قرار گرفتند، به عنوان عوامل برگزیده انتخاب شدند. این عوامل شامل اصلاح سیاست های مشوق تولید محصولات آب بر (X2)، پذیرش عمق بحران در جامعه کشاورزی (X3)، تفکر سیستمی در حکمرانی منابع آب کشاورزی (X8)، فرهنگ سازی مصرف بهینه آب در بین کشاورزان (X10)، کنترل برداشت های مازاد از آب کشاورزی (X20)، الگوی کشت در منطقه (X22) و ترویج معیشت های پایدار غیر وابسته به آب (X24)، بودند. این یافته ها با نتایج مطالعات بهبودی و قربانی (Behboudi & Ghorbani, 2023) و تافولا

و همکاران (Tafula *et al.*, 2015) همخوانی دارد که تفکر سیستمی، اصلاح الگوی کشت، بهره‌وری آب و مداخلات چند وجهی را عوامل مؤثر در تاب‌آوری کشاورزان دانسته‌اند. از آنجایی که مسائل مرتبط با حوزه آب از مسائل پیچیده محسوب می‌شود و مسائل پیچیده ابعاد مختلف اجتماعی، اقتصادی، فنی، زیست‌محیطی، سیاسی و غیره دارد، مطابق تجربه‌ها و مطالعات پیشین مهم‌ترین سازوکار حل بحران کم‌آبی ریشه در تفکر سیستمی دارد که این عامل در توسعه

ظرفیت تاب‌آوری کشاورزان نیز نقش خود را نشان داد. نتایج این مطالعه، از جمله پذیرش عمق بحران، تفکر سیستمی و فرهنگ‌سازی مصرف بهینه که در حوزه سرمایه انسانی قرار می‌گیرند با نتایج مطالعات بطحائی و همکاران (Bathaiy *et al.*, 2024) همخوانی دارد که توسعه سرمایه انسانی را از عوامل تعیین‌کننده رفتار تاب‌آورانه کشاورزان به دست آورده‌اند.



شکل ۲- ماتریس موقعیت عوامل مؤثر بر تاب‌آوری کشاورزان بر اساس اهمیت و عدم قطعیت

Fig. 2 - Position matrix of factors affecting farmers' resilience based on importance and uncertainty

پس از شناسایی عوامل برگزیده با روش ماتریس شوارتز، نحوه و میزان تأثیرگذاری هر عامل بر عوامل دیگر و نحوه و میزان تأثیرپذیری عوامل از یکدیگر نیز بررسی و تحلیل شد تا موقعیت و وضعیت عوامل به لحاظ تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مشخص شود، نتایج این تحلیل‌ها که با روش تحلیل اثرهای متقابل صورت گرفت در ادامه آورده شده است.

نتایج مرتبط با ماتریس اثرهای متقابل ماتریس اثرهای متقابل عوامل برگزیده تشکیل شد تا پیشران‌های کلیدی استخراج شده ضمن دارا بودن شاخص‌های اهمیت و عدم قطعیت بالا، شاخص‌های اثرگذاری و اثرپذیری بالا را نیز داشته باشند. بنابراین، عوامل گفته شده قابلیت استفاده به عنوان پیشران را در تهیه برنامه عملیاتی خواهند داشت. لازم است یادآوری شود پرکردن ماتریس اثرهای متقابل فرایندی کیفی است که برای هر

جفت متغیر/عامل این پرسش مطرح است: آیا رابطه‌ای از نوع تأثیر مستقیم بین متغیر/عامل اول و متغیر/عامل دوم وجود دارد؟ اگر پاسخ منفی باشد عدد صفر و اگر پاسخ مثبت باشد عددی از یک تا سه به تناسب شدت تأثیر در سلول قرار می‌گیرد و اگر از وجود رابطه اطمینانی نیست یعنی احتمال داده شود که ممکن است رابطه‌ای وجود داشته باشد، حرف P در سلول وارد می‌شود (Godet, 2008). نتایج تحلیل‌های ماتریس با استفاده از نرم‌افزار MICMAC در ادامه آورده شده است.

روایی و پایداری ماتریس

بر اساس شاخص‌های آماری ماتریس با چهار بار چرخش داده‌ای از روایی و پایداری ۱۰۰ درصد برخوردار شد که نشان از روایی و پایداری مناسب ماتریس است. این چرخش برای عوامل اثرگذار پس از چرخش چهارم ۱۰۰ درصد و برای عوامل اثرپذیر در چرخش اول ۱۰۰ درصد به دست آمد (جدول ۴).

درجهٔ پرشدگی ماتریس

درجهٔ پرشدگی ماتریس اثرهای متقابل ۷۹/۵۹ درصد به دست آمد که نشان می‌دهد عوامل انتخاب شده در بیش از ۷۹ درصد بر یکدیگر تأثیر دارند. مشخصات ماتریس تشکیل و تکمیل شده به شرح جدول (۵) بود.

لازم است گفته شود در ماتریس اثرهای متقابل مجموع عددهای هر سطر نشان دهندهٔ تأثیرگذاری عامل بر دیگر عامل‌ها و مجموع عددهای هر ستون نشان‌دهنده تأثیرپذیری آن عامل از دیگر عوامل است (Sepahvand et al., 2023). نتایج مجموع سطر و ستون هر عامل در جدول (۶) نشان داده شده است.

جدول ۴- پایداری ماتریس اثرهای متقاطع

Table 4- Stability of the interaction matrix

تکرار (چرخش)	متغیرهای اثرگذار	متغیرهای اثرپذیر
Rotation	Impact variables	Influence variables
۱	۸۶	۱۰۰
۲	۸۸	۱۰۰
۳	۱۱۴	۱۰۰
۴	۱۰۰	۱۰۰

جدول ۵- مشخصات ماتریس و آماره‌های آن

Table 5- Matrix specifications and its statistics

شاخص	ابعاد ماتریس	تعداد تکرار	بی تأثیر	تأثیر ضعیف	تأثیر متوسط	تأثیر زیاد	احتمال رابطه	جمع	درجهٔ پرشدگی
Index	Matrix Dimensions	Number of Repetitions	No (صفر)	Weak Effect (one)	Medium Effect (two)	High effect (three)	Probability of Relationship (P)	Sum	Degree of filling
مقدار	۷×۷	۴	۱۰	۸	۲۲	۸	۱	۳۹	۷۹/۵۹٪

جدول ۶- نتایج مجموع اثرگذاری (سطر) و اثرپذیری (ستون) هر عامل

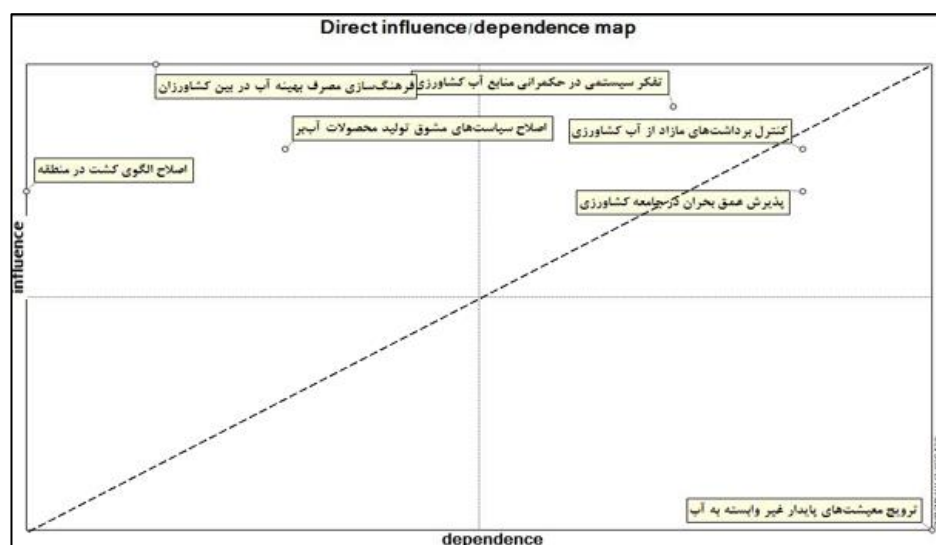
Table 6 - Results of the total impact (row) and influence (column) of each factor

ردیف	عوامل	جمع سطر	جمع ستون	مجموع سطر و ستون
Row	Factors	Sum of Row	Sum of Column	Sum of Row and Column
۱	تفکر سیستمی در حکمرانی منابع آب کشاورزی	۱۳	۱۲	۲۵
۲	اصلاح سیاست‌های مشوق تولید محصولات آب‌بر	۱۲	۹	۲۱
۳	پذیرش عمق بحران در جامعه کشاورزی	۱۱	۱۳	۲۴
۴	اصلاح الگوی کشت در منطقه	۱۱	۷	۱۸
۵	فرهنگ‌سازی مصرف بهینه آب در بین کشاورزان	۱۴	۸	۲۲
۶	کنترل برداشت‌های مازاد از آب کشاورزی	۱۲	۱۳	۲۵
۷	ترویج معیشت‌های پایدار غیروابسته به آب	۳	۱۴	۱۷
	مجموع	۷۶	۷۶	۱۵۲

پایداری سیستم

به روشنی قابل ارائه است. در مقابل، در سیستم‌های ناپایدار شناسایی و تحلیل متغیرهای کلیدی تأثیرگذار هر سیستمی نیازمند شناخت و تحلیل وضعیت پایداری یا ناپایداری آن سیستم است. در نرم افزار MICMAC نحوه پراکنش متغیرها در محیط سیستم تعیین کننده پایداری یا ناپایداری آن است، عوامل اگر در کل محیط سیستم پراکنده شوند، سیستم ناپایدار است و اگر به صورت حرف انگلیسی L در محیط سیستم قرار گیرند، سیستم پایدار است (Karimi & Sepahvand, 2019). در سیستم‌های پایدار، جایگاه هر یک از متغیرها کاملاً مشخص و نقش هر یک نیز

به روشنی قابل ارائه است. در مقابل، در سیستم‌های ناپایدار وضعیت پیچیده‌تر از سیستم‌های پایدار است (Godet, 2009). در این تحقیق توزیع و پراکنش عوامل در محیط اثرگذاری و اثرپذیری نشان داد وضعیت این سیستم ناپایدار است (شکل ۳). در سیستم‌های ناپایدار، متغیرهای اثرگذار دیگری هم وجود دارند که پایداری سیستم را تهدید می‌کنند (Rahbar et al., 2015). به‌علاوه، در سیستم‌های ناپایدار شناسایی متغیرهای کلیدی اندکی با مشکل و تضاد روبه‌روست (Jamshidi & Anabestani, 2022).

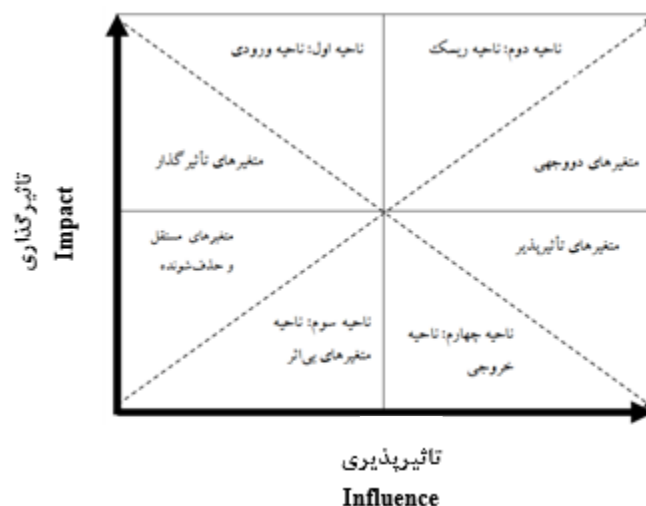


شکل ۳- نقشه پراکندگی عوامل و جایگاه آنها در محور تأثیرگذاری- تأثیرپذیری در خروجی مستقیم سیستم

Fig. 3- Scatter map of factors and their position on the impact-influence in the direct output of the system

تعیین پیشران های کلیدی

مختصات تحلیل اثرهای متقابل عوامل بر یکدیگر چهار ناحیه دارد که هریک میزان اثرگذاری و اثرپذیری عوامل را بر یکدیگر نشان می دهد. عوامل به تناسب مکان قرارگیری در گروه هایی با عنوان عوامل تأثیرگذار، عوامل دووجهی، عوامل تأثیرپذیر و عوامل مستقل دسته بندی می شوند (Abdolshahnejad et al., 2022) (شکل ۴). در ادامه، نوع متغیرها و توزیع عوامل تحقیق در مختصات اثرگذاری - اثرپذیری آورده شده است.



شکل ۴- مختصات تحلیل تأثیر متقابل متغیرها (رهبر و همکاران، ۱۳۹۷)

Fig. 4- Coordinates of the analysis of the interaction of variables

الف- عوامل تأثیرگذار

غیرقانونی آب باید به صورت مداخله دولتی پیش رود که این موضوع مهم می تواند با کاهش جذابیت محصولات آبربر از طریق حمایت نشدن از سوی دولت و ارائه الگوی کشت منطقه ای با قید مصرف کم و همچنین فرهنگ سازی مصرف بهینه فراهم آید.

ب- عوامل دو وجهی

در ماتریس اثرهای متقاطع، این عوامل دو ویژگی تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بالا بر عوامل دیگر را دارا هستند و معمولاً به دو دسته عوامل ریسک (حول قطر ناحیه دوم) و عوامل هدف (پایین قطر ناحیه دوم) تقسیم می شوند. عوامل ریسک ظرفیت بالایی برای تبدیل شدن به بازیگران کلیدی سیستم دارند که در این پژوهش عامل کنترل برداشت های مازاد از آب کشاورزی جزو این دسته قرار گرفت. عوامل هدف نمایانگر هدف های ممکن در سیستم و در واقع نتایج تکاملی سیستم هستند؛ به این عوامل، عوامل نتیجه نیز گفته

این متغیرها (عوامل) بحرانی ترین متغیرها هستند زیرا تغییرات سیستم وابسته به آنها و میزان کنترل بر این متغیرها بسیار مهم است (Nazari et al., 2019). در واقع میزان تأثیرگذاری این عوامل به مراتب بالاتر از میزان تأثیرپذیری آنها در آینده است. نتایج این پژوهش نشان داد عوامل اصلاح سیاست های مشوق تولید محصولات آبربر، فرهنگ سازی مصرف بهینه آب در بین کشاورزان و اصلاح الگوی کشت در منطقه دارای اثرگذاری بالا بر ظرفیت تاب آوری کشاورزان در برابر بحران کم آبی هستند. این نتیجه با نتایج مطالعات تافولا و همکاران (Tafula et al., 2015) همخوانی دارد. تولید محصولات آبربر و پرسود برای کشاورزان جذابیت فراوانی دارد و اطرافیان با وجود نارضایتی از مصرف بی رویه و غیرقانونی آب توسط برخی کشاورزان، توان مقابله با آنها را ندارند. بنابراین، منع مصرف بی رویه و

نگاه به ارتقا و توسعه تاب‌آوری، باید عواملی مانند اصلاح سیاست‌های مشوق تولید محصولات آب‌بر، فرهنگ‌سازی مصرف بهینه آب در بین کشاورزان، اصلاح الگوی کشت در منطقه پذیرش عمق بحران در جامعه کشاورزی، تفکر سیستمی در حکمرانی منابع آب کشاورزی، و کنترل برداشت‌های مازاد از آب کشاورزی مورد نظر برنامه‌ریزان قرار گیرد.

نحوه اثرگذاری مستقیم و غیرمستقیم عوامل بر یکدیگر
نحوه اثرگذاری مستقیم و غیرمستقیم عوامل بر یکدیگر را می‌توان با نمودار متناظر آن نمایش داد که در آن نمودار جهت اثرگذاری هر عامل بر دیگری توسط «پیکان‌ها» و میزان اثرگذاری به‌صورت عددی، در بالای پیکان نمایش داده می‌شوند. بر اساس توپولوژی عوامل، این نرم افزار قادر است عوامل کلیدی را استخراج و رتبه‌بندی کند (Rahbar et al., 2015). همانطور که شکل‌های (۵) و (۶) نشان می‌دهند، پیکان‌های خارج شده از عامل فرهنگ‌سازی مصرف بهینه آب بیش از پیکان‌های خارج شده از دیگر عوامل است که نشان از تأثیرگذاری زیاد این عامل دارد و پیکان‌های وارد شده به ترویج معیشت‌های غیروابسته به آب بیش از پیکان‌های وارد شده از دیگر عوامل است که نشان از تأثیرپذیری مستقیم و غیرمستقیم این عامل دارد. باید گفت اعداد نمایش داده شده روی پیکان‌های روابط مستقیم همان اعداد به اجماع رسیده (مد داده‌ها) است که در نرم‌افزار وارد و نتایج آن ارائه شده است و اعداد روی پیکان‌های روابط غیرمستقیم (شکل ۶) پس از به توان رسیدن چند باره اعداد توسط نرم افزار هستند.

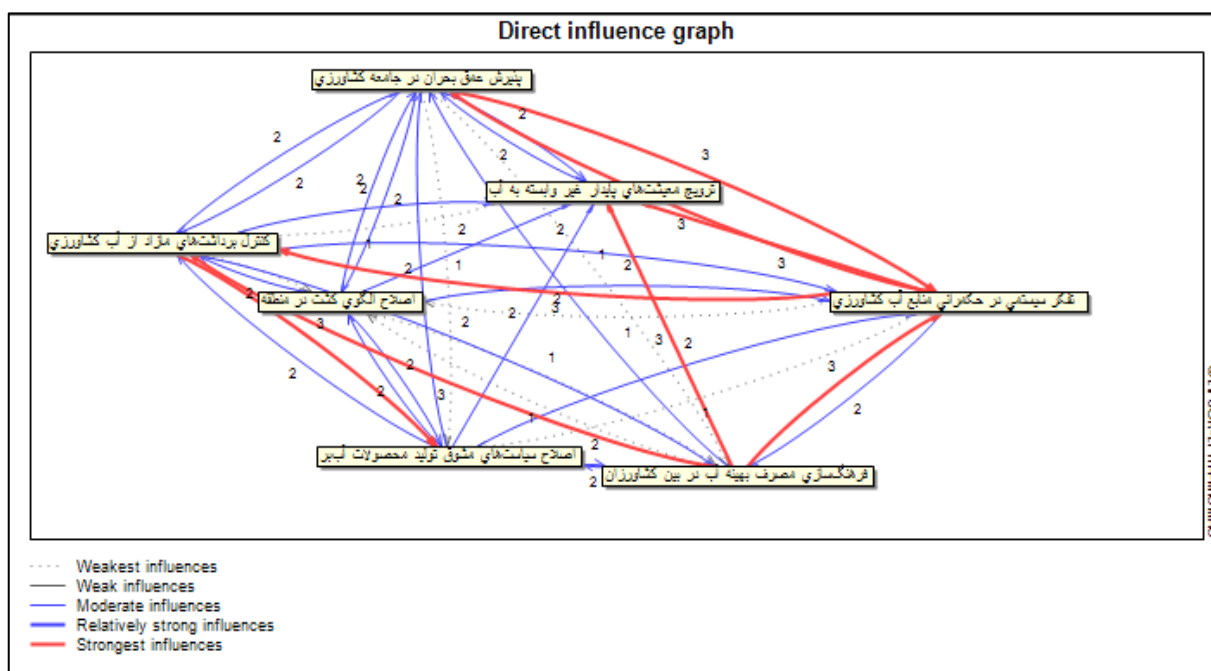
می‌شود. عامل پذیرش عمق بحران در جامعه کشاورزی در این محدوده قرار گرفت. در کل، عوامل دو وجهی این پژوهش (ناحیه دوم) عبارت‌اند از پذیرش عمق بحران در جامعه کشاورزی، تفکر سیستمی در حکمرانی منابع آب کشاورزی و کنترل برداشت‌های مازاد از آب کشاورزی. یادآوری می‌شود در این پژوهش این عوامل ضمن دارا بودن شاخص‌های اهمیت و عدم قطعیت بالا، شاخص‌های اثرگذاری و اثرپذیری بالا را نیز دارا هستند؛ بنابراین می‌توان گفت هر عملی روی آنها منجر به واکنش و تغییر دیگر عوامل خواهد شد.

پ- عوامل مستقل

این عوامل دارای تأثیرگذاری و تأثیرپذیری پایینی هستند و به طور مستقل عمل می‌کنند و چندان متاثر از عوامل دیگر نیستند که در این پژوهش عاملی در این محدوده قرار نگرفت.

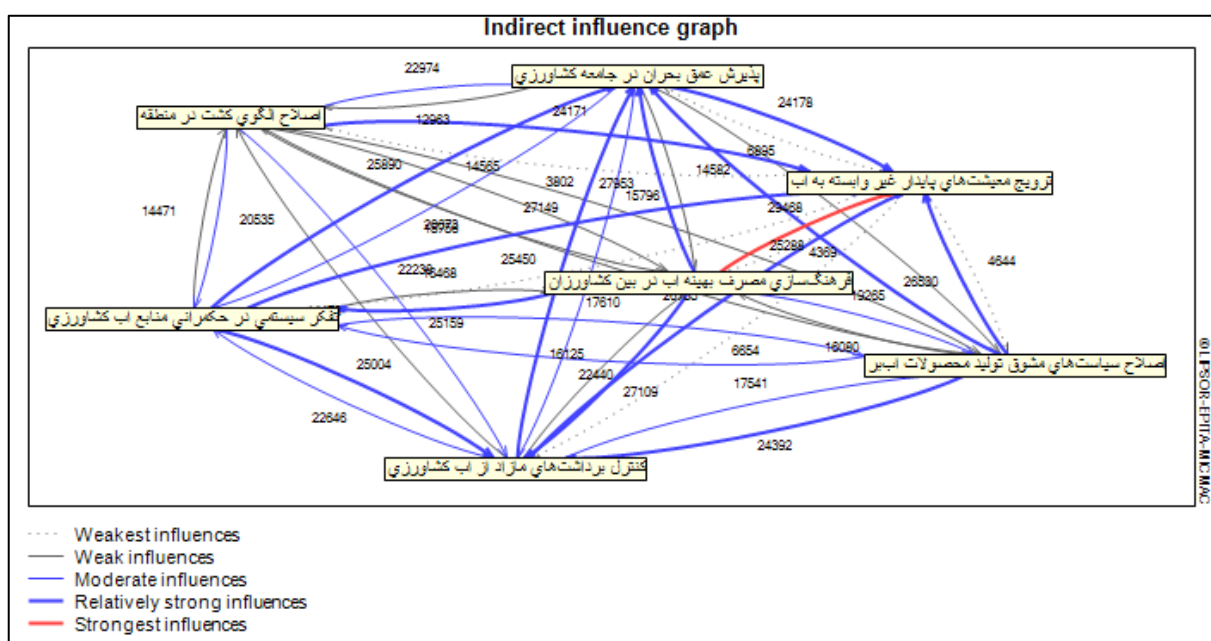
ت- عوامل تأثیرپذیر

این عوامل تأثیرگذاری پایین و تأثیرپذیری بسیار بالایی دارند، بنابراین نسبت به تغییرات عوامل تأثیرگذار و دووجهی بسیار حساس هستند و به عبارت دیگر این عوامل خروجی سیستم هستند. نتایج این پژوهش نشان داد که عامل ترویج معیشت‌های پایدار غیروابسته به آب جزو این متغیرهاست، یعنی عامل بسیار اثرپذیری است نسبت به دیگر عوامل. این عامل در اغلب مطالعات تاب‌آوری در حوزه کشاورزی در برابر مخاطرات طبیعی مانند خشکسالی، سیل و تغییرات اقلیم جزو عوامل افزایش‌دهنده تاب‌آوری شناخته شده است. اما باید توجه داشت این عامل خود تحت تأثیر عوامل مهم و اثرگذار دیگری است. بنابراین، برای استقرار معیشت‌های جایگزین با



شکل ۵- نقشه روابط (اثرگذاری و اثرپذیری) مستقیم عوامل بر یکدیگر

Fig. 5 - Map of direct relationships (Impact and influence) of factors on each other



شکل ۶- نقشه روابط (اثرگذاری و اثرپذیری) غیرمستقیم عوامل بر یکدیگر

Fig. 6 - Map of indirect relationships (Impact and Influence) of factors on each other

نتیجه گیری

این پژوهش با به کارگیری رویکرد آینده پژوهی و تحلیل اثرهای متقابل، به شناسایی و واکاوی پیشران های کلیدی مؤثر بر توسعه آبی ظرفیت تاب آوری کشاورزان استان زنجان در برابر بحران فزاینده کم آبی پرداخت. یافته اصلی مطالعه، فراتر از شناسایی فهرستی از عوامل، برجسته ساختن نقش محوری سه پیشران کلیدی است که به دلیل اهمیت بالا، عدم قطعیت قابل توجه و به ویژه نقش ارتباطی و پیوندی آنها (اثرگذاری و اثرپذیری بالا)، به مثابه نقاط اهرمی اصلی برای شکل دهی به آینده تاب آوری در این استان عمل می کنند. این سه پیشران عبارتند از: «پذیرش عمق بحران در جامعه کشاورزی»، «وجود تفکر سیستمی در حکمرانی منابع آب کشاورزی» و «کنترل برداشت های مازاد از آب کشاورزی». درک عمیق تعاملات پیچیده و بازخوردهای متقابل بین این سه پیشران، برای طراحی مداخلات مؤثر و پایدار در استان زنجان امری حیاتی است.

تحلیل روابط نشان می دهد که «پذیرش عمق بحران» به عنوان پیشران شناختی-اجتماعی، نقشی بنیادین و توانمندساز دارد. در استان زنجان، جایی که شواهد بحران آب کاملاً مشهود است - از کسری تجمعی نگران کننده آب زیرزمینی و ممنوعه و بحرانی شدن اکثر دشت های اصلی استان گرفته تا کاهش محسوس آورد رودخانه ها و برداشت حدود یک سوم از منابع آب زیرزمینی توسط چاه های غیرمجاز- نپذیرفتن یا کم اهمیت جلوه دادن این واقعیت ها توسط بخش هایی از جامعه کشاورزی یا حتی بدنه مدیریتی می تواند هرگونه اقدام اصلاحی را با مقاومت یا تعلل مواجه سازد. پذیرش گسترده و عمیق بحران، پیش نیاز ایجاد اراده جمعی و آماده بودن برای اجرای راهکارهای بعضاً دشوار مانند «کنترل برداشت های مازاد» و زمینه ساز اصلی برای درک ضرورت گذار از مدیریت سنتی و بخشی نگر به سمت «تفکر سیستمی در حکمرانی» است. «تفکر سیستمی در حکمرانی»، که خبرگان این پژوهش آن را نامشخص ترین

عامل برای آینده استان ارزیابی کردند، نقش یکپارچه کننده و راهبردی دارد. حاکم شدن چنین تفکری در میان نهادهای متعدد و بعضاً ناهماهنگ متولی آب و کشاورزی در استان زنجان می تواند تضمین کند اقداماتی مانند «کنترل برداشت ها» نه به صورت مجزا و صرفاً انتظامی بلکه به عنوان بخشی از یک بسته سیاستی جامع (شامل مدیریت تقاضا، اصلاح الگوی کشت، حمایت از معیشت های جایگزین، مدیریت مشارکتی و سایر موارد) و با در نظر گرفتن تمامی ابعاد فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی طراحی و پیاده سازی شود. تفکر سیستمی با برجسته ساختن این روابط متقابل می تواند به تقویت «پذیرش بحران» نیز کمک کند، زیرا نشان می دهد که ادامه روندهای فعلی چه پیامدهای گسترده و برگشتناپذیری برای کل سیستم اجتماعی- اکولوژیکی استان خواهد داشت. در این میان، «کنترل برداشت های مازاد»، با توجه به وابستگی شدید بخش کشاورزی استان به منابع آب (به ویژه آب زیرزمینی) و وضعیت بحرانی این منابع، یک اقدام عملیاتی و ضروری برای جلوگیری از فروپاشی کامل منابع پایه و حفظ حداقل های لازم برای تاب آوری آینده است. این عامل نه تنها پیش نیاز برای پایداری است، بلکه به صورت حلقه بازخورد بر دو پیشران دیگر نیز تأثیر می گذارد. توفیق ملموس در کنترل برداشت ها (که نیازمند تفکر سیستمی و پذیرش بحران است) می تواند اعتماد به سیستم حکمرانی را افزایش دهد و ضرورت اقدامات سازگارانه را بیشتر نمایان سازد (تقویت X3 و X8). بالعکس، ناتوانی در کنترل مؤثر برداشت ها می تواند تلاش ها را برای حکمرانی سیستمی بی اثر جلوه دهد و بحران را تشدید کند و سرانجام پذیرش آن را به شکل نامطلوب تری تحمیل کند. بنابراین، پیام کلیدی این پژوهش برای سیاست گذاران و برنامه ریزان استان زنجان این است که راهبرد مؤثر برای توسعه پایدار ظرفیت تاب آوری کشاورزان، نیازمند توجه همزمان، یکپارچه و مستمر به هر سه پیشران کلیدی (پذیرش بحران، تفکر سیستمی و کنترل برداشت ها)

استان برداشته شود؛ این گام‌ها عبارت‌اند از: راه‌اندازی پلتفرم عمومی و تعاملی آب‌نمای زنجان برای نمایش داده‌های کلیدی به زبان ساده؛ برگزاری منظم کارگاه‌های مشارکتی تحلیل پیامدهای کم‌آبی با حضور کشاورزان مناطق مختلف، مدیران و متخصصان برای بررسی سناریوهای آینده؛ و طراحی و اجرای بسته‌های آموزشی-ترویجی بحران آب ویژه کشاورزان و دانش‌آموزان روستایی با تمرکز بر وضعیت آبخوان‌های محلی. این درک مشترک، سرمایه اجتماعی لازم را برای حمایت از اجرای راهبردهای حکمرانی سیستمی و پذیرش اقدامات کنترل برداشت فراهم می‌کند.

۲- راهبرد دوم، استقرار حکمرانی سیستمی، یکپارچه و تطبیقی آب: برای عبور از مدیریت جزیره‌ای و بخشی‌نگر کنونی، لازم است ساختار و فرآیندهای حکمرانی آب در استان زنجان با رویکرد سیستمی بازآرایی شود. پیشنهاد می‌شود این اقدام‌ها در دستور کار قرار گیرد: تشکیل شورای عالی آب استان زنجان با اختیارات کافی و با حضور تمامی ذی‌نفعان کلیدی برای راهبری یکپارچه؛ الزامی کردن پیوست تحلیل اثرهای سیستمی آب برای تمامی طرح‌های توسعه‌ای استان؛ تعریف شاخص‌های کلیدی عملکرد مشترک برای ارزیابی هماهنگ دستگاه‌های مسئول؛ و ایجاد شبکه‌های تخصصی حل مسئله آب بین کارشناسان دستگاه‌های مختلف. چنین ساختار و رویکردی می‌تواند تضمین کند اقدامات کنترل برداشت به صورت عادلانه، کارا و در هماهنگی با سایر برنامه‌های توسعه و سازگاری اجرا شود و بازخوردهای لازم برای تقویت پذیرش بحران ایجاد گردد.

۳- راهبرد سوم، اجرای برنامه جامع، هوشمند و مشارکتی کنترل برداشت‌ها: با توجه به نقش محوری کنترل برداشت در حفظ منابع باقی‌مانده آب زیرزمینی زنجان، اجرای برنامه‌ای قاطع و هوشمند ضروری است. این برنامه باید شامل تکمیل و هوشمندسازی سامانه اندازه‌گیری حجمی آب برای تمامی چاه‌های مجاز با قابلیت پایش آنلاین

و مدیریت فعالانه تعاملات پیچیده بین آنهاست. تمرکز بر هر یک از این پیشران‌ها به تنهایی، بدون توجه به دو پیشران دیگر، احتمالاً به نتایج پایدار و مطلوب منجر نخواهد شد.

در مجموع، یافته‌های این پژوهش دارای پیامدهای مهم نظری و کاربردی است. از لحاظ نظری، این مطالعه اهمیت به‌کارگیری رویکردهای سیستمی و آینده‌نگر مانند تحلیل اثرهای متقابل عامل‌ها را برای درک عمیق‌تر دینامیک‌های پیچیده تاب‌آوری و شناسایی نقاط مداخله مؤثر، فراتر از صرفاً فهرست کردن عوامل، نشان می‌دهد. برجسته شدن همزمان عوامل شناختی-اجتماعی (X3)، رویکردی-حکمرانی (X8) و فنی-نظارتی (X20) به عنوان پیشران‌های محوری، بر ماهیت چندوجهی تاب‌آوری و لزوم توجه یکپارچه به ابعاد مختلف آن تأکید می‌کند. از دیدگاه کاربردی و سیاست‌گذاری برای استان زنجان، نتایج این پژوهش قویاً بیان می‌کند برنامه‌ها و مداخلات آتی برای توسعه پایدار ظرفیت تاب‌آوری کشاورزان باید به طور ویژه بر تقویت و بهبود همزمان این سه پیشران کلیدی متمرکز شوند. پرداختن صرف به عوامل تأثیرگذار یا تأثیرپذیر، بدون توجه به این سه عامل محوری که نقش پیوندی و تسهیل‌گری دارند، ممکن است به نتایج پایدار و سیستمی منجر نشود.

با توجه به یافته‌های کلیدی پژوهش مبنی بر نقش محوری و تعامل پیچیده سه پیشران پذیرش عمق بحران، تفکر سیستمی در حکمرانی و کنترل برداشت‌های مازاد در توسعه آبی ظرفیت تاب‌آوری کشاورزان استان زنجان و در عین حال با در نظر گرفتن شرایط بحرانی منابع آب و وابستگی کشاورزی استان به این منابع، پیشنهادها کاربردی زیر در راستای تقویت متوازن این سه پیشران و افزایش تاب‌آوری ارائه می‌شود:

۱- راهبرد اول، نهادینه‌سازی پذیرش آگاهانه بحران آب در استان زنجان: در این خصوص پیشنهاد می‌شود به جای اطلاع‌رسانی‌های کلی مجموعه‌ای از گام‌های مشخص برای ایجاد درک عمیق و مشترک از وضعیت بحرانی منابع آب

و اعمال نظام تخصیص/تعرفه‌گذاری حجمی انعطاف‌پذیر (با لحاظ‌کردن الگوی کشت و ملاحظات اجتماعی)؛ اجرای برنامه شفاف و هدفمند برای تعیین تکلیف برداشت‌های غیرمجاز (ترکیب برخورد با متخلفان عمده و ارائه راهکار ساماندهی مشروط برای چاه‌های کم‌اثر)؛ و به‌کارگیری «ظرفیت‌های نظارت مردمی و فناوری‌های نوین» (مانند سنجش از دور و اپلیکیشن‌های گزارش‌دهی) برای افزایش اثربخشی نظارت و کاهش تخلفات باشد. توفیق این برنامه مستلزم حمایت اجتماعی حاصل از X3 و هدایت سیستمی X8 است.

در پایان، ضروری است به محدودیت‌های روش‌شناسی پژوهش اشاره شود تا خواننده در تفسیر نتایج دقت لازم را داشته باشد. این مطالعه با بهره‌گیری از روش‌های آینده‌پژوهی مانند تحلیل عدم قطعیت بحرانی و تحلیل اثرهای متقابل و تلفیق آن با قضاوت خبرگان، به شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر ظرفیت‌سازی تاب‌آوری پرداخته است. این رویکردها برای تحلیل مسائل پیچیده، سیستمی و چندبعدی مناسب هستند (Amer et al., 2013)، اما محدودیت‌هایی نیز دارند که باید مدنظر قرار گیرند. نخست، روش‌های مذکور بر پایه نظرهای انسانی استوارند که همواره

با سوگیری‌های ذهنی، نهادی و گروهی همراهاند (Okoli & Pawlowski, 2004). دوم، به‌رغم تلاش در انتخاب پانلی متنوع از خبرگان، مواردی مانند اختلاف در سوابق تخصصی، علایق بخشی و دیدگاه‌های شخصی می‌تواند بر امتیازدهی عوامل اثر بگذارد. برای نمونه، رتبه پایین عامل "قیمت‌گذاری واقعی آب" ممکن است برخاسته از ملاحظات اجتماعی یا سیاسی برخی خبرگان باشد، در حالی که شواهد تجربی اهمیت کلیدی آن را در بالابردن بهره‌وری مصرف آب تأیید کرده‌اند (Molle & Berkoff, 2007). سوم، تعاملات غیرخطی، اثرهای هم‌زمان و روابط دینامیکی بین متغیرها در چنین روش‌هایی به‌خوبی شناسایی نمی‌شوند. چهارم، استفاده از میانگین نظرها ممکن است باعث نادیده‌گرفتن دیدگاه‌های نوآورانه، انتقادی یا اقلیت شود. امکان اثرپذیری پاسخ‌ها از فشار گروهی یا تمایل به اجماع ظاهری وجود دارد (Rowe & Wright, 1999). از این‌رو، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی از روش‌های ترکیبی مانند مدل‌سازی سیستمی، تحلیل حساسیت، داده‌کاوی و اعتبارسنجی تجربی بهره‌گیری شود تا هم دقت یافته‌ها افزایش یابد و هم قابلیت تعمیم آنها بهبود یابد.

مراجع

- Abdolshahnejad, M., Khosravi, H., Nazari Samani, A., & Alambeigi, A. (2022). Identification of variables affecting farmer's resilience to dust based on expert opinion. *Iranian Rangeland and Desert Research*, 29 (1). 36-52. (in Persian).
- Agricultural Statistics Year 1401-1402 (2024). Deputy Director of Statistics, *Center for Statistics, Information and Communication Technology*. 1 and 3. (in Persian)
- Alibakhshi, H., Dourandish, A. & Sabuhi Sabuni, M. (2020). Investigating the Effects of Climate Change on the Agricultural Market. *Agricultural Economics*, 13(4), 55-86.
- Amer, M., Daim, T. U., & Jetter, A. (2013). A review of scenario planning. *Futures*, 46, 23–40.
- Ardakaniyan, R (2021). Water Scarcity Adaptation National workgroup. Available on: <https://www.wsanw.ir>. National Water Scarcity Adaptation Program Book (in Persian).
- Asadpourian, Z., Naderi mahdei, K. & Mohammadi, Y. (2022). Investigating the Strategies of Sustainable Management of Agricultural Water Resources in Lorestan Province. *Iranian Agricultural Extension and Education Journal*, 17(2), 63-80. (in Persian).
- Astaneh, M., Taghipour, F. & Davazdahemami, M. H. (2019). developing a model for social capacity building and water crisis socialization. *strategic Research on Social Problems in Iran*, 8(2), 25,19-22. (in Persian).

- Bagheri, E., Fard Moradinia, S., Jani, R. & Falsafian, A. (2024). Analysis and Investigation of Hydrological Drought Indicators in Mahenshan of Zanjan Province. *Iran-Watershed Management Science & Engineering*, 18(65), 74-93.
- Bagheri, R., Ghorbani, M., Khalighi Sigaroudi, S. & Alambeigi, A. (2021). Analysis of Factors Affecting Resilience of Local Communities in the Face of Climate Fluctuations in Yazd. *Journal of Range and Watershed Managment*, 74(2), 303-321. (in Persian).
- Bathaïy, S. S., Chizari, M. & Sadighi, H. (2024). Discriminant Function of the Factors Determining the Farmers' Resilience to Climate Changes (Case Study: Farmers in Ghezel Ozan River Basin, Zanjan Province). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 55(1), 95-112. (in Persian).
- Behboudi, D. & Ghorbani, F. (2023). Analyzing the Leverage Points of Qualitative System Dynamic Model of Water Governance (Case Study: Qarranqu Basin), *Iran-Water Resources Research*. 19 (1). 22-45. (in Persian).
- Benhamou, P. A., Bernués, A., Gaspar, P., Lizarralde, Manuel, J., Mancilla, L., Mandaluniz, N., Mena, Y., Soriano, B., Ondé, D., & Collado, M. (2024). How do farm and farmer attributes explain perceived resilience? *Agricultural Systems*, Vol 219.
- Chikwanha, O.C., Mupfiga, S., Olagbegi, B.R., Katiyatiya, C.L.F., Molotsi, A.H., Abiodun, B.J., Dzama, K., & Mapiye, C. (2021). Impact of water scarcity on dryland sheep meat production and quality: Key recovery and resilience strategies, *Journal of Arid Environments*, 190, 104511.
- Chimi, P. M., Mala, W., Fobane, J. L., Ngamsou A. K., Batamack N. B., Nganmeni, L., Pokam, E., Minfele, S., Matick, J. Tchandjie, F., Manga, F., & Bell, j. m. (2024). Factors affecting decision-making to strengthen climate resilience of smallholder farms in the Centre Region of Cameroon. *Climate Smart Agriculture*. 1(1), 100004.
- Delangizan, S., Karimi, M. SH., & Norouzi, H. (2017). Regional Scenario Planning Based On Critical Uncertainties. *Urban Management*, 16(3) 48, 497-512. (in Persian).
- Delbecq, A. L., Van de Ven, A. H., & Gustafson, D. H. (1975). *Group Techniques for Program Planning: A Guide to Nominal Group and Delphi Processes*. Scott Foresman.
- Finke, P. (2024). Modelling soil development under global change. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-55583-1>
- Godet, M. (2008). Strategic foresight: Use and misuse of scenario building. *Cahiers du LIPSOR*, Paris.
- Godet, M., & Durance, P. (2011). *Strategic Foresight for Corporate and Regional Development*. UNESCO Publishing.
- Haas, S., Gianoli, A., & Van Eerd, M. (2021). The roles of community resilience and risk appraisal in climate change adaptation: the experience of the Kannagi Nagar resettlement in Chennai. *Environment and Urbanization*, 33(2), 560–578.
- IPCC (2014). Climate change 2014, Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report.
- Jafari, A.M., Ghadami Firouzabadi, A., Solgi, M., Zarei, GH., & Shanazi, K. (2024). Economic Valuation of Water in Agricultural Sector of Hamedan Province, Iran. *Water Research in Agriculture*, 37(4), 369-383. (in Persian).
- Jamshidi, A. & Anabestani, A. (2022). Interpretive Structural modeling of factors affecting the development of resilience to climate change (with emphasis on drought) of villagers in west of Urmia Lake. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 11(42), 1-22. (in Persian).
- Karimi, S., & Sepahvand, F. (2019). Effective educational drivers on the economic empowerment of women in Nahavand rural communities in line with the development of home businesses. *Agricultural Education Research Management*. 12(54). 30-52. (in Persian).
- KHodamoradi, S., Maddahi, M. E., Ahmadi, H., Besharat, M. A., & Mazaheri Tehrani, M. M. (۲۰۲۱). The Conceptualization of Cultural Resilience. *Strategic studies of public policy (Strategic studies of globalization Journal)*. 11(38). 276-297. (in Persian)

- Kuntke, F., Linsner, S., Steinbrink, E., Franken, J., & Reuter, C. (2022). Resilience in Agriculture: Communication and Energy Infrastructure Dependencies of German Farmers. *International Journal of Disaster Risk Science*, 13(2), 214-229.
- Maracchi, G. (2000). Agricultural drought—a practical approach to definition, assessment and mitigation strategies. In *Drought and drought mitigation in Europe*, 63-75. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Mesgaran, M. & Azadi, P. (2018). A National Adaptation Plan for Water Scarcity in Iran. Stanford Iran 2040 project. www.iranian-studies.stanford.edu/iran2040
- Mohammadloo, M., Rahmani Fazli, A. R., Sajadi, J. & Cheraghi, M. (2024). Evaluating the effects of drought on economic resilience of rural settlements (case study: Mahneshan County, Zanzan province). *Economic Geography Research*, 5(15), 1-19. (in Persian).
- Molle, F., & Berkoff, J. (2007). *Water pricing in irrigation: Mapping the debate in the light of experience*. Book Chapters, International Water Management Institute.
- Moradi, Z & Azami, S (2024). Major Drivers of Water Stress: An Empirical Analysis of Iran, *Journal of Quantitative Economics*, in press. (in Persian).
- Nazari, B., Jenab, M. & Fazeli Sangani, M. (۲۰۱۹). Analysis of Gross Value of Irrigated Agricultural Products in Qazvin Province Based on Gviap Index. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 8 (3), 11-25. (in Persian).
- Nicholas, P., Fowler, S., Midmore, P., Coopmans, I., Draganova, M., Petitt, A. & Senni, S. (2021). Evidence of resilience capacity in farmers' narratives: Accounts of robustness, adaptability and transformability across five different European farming systems. *Journal of Rural Studies*. 88. 388-399.
- Okoli, C., & Pawlowski, S. D. (2004). The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. *Information & Management*, 42(1), 15–29.
- Omran, A., Khorish, M. & Saleh, M. (2014). Structural analysis with knowledge-based MICMAC approach. *International Journal of Computer Applications*, 86 (5), 256-268.
- Pourasadollah. M. & Rhimizadeh M. R. (2018). An introduction to water governance, climate change and uncertainty. *Journal Extension Scientific (Professional) Aquifer*. (in Persian).
- Prat-Benhamou, A., Bernués, A., Gaspar, P., Lizarralde, J., Mancilla-Leytón, J., Mandaluniz, N., Mena, Y., Soriano, B., Onde, D., & Martin-Collado, D. (2024). How do farm and farmer attributes explain perceived resilience? *Agricultural Systems*. 219. 104016.
- Rafiei, M. (2021). The pillars of futures studies. available on: <https://modireamari.org>
- Rahbar. S. A. Shahhosseini A. A. & Niazi. I. (2018). Identifying and analyzing macro trends affecting crude oil prices with a foresight approach. *Management Improvement*. 40 (12), 26-1. (in Persian).
- Ramazani, M. E., & Khodapanah, K. (2021). Future Study of Resilience Improvement of Rural Against Drought Based on Practical Training, A Case Study: Ghale Chaei Watershed Area. *Regional Planning*, 10(40), 147-162. (in Persian).
- Rowe, G., & Wright, G. (1999). The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. *International Journal of Forecasting*, 15(4), 353–375.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98.
- Sadeghloo, T., Bozarjemehri, K. & Ahmadi, S. (2022). Analysis the Effect of Perception of flood Risk on the Resilience of Local Communities to Disasters (Study Area: Villages of Binalood County). *Geography and Environmental Planning*, 33(3), 119-138. (in Persian).
- Saei, R., Asadi, A., Kalantari, K. & Alambeigi, A. (2024). The Application of Futures Studies in Identifying and Analyzing Factors Affecting the Challenges of Damask Roses Cultivation Development in East Azerbaijan Province. *Iranian Agricultural Extension and Education Journal*, 19(2), 39-53. (in Persian).
- Sarmasti, M. (2021). Fars News Agency interview with the director of the Protection and Operation Office of the Zanzan Regional Water Company. Available on: <https://farsnews.ir/Provinces/1666006748000087110> (in Persian).

- Sepahvand, F., Naderi Mahdei, K., Gholamrezai, S. & Bijani, M. (2023). The Use of Foresight in the Sustainable Management of Water Resources in the Agricultural Sector of the Karkheh-Olia Basin. *Journal of Rural Research*, 13(4), 650-669. (in Persian).
- Seyed Akhlaghi, S. J. & Taleshi, M. (2018). Improving the resilience of local communities; Future Strategy for dealing with drought Case study: Hablehrood watershed. *Iran Nature*, 3(3), 60-68. (in Persian).
- Tafula, M., Chilundo, M., Sousa, W., Bjornlund, H., Pittock, J., Ramshaw, P., & Wellington, M. (2025). Climate change adaptation benefits from rejuvenated irrigation farming systems in Mozambique. *International Journal of Water Resources*.
- World Resources Institute (WRI) (2021). Ensuring Prosperity in a Water-stressed World – our challeng. Available on: <https://www.wri.org/water>.
- Yeganegi, S.K. & Babaei, F. (2022). Application of Operations Research in Futures Studies. *Research Paper on Industrial Management and Engineering*, 4(13), 124-133. (in Persian).
- Zanjan Regional Water Company (2022). Report on the Status of Groundwater Resources in Zanjan Province. *Ab-ban Quarterly*, (20), 11.
- Zhou, H., Jing'ai W., Jinhong W., & Huicong J. (2009). Resilience to natural hazards: A geographic perspective. *Nat Hazards*, 53:21-43.