

Analysis of Social Resilience to Drought Using LPCIEA Index (Case Study: Mohammadabad and Majdabad Villages, Marvdasht County, Fars Province)

P. Ebrahimi^{1*}, S.M. Soleimanpour²

1- Watershed Management Research Department, Hamadan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamadan, Iran

(* - Corresponding Author Email: p.ebrahimi@areeo.ac.ir)

2- Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

Received: 28 June 2026

Revised: 07 September 2026

Accepted: 08 September 2026

Available Online: 08 September 2026

How to cite this article:

Ebrahimi, P., & Soleimanpour, S.M. (2026). Analysis of social resilience to drought using LPCIEA index (Case study: Mohammadabad and Majdabad Villages, Marvdasht County, Fars province). *Journal of Soil and Water*, 40(3), 347-363. (In Persian).
<https://doi.org/10.22067/jsw.2026.99602.1562>

Introduction

Drought can be considered one of the most significant hazards for sustainable living in rural areas of Iran, many regions of which are characterized by arid and semi-arid climates. During the last decades, drought occurrence has led to a decrease in the provision of ecosystem services and negative socio-economic consequences. Moreover, pressure on surface and underground water has been rising, especially in the agriculture-focused Fars Province. Despite numerous drought assessment studies performed in Iran, the use of composite indexes that would integrate both social and environmental aspects of drought resilience on the basis of objective and available data is relatively rare. Indeed, earlier studies had used narrow criteria sets or questionnaire-based approaches to estimate social resilience, without developing a replicable data-driven approach. However, such a development is needed due to the multi-dimensional nature of the concept, which encompasses several factors like land use dynamics, population trends, agricultural diversity, irrigation systems, education, and employment age structure. Therefore, development of a composite index to analyze all those factors is required for effective decision-making in this field. In this paper, the analysis of social resilience to drought on the basis of the LPCIEA composite index is conducted in two rural settlements – Mohammadabad and Majdabad – of Marvdasht County, Fars Province, over a 24-year period (2000-2024).

Materials and Methods

LPCIEA composite index includes six criteria: Land use (L), Population (P), Crop diversity (C), Irrigation level (I), Education (E), and Employment age (A). Data on these criteria were collected from various sources: Landsat ETM (2000) and Sentinel-2 (2024) imagery for land use classification and Normalized difference vegetation index (NDVI) calculation; census statistics and village level data for population and education; and field survey for irrigation level and crop diversity. Image pre-processing, including atmospheric and geometric correction, was carried out in Environment for Visualizing Images (ENVI) 5.6, while maps of land uses were created on the basis of Support Vector Machines (SVM) classification with accuracy from 86% to 91% and Kappa index from 0.82 to 0.89. Crop diversity was estimated on the basis of Shannon-Wiener index. All variables were standardized using the Min-Max method to 0-1 scale. Weights for each criterion and sub-indicator were objective and estimated by means of Principal Component Analysis (PCA), which accounted for 76.4% of total variance using five principal components. Resilience score (R) for each village was calculated as a linear weighted combination of six standardized criteria. Multiple regression analysis (ENTER method) was used to determine contributions of each criterion to total resilience. Model validation was carried out using Durbin-Watson statistic



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

<https://doi.org/10.22067/jsw.2026.99602.1562>

and tests for multicollinearity (VIF and Tolerance), while spatial maps of resilience were generated for 2000 and 2024.

Results and Discussion

Over the period of 24 years, 12 states of resilience were identified for the two villages and six criteria. Six of them were red ("very low resilience"), three were yellow ("moderate but declining") and only three states were green ("favorable"), which indicates the dominance of critical states and a long-term erosive trend. The regression model had excellent goodness-of-fit, with multiple correlation coefficient (R) of 0.995 and adjusted R^2 0.98, while Durbin-Watson statistic of 1.892 indicates the absence of autocorrelation. Out of six criteria, "Crop diversity" (C) had the greatest positive and statistically significant effect on resilience with the beta coefficient of 0.785 ($p < 0.01$), contributing to 96% of explained variance. On the contrary, "Education" (E) had the lowest effect ($\beta = 0.095$, $p = 0.63$), which indicates that despite the considerable increase in literacy rates, it had little influence on drought resilience in compared with agricultural diversification and irrigation. Other criteria in order of importance were Population ($\beta = 0.465$), Employment age ($\beta = 0.430$), Land use ($\beta = 0.380$), and Irrigation ($\beta = 0.250$). The derived regression equation is as follows: $R = 1.450 + 0.090L + 0.220P + 0.185C + 0.110I + 0.040E + 0.145A$. According to temporal analysis, Majdabad village showed considerable population growth (resilience score from 46 to 77), Mohammadabad village showed moderate growth (44 to 50), while both villages suffered from a severe decrease in crop diversity (from 42 to 7 points) and irrigation level (from 36 to 16 points), which is a consequence of water shortage. On the other hand, the education score increased substantially (from 8 to 41-46 points), but did not lead to the corresponding increase in resilience because of the priority of production-related factors.

Conclusion

It is evident that drought resilience in the analyzed villages is mostly determined by crop diversification and availability of water resources, rather than demographic and educational factors. Majdabad village, which has greater population (8,970 people) and greater pressure on resources, needs urgent adaptive measures, followed by Mohammadabad. The dominance of red-status resilience states (6 of 12) indicates critical a threshold, and immediate policy measures are needed. Therefore, the following recommendations can be made on the basis of this research. It is necessary to focus the supportive policies on increasing crop diversity, promotion of crops with low water demand and diversification of the agricultural portfolio. Equally important is active participation of local communities in decision-making bodies – like strategic planning, priority setting and budget allocation, which will promote social cohesiveness and joint actions. Different villages showed different adaptive capacities under similar climatic conditions, therefore, a differentiated rather than general strategy is needed. The index LPCIEA, which provides objective weighting based on PCA and uses replicable satellite and census data, is a useful instrument for periodic resilience monitoring. Future research should expand this approach to other regions and incorporate climate projection scenarios into it.

Acknowledgement

This work is derived from part of the results of an independent research subproject entitled "Analysis of Social Resilience to Drought Using a Composite Index (Case Study: Fars Province)", with code 0-66-29-012-010495 and approved by the Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. The authors of this article would like to acknowledge the cooperation and support of that research institute and the support of the Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center.

Keywords: Composite index, Drought, Fars, Social resilience

تحلیل تاب‌آوری اجتماعی در برابر خشک‌سالی با استفاده از شاخص LPCIEA (مطالعه موردی: روستاهای محمدآباد و مجدآباد شهرستان مرودشت استان فارس)

پیام ابراهیمی^{۱*} - سید مسعود سلیمان‌پور^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۴/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۱۷

چکیده

خشک‌سالی در مناطق کشاورزی یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی مؤثر بر پایداری جوامع روستایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران است. پیامدهای آن در قالب کاهش خدمات اکوسیستم، اختلال در معیشت و افزایش فشار بر منابع آب، به‌ویژه در استان فارس قابل مشاهده است. با وجود پژوهش‌های متعدد در زمینه ارزیابی خشک‌سالی، کاربرد شاخص‌های ترکیبی که بتوانند هم‌زمان ابعاد انسانی و محیطی تاب‌آوری را با استفاده از داده‌های عینی و در دسترس تحلیل کنند، در ایران محدود بوده است. هدف پژوهش حاضر، تحلیل تاب‌آوری اجتماعی در برابر خشک‌سالی با بهره‌گیری از شاخص ترکیبی LPCIEA در دو روستای محمدآباد و مجدآباد (شهرستان مرودشت، استان فارس) در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۳ است. شش معیار کاربری اراضی، جمعیت، تنوع محصولات زراعی، سطح آبیاری، تحصیلات و سن اشتغال با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و سنتینل، آمار رسمی و پیمایش میدانی کمی‌سازی شدند. وزن‌دهی معیارها با تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) و مدل‌سازی با رگرسیون چندگانه انجام گرفت. یافته‌ها نشان داد از مجموع ۱۲ وضعیت تاب‌آوری ثبت شده، ۶ وضعیت در طبقه قرمز (بسیار پایین)، ۳ وضعیت زرد (متوسط رو به کاهش) و ۳ وضعیت سبز (مطلوب) قرار گرفته‌اند که بیانگر غلبه شرایط بحرانی در منطقه است. بر اساس ضرایب رگرسیونی، معیار «تنوع محصولات زراعی» با ضریب بتای ۰/۷۸۵ بیشترین تأثیر مثبت و معنی‌دار را بر تاب‌آوری داشته است ($p < ۰/۰۱$) در حالی که معیار «تحصیلات» با ضریب ۰/۰۹۵ کمترین اثر را نشان داده است. ضریب همبستگی چندگانه ($R = ۰/۹۹۵$) و آماره دوربین-واتسون ($۱/۸۹۲$) حاکی از برازش قوی و عدم خودهمبستگی مدل است. نتایج بیانگر آن است که روستای مجدآباد به دلیل جمعیت بیشتر و فشار افزون‌تر بر منابع، در اولویت نخست اقدامات سازگاری و بهبود تاب‌آوری قرار دارد. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود سیاست‌های حمایتی با هدف افزایش تنوع کشت، توسعه محصولات کم‌آبر و مشارکت فعال جوامع محلی در نهادهای تصمیم‌گیری تدوین شوند. اقدامات پیشنهادی نشان داد ظرفیت سازگاری متفاوتی با خشک‌سالی نسبت به روستای مجاور در شرایط آب و هوایی مشابه نیاز است.

واژه‌های کلیدی: استان فارس، تاب‌آوری اجتماعی، خشک‌سالی، شاخص ترکیبی

مقدمه

سطحی و زیرزمینی امکان‌پذیر است (Afrin *et al.*, 2024; Bahta) و شاخص‌های اقتصادی-اجتماعی نیز از طریق پرسش‌نامه ابعاد بحران را نشان می‌دهند. در ایران مطالعات با رویکرد یک‌جانبه گرایانه مانند آب یا کشاورزی انجام می‌شود و اثرات پنهان مهاجرت و انسان در ارتباط با محیط کشاورزی کمتر توجه شده است. بسیاری از مطالعات داخلی معیارهای محدود یا بسیار پیچیده را استفاده

خشک‌سالی‌های اخیر خدمات اکوسیستم را به شدت کاهش داده و پیامدهای متنوعی مانند مهاجرت، خسارت به محصولات کشاورزی و اختلال در تأمین معیشت به همراه داشته است. پایش دوره‌ای این پدیده با سنججه‌هایی مانند بارندگی، دما، حجم و کیفیت منابع آب

۱- واحد تحقیقات آبخیزداری مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
(نویسنده مسئول: Email: p.abrahimi@areeo.ac.ir)

۲- بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

سرمایه‌های معیشتی از سوی دولت را مهم‌ترین رکن تاب‌آوری در برابر تغییر اقلیم بر شمرده‌اند. یافته‌های (Bahta et al., 2016) نشان داد توانمندسازی زنان خرده‌مالک روستایی در برابر خشک‌سالی با استفاده از شاخص توانمندسازی کشاورزی، شامل معیارهایی چون سن اشتغال، سطح اراضی، حجم آب آبیاری، درآمد و عضویت در تعاونی‌ها امکان‌پذیر است.

ادبیات پژوهش تأیید می‌کند که با وقوع خشک‌سالی تعارضات اجتماعی افزایش یافته، اقتصاد خانوار تضعیف می‌شود و زنجیره تأمین غذا به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه که استرس خشک‌سالی با فشار اقتصادی ترکیب می‌شود، آسیب می‌بیند. کاهش تاب‌آوری در جوامع روستایی مناطق خشک و نیمه‌خشک پیامدهای اجتماعی-اقتصادی گسترده‌ای دارد. از این رو، تحلیل تاب‌آوری در مقیاس کشاورزان از طریق یک شاخص ترکیبی، شناسایی جوامع پایدار و تقویت جوامع شکننده را میسر می‌سازد و انتخاب حوزه‌های آبخیز آسیب‌پذیر را برای اولویت‌بندی اقدامات اجرایی تسهیل می‌کند. بر اساس شواهد موجود، معیارهایی مانند تغییرات جمعیت، تنوع محصولات، پوشش و کاربری اراضی، دسترسی به منابع آب، سطح آبیاری، سن و تحصیلات ارتباط معناداری با خشک‌سالی و تاب‌آوری دارند و افراد در گروه‌های سنی مختلف واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند. به کارگیری چنین معیارهایی در قالب یک شاخص ترکیبی، امکان بازنمایی دقیق اثرات بحران‌ها و اتخاذ تصمیم‌های آگاهانه را فراهم می‌سازد. با توجه به این ضرورت، پژوهش حاضر به تحلیل تاب‌آوری اجتماعی در برابر خشک‌سالی با استفاده از شاخص ترکیبی LPCIEA در روستاهای محمدآباد و مجدآباد شهرستان مرودشت استان فارس می‌پردازد. شاخص LPCIEA مزایایی همچون سادگی کاربرد، قابلیت تطبیق با ویژگی‌های هر کشور، استفاده از داده‌های در دسترس و سرعت ارزیابی دارد. نقطه قوت آن، بهبود دقت با افزایش قدرت تفکیک مکانی تصاویر ماهواره‌ای است و اطلاعات آماری آن در اغلب کشورها به صورت دوره‌ای گردآوری می‌شود؛ همچنین تصاویر رایگان لندست و سنتینل پشتوانه آن هستند. با این حال، نیاز به آشنایی با پردازش تصاویر ماهواره‌ای و انجام عملیات میدانی برای کنترل نقاط زمینی از محدودیت‌های این شاخص به شمار می‌رود.

مواد و روش‌ها

معرفی مناطق مورد مطالعه

روستاهای محمدآباد و مجدآباد، در شهرستان مرودشت استان فارس و در حوزه آبخیز سد درودزن واقع شده‌اند. این دو روستا، بین طول‌های جغرافیایی ۵۲ درجه و ۰۵ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۵۰ دقیقه و عرض‌های جغرافیایی ۲۹ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۴۹ دقیقه قرار دارند (شکل ۱). میانگین بارندگی در حوزه آبخیز سد درودزن ۲۵۳

کرده و نتایج را به‌صورت اعداد یا جداول کیفی طبقه‌بندی کرده‌اند. افزون بر این، دسترسی محدود به داده‌ها، هزینه و زمان‌بر بودن گردآوری اطلاعات دقیق، انتخاب یک شاخص کارآمد را دشوار می‌سازد. بررسی‌ها نشان می‌دهند که سطح تحصیلات، سن، تنوع محصولات زراعی و سطح آبیاری از معیارهای پرتکرار در تحلیل آثار خشک‌سالی هستند (Bera & Dutta, 2024; Brock et al., 2003; Kotzee & Reyers, 2016; Mavhura et al., 2021; Sabut & Mishra, 2026; Soleimanpour, 2024).

یکی از مفاهیم کلیدی در مواجهه با خشک‌سالی، «تاب‌آوری» است که ظرفیت بازگشت از شرایط نامطلوب، پایداری و ترمیم را دربر می‌گیرد (Bera & Dutta, 2024; Dale et al., 2016). در سطح جوامع محلی، تاب‌آوری اجتماعی به‌معنای توانایی جذب تنش‌های موقت یا دائمی بدون از دست رفتن کارکردهای اساسی و انطباق با شرایط در حال تغییر است. ارزیابی این تاب‌آوری از طریق پرسش‌نامه‌های طراحی شده یا با بهره‌گیری از شاخص‌هایی که بازتابی از خصوصیات انسانی و محیطی هستند انجام می‌شود (Li et al., 2021; Mavhura et al., 2026). چنین شاخص‌هایی امکان کمی‌سازی تأثیر تغییر اقلیم بر جوامع محلی را فراهم می‌کنند. از این رو، انتخاب یک شاخص ترکیبی متناسب با شرایط منطقه، مبتنی بر داده‌های در دسترس، سادگی در کاربرد و براساس تجربیات جهانی، ضرورتی برای مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز با هدف کاهش آثار خشک‌سالی در مزارع کشاورزی به شمار می‌رود.

پیشینه پژوهش‌های انجام شده نشان دهنده آن است که سن و تحصیلات از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پایداری نظام‌های زراعی و تاب‌آوری هستند (Hassanshahi et al., 2015; Naumann et al., 2018; Sass et al., 2024). همچنین، بررسی اثرات سناریوهای اقلیمی در دشت مرودشت نشان داد که الگوی کشت به سمت محصولات با حساسیت کمتر به کم‌آبی و عملکرد قابل قبول تغییر یافته و کارایی مصرف آب حدود ۱۰ درصد در هر ۲۰ سال افزایش یافته است. با وجود آن که سطح زیر کشت کاهش یافته است، اما افزایش راندمان آبیاری به پایداری تاب‌آوری انجامید (Afshartabar et al., 2023). رابطه معنادار میان دسترسی به منابع آب و خشک‌سالی نیز تأیید شده و گسترش چاه‌های غیرمجاز ضمن جذب جمعیت، فشار بر منابع طبیعی را تشدید کرده است (Khoshnazar et al., 2023). پژوهش (Khatir, Rezaei-Moghaddam, & Zamani, 2017) نیز پیوند معنی‌دار میان مهاجرت و درک خشک‌سالی را مستند ساخته است.

در زمینه مداخلات نهادی (Falah mehrgerdi & Hanaee, 2020)، نقش دولت را عامل اصلی بهبود تاب‌آوری و کاهش خطرپذیری بلایا معرفی کرده‌اند. سایر پژوهش‌ها (Bathaiy et al., 2021; Ghorbani et al., 2025; Wassie et al., 2023) نیز تقویت

منعکس شود. با توجه به ماهیت مطالعه موردی، انتخاب این دو روستا با هدف نمایندگی آماری روستاهای شهرستان مرودشت انجام نشده است؛ بنابراین، یافته‌های حاصل باید در چارچوب شرایط اجتماعی، اقتصادی، کشاورزی و محیطی روستاهای مورد مطالعه تفسیر شوند.

روش پژوهش

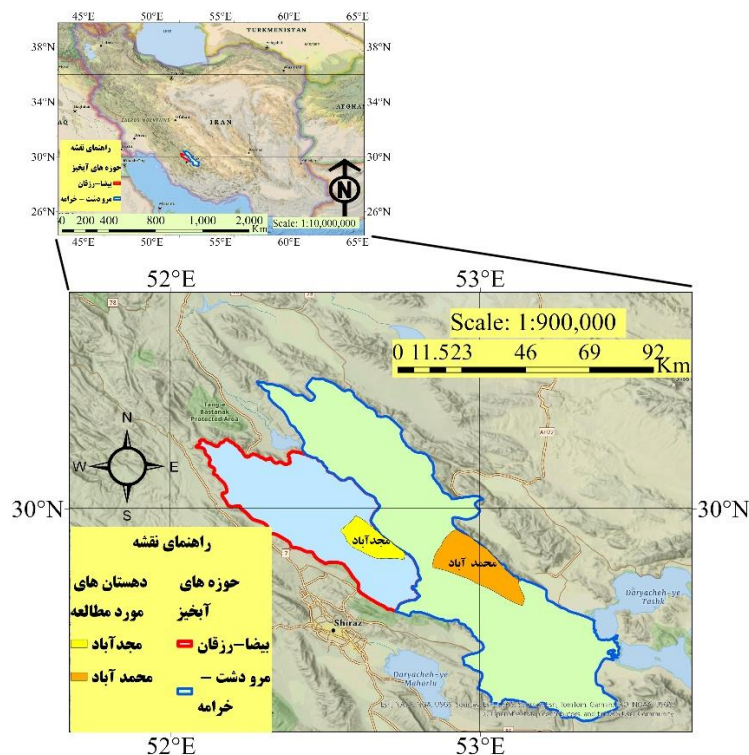
چارچوب روش‌شناختی و فرآیند پژوهش

پژوهش حاضر به‌لحاظ هدف، کاربردی و از منظر روش، توصیفی-تحلیلی با رویکرد ترکیبی (کمی-کیفی) است. مسیر اجرای تحقیق در پنج گام اصلی طراحی شد: (۱) شناسایی و انتخاب معیارهای مؤثر بر تاب‌آوری اجتماعی در برابر خشک‌سالی بر مبنای مرور نظام‌مند پیشینه و تطبیق با شرایط بومی؛ (۲) عملیاتی‌سازی شاخص ترکیبی LPCIEA و تعریف متغیرهای تشکیل‌دهنده آن؛ (۳) گردآوری داده‌ها از تصاویر ماهواره‌ای، آمار رسمی و پیمایش میدانی؛ (۴) محاسبه شاخص ترکیبی با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) و ترکیب خطی وزنی؛ و (۵) اعتبارسنجی نتایج از طریق پرسش‌نامه ادراک ذهنی و کارگاه‌های مشارکتی. واحد تحلیل، خانوار روستایی در دو روستای هدف و بازه زمانی مطالعه، دوره ده‌ساله ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۳ می‌باشد.

معرفی و مبانی شاخص ترکیبی LPCIEA

شاخص LPCIEA یک ابزار ارزیابی چندمعیاره است که به‌طور خاص برای سنجش تاب‌آوری اجتماعی جوامع روستایی در برابر خشک‌سالی طراحی شده است. نام این شاخص از سرنام پنج مؤلفه اصلی آن گرفته شده است: معیشت^(L)، جمعیت^(P)، ظرفیت نهادی^(C)، آبیاری و زیرساخت^(I)، محیط‌زیست^(E) و کشاورزی^(A). هر یک از این مؤلفه‌ها بازتاب‌دهنده بُعدی از ظرفیت سازگاری جامعه محلی است و بر اساس چارچوب نظری تاب‌آوری اجتماعی-اکولوژیک، درهم‌تنیدگی عوامل انسانی و محیطی را در مواجهه با تنش خشک‌سالی به تصویر می‌کشد. مبنای نظری انتخاب مؤلفه‌ها، تحلیل محتوای مقالات علمی معتبر بین‌المللی و داخلی بود که در آن‌ها متغیرهای مرتبط با تاب‌آوری خشک‌سالی به‌صورت نظام‌مند استخراج و با شرایط اقلیمی و اجتماعی-اقتصادی منطقه مورد مطالعه تطبیق داده شدند. مزیت این شاخص نسبت به شاخص‌های عمومی تاب‌آوری، تمرکز هم‌زمان بر داده‌های عینی (تصاویر ماهواره‌ای و آمار رسمی) و داده‌های ادراکی (پرسش‌نامه)، قابلیت تفکیک مکانی در سطح روستا و امکان به‌روزرسانی دوره‌ای آن با کمترین هزینه است.

میلی‌متر و حجم مخزن سد ۹۹۳ میلیون متر مکعب است. سد درودزن آب مورد نیاز ۱۱۲۰۰۰ هکتار زمین کشاورزی را تأمین می‌کند و برای شرب نیز استفاده می‌شود. شیراز و مرودشت هم از آب آشامیدنی آن و مزارع کامفیروز و مرودشت نیز از این آب استفاده می‌کنند. منبع درآمد دو روستای مورد مطالعه، کشاورزی و دامداری است که در آن کشاورزی در اولویت اول و پس از آن دامداری قرار دارد. عمده کالاهای کشاورزی شامل گندم، جو، شبدر و برنج است. علاوه بر کشاورزی و دامداری، تعدادی از خانوارها از طریق مشاغل دولتی، کارگاه‌های خصوصی و مشاغل معیشتی خانواده‌های خود را اداره می‌کنند (Soleimanpour, 2024). اطلاعات جمعیتی و کاربری اراضی دو روستای مجدآباد و محمدآباد از جداول آماری و سالنامه‌های آماری استخراج گردیده است. روستای مجدآباد دارای ۲۳۸۵ خانوار و ۸۴۱۰ نفر جمعیت (۴۲۸۷ مرد و ۴۱۲۳ زن) بوده و مساحت کل اراضی آن ۱۵۵ کیلومتر مربع است که پهنه‌های کاربری به‌ترتیب شامل ۹۶، ۳۴، ۲۳ و ۱ کیلومتر مربع برای کشاورزی، باغ، مرتع و مسکونی می‌باشد. روستای محمدآباد نیز مشتمل بر ۲۸۹۱ خانوار و ۹۵۱۵ نفر جمعیت (۴۹۱۸ مرد و ۴۵۹۷ زن) بوده و مساحت کل اراضی آن ۳۳۸ کیلومتر مربع است که طبقات کاربری آن به‌همین ترتیب شامل ۱۶۸، ۱۰۵، ۶۳ و ۱ کیلومتر مربع برای کشاورزی، مرتع، باغ و مسکونی می‌شود. انتخاب روستاهای محمدآباد و مجدآباد بر مبنای یک رویکرد مقایسه‌ای هدفمند انجام شد. این دو روستا به‌دلیل فاصله مکانی بسیار کم از یکدیگر انتخاب شدند تا ناهمگنی ناشی از تفاوت‌های محیطی و اقلیمی تا حد امکان کاهش یابد. نزدیکی مکانی روستاها، امکان کنترل نسبی عوامل زمینه‌ای نظیر شرایط زمین‌شناسی، دما و سایر ویژگی‌های اقلیمی و محیطی را در مقایسه میان دو واحد مورد مطالعه فراهم می‌کند. در مقابل، تفاوت در منبع اصلی تأمین آب مورد استفاده در دو روستا به‌عنوان عامل متمایزکننده اصلی در طراحی مطالعه در نظر گرفته شد تا نقش تفاوت در دسترسی به منابع آب در تبیین تفاوت‌های تاب‌آوری اجتماعی بررسی شود. از این‌رو، انتخاب مناطق مورد مطالعه بر مبنای ایجاد همگنی نسبی در شرایط محیطی و تفاوت هدفمند در وضعیت دسترسی به منابع آب صورت گرفت. هر دو روستا در حوزه آبخیز سد درودزن واقع شده‌اند و از این نظر در یک زمینه هیدرولوژیکی مشترک قرار دارند. با وجود تشابه نسبی در شرایط محیطی، تفاوت‌های موجود میان دو روستا در ویژگی‌های جمعیتی، اجتماعی و کشاورزی نیز در ارزیابی تاب‌آوری مورد توجه قرار گرفت. متغیرهایی از جمله جمعیت، تنوع محصولات، وضعیت آبیاری، سن و تحصیلات در چارچوب شاخص LPCIEA لحاظ شدند تا ابعاد مختلف ظرفیت اجتماعی و اقتصادی جوامع مورد مطالعه در ارزیابی تاب‌آوری



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی روستاهای مورد مطالعه
Figure 1- Geographical location of the studied villages

۳) مؤلفه ظرفیت نهادی (C): این مؤلفه دسترسی به دانش، شبکه‌های اجتماعی و حمایت نهادی را می‌سنجد. متغیرهای آن: سطح تحصیلات خانوار (سال‌های آموزش رسمی)، عضویت در تشکلهای تعاونی و تولیدی (متغیر دوحالتی: ۱ برای عضو و ۰ برای غیرعضو)، و دسترسی به خدمات ترویج کشاورزی (تعداد تماس با مروج در سال). منبع داده‌ها پرسش‌نامه و آمار مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان است.

۴) مؤلفه آبیاری و زیرساخت (I): این مؤلفه ظرفیت تولید کشاورزی وابسته به منابع آب و میزان توسعه فعالیت‌های کشاورزی آبی در جوامع روستایی مورد مطالعه را منعکس می‌کند. در این پژوهش، مؤلفه آبیاری و زیرساخت با استفاده از متغیر «سطح زیرکشت محصولات آبی (هکتار)» عملیاتی شد. منطق انتخاب این متغیر بر این اساس استوار است که دسترسی و قابلیت تأمین آب برای فعالیت‌های کشاورزی، از عوامل مؤثر بر استمرار و توسعه کشت آبی محسوب می‌شود؛ از این رو، سطح زیرکشت محصولات آبی می‌تواند به عنوان یک شاخص کمی و قابل مشاهده از میزان توسعه فعالیت کشاورزی وابسته به آب و ظرفیت بهره‌برداری از منابع آب در سطح روستا مورد استفاده قرار گیرد. بر این اساس، مقدار بیشتر این شاخص بیانگر گستره بیشتر فعالیت کشاورزی آبی و ظرفیت بالاتر تولید وابسته به

متغیرهای تشکیل‌دهنده شاخص و منابع داده

در ادامه، متغیرهای هر یک از شش مؤلفه شاخص LPCIEA به همراه منابع گردآوری داده‌ها تشریح می‌شود:

۱) مؤلفه معیشت (L): این مؤلفه ظرفیت اقتصادی خانوارها را برای جذب شوک خشک‌سالی می‌سنجد. چهار متغیر این مؤلفه عبارت‌اند از: درآمد سالانه خانوار (میلیون ریال)، هزینه سالانه خانوار (میلیون ریال)، تنوع منابع درآمدی (تعداد منابع درآمدی خانوار، شامل زراعت، باغداری، دامداری، صنایع دستی، مشاغل خدماتی و یارانه‌ها)، و مالکیت اراضی کشاورزی (هکتار). داده‌های این بخش از طریق پرسش‌نامه خانوار و مصاحبه با ۲۱۷ سرپرست خانوار گردآوری شد. حجم نمونه با فرمول کوکران و سطح اطمینان ۹۵ درصد تعیین و نمونه‌گیری به روش طبقه‌ای تصادفی با انتساب متناسب انجام شد.

۲) مؤلفه جمعیت (P): این مؤلفه پویایی جمعیتی و ساختار سنی نیروی کار را به عنوان شاخصی از سرمایه انسانی منعکس می‌کند. متغیرهای آن شامل: نرخ رشد جمعیت (درصد)، نسبت جمعیت فعال (۱۵ تا ۶۴ سال) به کل جمعیت (درصد)، و میانگین سن سرپرست خانوار (سال) است. داده‌ها از سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۵ و اطلاعات به‌روزرشده دهیاری‌ها استخراج شد.

بردار پشتیبان (SVM) و کرنل تابع پایه شعاعی (RBF) تولید شد. پارامترهای C و گاما از طریق جستجوی شبکه‌ای^۱ با اعتبارسنجی متقابل پنج‌تایی به ترتیب ۱۰۰ و ۰/۰۱ بهینه‌سازی شدند. طبقات کاربری شامل جنگل و باغ، اراضی کشاورزی، مرتع و سنگلاخی و مناطق مسکونی تعریف گردید. ۳۵۰ نمونه تعلیمی (پلی‌گون‌های ۳×۳ پیکسل) از عملیات میدانی با GPS تفکیکی (مدل Garmin 64s) و تفسیر چشمی Google Earth Pro جمع‌آوری شد. ارزیابی صحت با ۱۵۰ نمونه مستقل، صحت کلی ۸۶ تا ۹۱ درصد و ضریب کاپای ۰/۸۲ تا ۰/۸۹ را نشان داد. نرخ تغییرات هر طبقه کاربری با روش مقایسه پس از طبقه‌بندی^۲ و با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد:

$$\Delta C_k = \frac{C_{k,t} - C_{k,t-1}}{C_{k,t-1}} \times 100 \quad (2)$$

که $C_{k,t}$ مساحت طبقه k در زمان t و $C_{k,t-1}$ مساحت همان طبقه در دوره قبل است (شکل‌های ۲ و ۳).

محاسبه شاخص تنوع محصولات زراعی

تنوع محصولات زراعی با شاخص شانون-وینر (H) از رابطه (۳) به دست آمد:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i) \quad (3)$$

که در آن S تعداد کل محصولات زراعی و p_i نسبت سطح زیر کشت محصول i به کل سطح زیر کشت است. مقادیر بالاتر H نشان‌دهنده تنوع بیشتر و در نتیجه تاب‌آوری بالقوه بالاتر است.

استانداردسازی متغیرها (نرمال‌سازی)

از آنجا که متغیرها واحدهای اندازه‌گیری متفاوتی دارند، تمامی مقادیر با روش نرمال‌سازی حداقل-حداکثر^۳ به بازه ۰ تا ۱ تبدیل شدند. برای متغیرهایی که با تاب‌آوری رابطه مثبت دارند (مانند راندمان آبیاری، تنوع درآمدی)، NDVI از رابطه (۴) استفاده شد:

$$X' = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (4)$$

و برای متغیرهایی که رابطه منفی با تاب‌آوری دارند (مانند نرخ رشد منفی جمعیت یا افزایش سطح اراضی بایر)، از رابطه (۵) بهره گرفته شد:

$$X' = \frac{X_{max} - X}{X_{max} - X_{min}} \quad (5)$$

در این روابط، X مقدار اولیه متغیر، X_{min} و X_{max} به ترتیب کمینه و بیشینه آن در میان تمام واحدهای نمونه هستند. این تبدیل باعث می‌شود کلیه متغیرها بدون بعد شده و مقیاس مشترکی برای ترکیب بیابند.

منابع آب در سطح روستا است.

(۵) مؤلفه محیط‌زیست (E): این مؤلفه سلامت اکوسیستم و تنوع تولیدی را از دیدگاه محیطی ارزیابی می‌کند. متغیرهای آن: شاخص پوشش گیاهی NDVI، نرخ تغییرات کاربری اراضی (در صد تغییر هر طبقه نسبت به دوره قبل)، سطح زیر کشت دیم (هکتار)، و شاخص تنوع محصولات زراعی (شاخص شانون-وینر). داده‌های این بخش از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و ۹ و سنتینل ۱۲ استخراج و در نرم‌افزار ENVI 5.6 پردازش شد.

(۶) مؤلفه کشاورزی (A): این مؤلفه ظرفیت نیروی انسانی فعال در بخش کشاورزی و نقش آن در تداوم فعالیت‌های تولیدی جوامع روستایی را منعکس می‌کند. با توجه به نقش اساسی فعالیت‌های کشاورزی در ساختار معیشتی روستاهای مورد مطالعه، ویژگی‌های نیروی انسانی شاغل در این بخش می‌تواند بر توان حفظ و استمرار فعالیت‌های تولیدی در شرایط بروز خشک‌سالی اثرگذار باشد. در این پژوهش، «سن اشتغال» به عنوان تنها متغیر این مؤلفه در نظر گرفته شد. این متغیر بیانگر وضعیت سنی نیروی انسانی فعال در فعالیت‌های اقتصادی و کشاورزی بوده و از آن برای انعکاس ویژگی جمعیتی نیروی کار مرتبط با فعالیت‌های کشاورزی استفاده شد.

پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای و استخراج متغیرهای

طیفی

برای محاسبه NDVI و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، ۲۴ تصویر ماهواره‌ای مربوط به ماه‌های خرداد و تیر (اوج رشد رویشی) در چهار مقطع زمانی ۱۳۹۳، ۱۳۹۶، ۱۳۹۹ و ۱۴۰۲ از سامانه EarthExplorer سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) دریافت شد. تصحیح اتمسفری به روش FLAASH در ENVI 5.6 با پارامترهای مدل گرمسیری و ضریب دید ۴۰ کیلومتر انجام و تصحیح هندسی با استفاده از ۴۵ نقطه کنترل زمینی (GCP) مستخرج از تصاویر سنتینل-۲ با RMSE کمتر از ۰/۰۵ پیکسل صورت پذیرفت. شاخص NDVI از رابطه (۱) محاسبه شد:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

که در آن NIR بازتاب باند مادون قرمز نزدیک و Red بازتاب باند قرمز است. مقادیر NDVI برای هر پیکسل در محدوده اراضی زراعی محاسبه و میانگین آن به عنوان متغیر سلامت پوشش گیاهی در نظر گرفته شد.

طبقه‌بندی کاربری اراضی و آشکارسازی تغییرات

نقشه‌های کاربری اراضی برای چهار مقطع با الگوریتم ماشین

وزن‌دهی به مؤلفه‌ها و متغیرها با تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)

برای پرهیز از قضاوت ذهنی در تخصیص وزن، از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) به‌عنوان یک روش عینی و داده‌محور استفاده شد. ابتدا کفایت نمونه‌گیری با آزمون KMO (مقدار ۰.۷۳) و آزمون کرویت بارتلمت (معناداری ۰.۰۰۱) تأیید گردید. سپس ماتریس همبستگی متغیرهای ۱۵ گانه تشکیل و مؤلفه‌های اصلی با مقدار ویژه^۱ بالاتر از ۱ استخراج شدند. پنج مؤلفه اول روی هم ۷۶.۴ درصد واریانس کل را تبیین کردند. وزن هر مؤلفه (W_c) از رابطه (۶) بر اساس سهم واریانس تبیین‌شده توسط آن مؤلفه محاسبه شد:

$$W_c = \frac{\lambda_c}{\sum_{c=1}^5 \lambda_c} \quad (6)$$

که در آن λ_c مقدار ویژه مؤلفه c است. وزن‌های محاسبه شده به این ترتیب بودند: معیشت ۰.۲۶، جمعیت ۰.۱۸، ظرفیت نهادی ۰.۲۰، آبیاری و زیرساخت ۰.۲۱، و محیط‌زیست و کشاورزی ۰.۱۵. در سطح پایین‌تر، وزن هر متغیر درون یک مؤلفه (w_i) از بار عاملی^۲ آن متغیر بر روی مؤلفه مربوطه، پس از چرخش واریماکس و نرمال‌سازی مجموع بارها به ۱، مطابق رابطه (۷) تعیین شد:

$$w_i = \frac{|L_{i,c}|}{\sum_{i=1}^m |L_{i,c}|} \quad (7)$$

که $L_{i,c}$ بار عاملی متغیر i روی مؤلفه c و m تعداد متغیرهای آن مؤلفه است.

محاسبه شاخص ترکیبی تاب‌آوری

پس از استانداردسازی متغیرها و تعیین وزن‌ها، امتیاز هر مؤلفه (S_c) برای یک روستا از طریق ترکیب خطی وزنی متغیرهای درون آن

با استفاده از رابطه (۸) محاسبه شد:

$$S_c = \sum_{i=1}^m w_i \cdot X'_i \quad (8)$$

که X'_i مقدار نرمال‌شده متغیر i و w_i وزن آن است. در نهایت، شاخص نهایی تاب‌آوری (R) برای هر روستا از رابطه (۹) به‌دست آمد:

$$R = \sum_{c=1}^5 W_c \cdot S_c \quad (9)$$

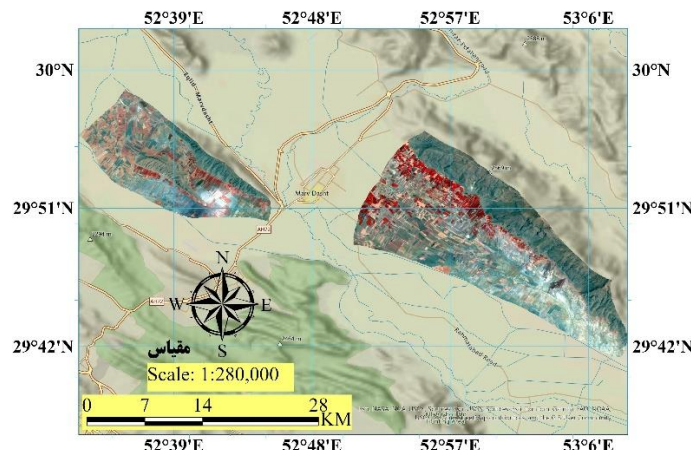
مقدار R در بازه ۰ تا ۱ قرار دارد؛ مقادیر بالاتر نشان‌دهنده تاب‌آوری بیشتر و مقادیر نزدیک به صفر حاکی از آسیب‌پذیری بالا است.

تحلیل فضایی الگوهای تاب‌آوری

برای شناسایی خوشه‌های فضایی تاب‌آوری، از شاخص گتیس-ارد^۳ که یک آماره موضعی برای تشخیص نقاط داغ و سرد است، استفاده شد. این شاخص برای هر واحد مکانی به صورت Z-score استاندارد شده (رابطه ۱۰) محاسبه می‌شود:

$$G_i^* = \frac{\sum_j w_{ij} R_j - \bar{R} \sum_j w_{ij}}{s \sqrt{\frac{n \sum_j w_{ij}^2 - (\sum_j w_{ij})^2}{n-1}}} \quad (10)$$

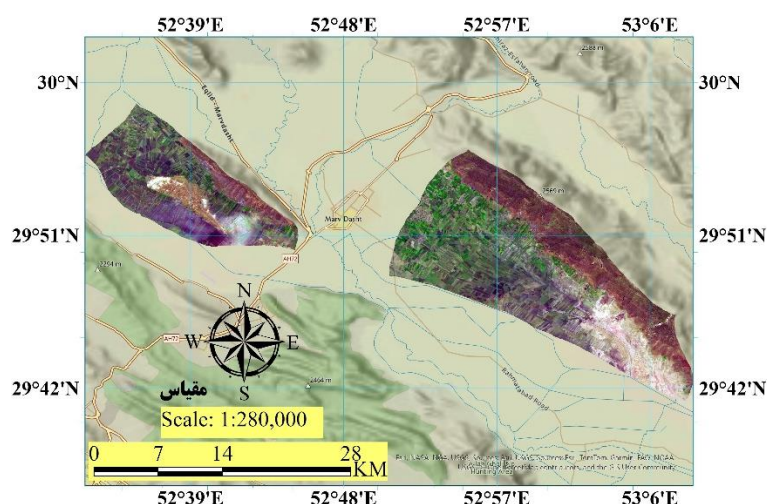
که در آن R_j مقدار شاخص در روستای همسایه j ، w_{ij} وزن فضایی (معکوس فاصله)، $\bar{R}$ میانگین کلی شاخص، S انحراف معیار و n تعداد کل روستاها است. مقادیر Z-score مثبت و معنادار نشان‌دهنده خوشه‌های تاب‌آوری بالا (نقاط داغ) است. همچنین از شاخص موران عمومی^۴، برای سنجش خودهمبستگی فضایی کلی استفاده شد.



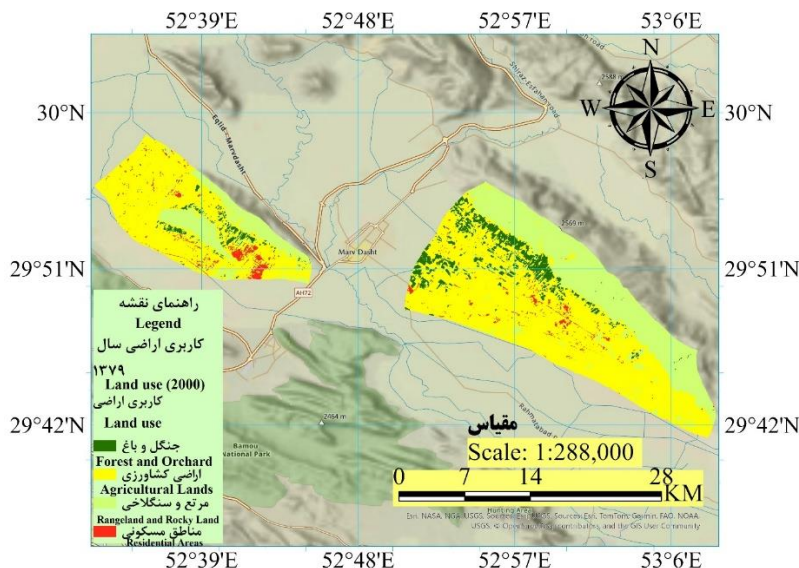
شکل ۲- ترکیب رنگی تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سال ۱۳۷۹ در روستاهای محمدآباد و مجدآباد مرودشت استان فارس
Figure 2- Color combination of Landsat satellite images from 2000 in the villages of Mohammadabad and Majdabad, Marvdasht, Fars Province

3- Getis-Ord G_i^*
4- Moran's I

1- Eigenvalue
2- Factor Loading



شکل ۳- ترکیب رنگی تصاویر ماهواره‌ای سنتینل مربوط به سال ۱۴۰۳ در روستاهای محمدآباد و مجدآباد مرودشت استان فارس
Figure 3- Color combination of Sentinel satellite images from 2024 in the villages of Mohammadabad and Majdabad, Marvdasht, Fars Province



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۷۹ در روستاهای محمدآباد و مجدآباد مرودشت استان فارس
Figure 4- Land use map in 2000 in the villages of Mohammadabad and Majdabad, Marvdasht, Fars Province

تصاویر لندست بالاتر است. نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۴۰۳ در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است.

تحلیل روند تغییرات تاب‌آوری در طول زمان

برای ارزیابی پویایی شاخص، مقادیر R در چهار مقطع ۱۳۹۳، ۱۳۹۶، ۱۳۹۹ و ۱۴۰۲ محاسبه و روند آن با آزمون من-کندال

نتایج حاصل از نرم‌افزار ENVI نشان می‌دهد صحت کلی تصاویر از میزان ضریب کاپا بیشتر می‌باشد و بیانگر آن است که تصاویر ماهواره‌ای با دقت قابل قبولی قادر به تهیه نقشه‌های کاربری اراضی می‌باشد. معمولاً مقادیر حاصل از صحت کلی بیشتر از مقدار واقعی به دست می‌آید؛ این در حالی است که مقادیر ضریب کاپا میزان دقت را نسبت به یک طبقه‌بندی تصادفی محاسبه می‌کند. ضریب کاپا و صحت کلی، با کل طبقه‌بندی ارتباط دارند و اطلاعاتی در مورد توزیع مکانی کلاس‌ها بیان نمی‌کند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهد در مجموع دقت نتایج حاصل از تصاویر سنتینل نسبت به

اطلاعات مربوط به هر یک شاخص‌های ترکیبی LPCIEA، با ضریب وزنی برابر اندازه‌گیری شدند. اطلاعات سال ۱۳۷۹ در روستای مجدآباد نشان می‌دهد اراضی کشاورزی، مرتعی و مسکونی روند منفی دارند و در حال کاهش است. اراضی کشاورزی به دلیل کاهش منابع آبی، اراضی مرتعی به دلیل روند قهقراپی مراتع و مناطق مسکونی به دلیل مهاجرت و خالی از سکنه شدن روند کاهشی را نشان می‌دهد. مناطق مسکونی خالی از سکنه یا زیر ۲۵ خانوار با استفاده از آمار مرکز آمار ایران مطابقت داده شد و پلی‌گون آن حذف شد.

مقادیر تاب‌آوری معیار کاربری اراضی (L) در سال ۱۳۷۹ نشان می‌دهد بیشترین و کمترین میزان تاب‌آوری، به ترتیب در روستاهای مجدآباد و محمدآباد مشاهده شد. کمترین میزان تاب‌آوری اراضی عدد ۶۵ و بیشترین آن عدد ۷۰ را نشان داد. در این بخش، تفاضل ۵ امتیازی مشاهده شده است. در سال ۱۴۰۳ معیار کاربری اراضی در مجدآباد و محمدآباد، ۵۳ بوده که نشان می‌دهد کاربری اراضی دچار تغییر قابل توجهی پس از خشک سالی شده است. معیار جمعیت (P) ساکن در روستا نشان می‌دهد سال ۱۳۷۹ روستاهای مجدآباد و محمدآباد، در سطحی نزدیک به یکدیگر، به ترتیب با ۴۶ و ۴۴ امتیاز در ده‌های اول و دوم قرار دارند. در انتهای سال ارزشیابی (۱۴۰۳) بیشترین تاب‌آوری مربوط به روستای مجدآباد (۷۷) و روستای محمدآباد با اختلاف ۲۷ امتیازی (۵۰)، در رده دوم قرار گرفته است.

اصلاح شده^۱ (MMK) و تخمین‌گر شیب Sen تحلیل شد. آماره Z آزمون MMK معناداری روند را نشان می‌دهد و شیب Sen با استفاده از رابطه (۱۱) محاسبه می‌شود:

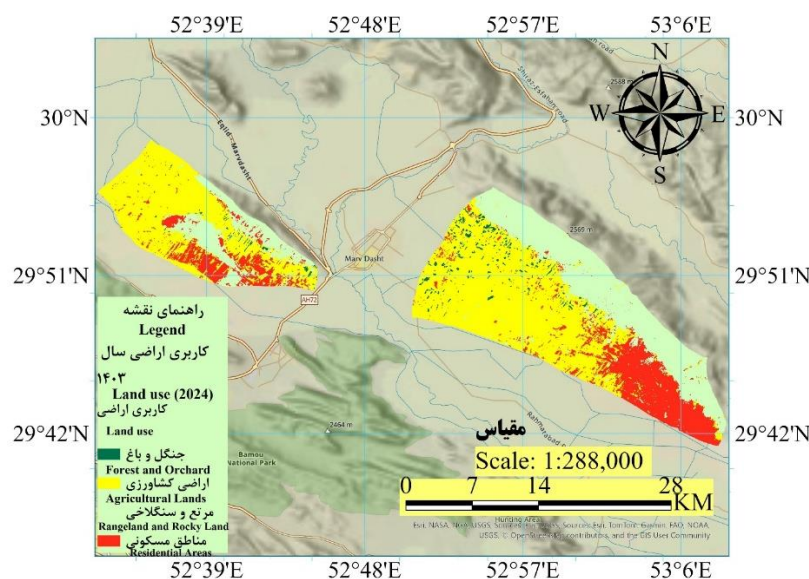
$$\beta = \text{median} \left(\frac{R_j - R_i}{j - i} \right), \forall j > i \quad (11)$$

که در آن R_i و R_j مقادیر شاخص در زمان‌های i و j هستند. شیب مثبت نشان‌دهنده روند افزایشی تاب‌آوری و شیب منفی بیانگر کاهش تاب‌آوری در طول دوره مطالعه است.

اعتبارسنجی نتایج

اعتبارسنجی به دو روش کمی و کیفی انجام شد. در بخش کمی، همبستگی میان امتیاز شاخص LPCIEA و نمره ادراک ذهنی تاب‌آوری (حاصل از مقیاس لیکرت در پرسش‌نامه) با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن محاسبه گردید. مقدار ۰/۷۴ با سطح معناداری کمتر از ۰/۰۱، نشان‌دهنده تطابق قوی نتایج شاخص با درک ساکنان است. در بخش کیفی، سه کارگاه مشارکتی با دهیاران، اعضای شوراهای و کشاورزان پیشرو تشکیل و نتایج برای مثلث‌سازی دیدگاه‌ها و تأیید تفسیرهای بومی به بحث گذاشته شد.

نتایج و بحث



شکل ۵- نقشه کاربری اراضی سال ۱۴۰۳ در روستاهای محمدآباد و مجدآباد مرودشت استان فارس

Figure 5- Land use map for the year 2024 in the villages of Mohammadabad and Majdabad, Marvdasht, Fars Province

تنوع محصولات تولیدی (C) نشان می‌دهد روستاهای مجدآباد و محمدآباد هر دو با امتیاز ۴۲ در یک جایگاه قرار دارند. در سال ۱۴۰۳، امتیاز این دو روستا به ۷ رسیده است و با کاهش ۳۵ امتیاز، شاهد

کاهش تاب‌آوری در تنوع محصولات تولیدی آن‌ها بوده‌ایم که اثر خشک سالی را به وضوح نمایان کرده است. بالاترین میزان تاب‌آوری سال ۱۳۷۹ در معیار تحصيلات (E) هر دو روستا امتیاز را به خود

می‌کند.

بررسی متغیرها به روش ENTER انجام شده است. آماره دوربین-واتسون در جدول ۳، عدم خودهمبستگی مانده‌ها را تأیید می‌کند (مقدار ۱/۸۹۲). ضریب همبستگی چندگانه (R) برابر با ۰/۹۹۵ بوده که نشان از برازش عالی مدل دارد.

جدول ۴، ضرایب رگرسیون استاندارد و غیرا استاندارد را نشان می‌دهد. بیشترین ضریب بتا متعلق به معیار "تنوع محصولات" با ۰/۷۸۵ است که نشان‌دهنده بیشترین تأثیر مستقیم این معیار بر تاب‌آوری می‌باشد. پس از آن به ترتیب معیارهای "جمعیت" (۰/۴۶۵)، "سن اشتغال" (۰/۴۳۰)، "کاربری اراضی" (۰/۳۸۰) و "آبیاری" (۰/۲۵۰) قرار دارند. کمترین ضریب بتا مربوط به معیار "تحصیلات" (۰/۰۹۵) است که این مقدار، تأثیر ناچیز آن را در مدل نشان می‌دهد.

براساس ضرایب و تحلیل‌های انجام شده معادله رگرسیونی تاب‌آوری به شرح رابطه زیر، تعریف شد که شاخص R بالاترین هم خطی را از ۶ معیار ایجاد کرده است. این معادله، میزان اثرگذاری هر متغیر را بر شاخص تاب‌آوری خشک‌سالی، مشخص کرده است:

(۱۲)

$$R = 1/450 \cdot (-0.09L + 0.220P + 0.185C + 0.110I + 0.040E + 0.145A)$$

اختصاص دادند؛ اما این معیار در سال ۱۴۰۵، به امتیازهای ۴۱ و ۳۸ رسید که افزایش قابل توجهی را نشان می‌دهد. این امتیازها، بهبود تاب‌آوری در معیار تحصیلات دو روستا را نشان داد. معیار سطح آبیاری (I)، در سال ۱۳۷۹ اعداد ۳۶ و ۳۴ را برای روستاهای مورد مطالعه نشان داد. در سال ۱۴۰۳، این امتیازها به ۱۶ کاهش یافته است که کاهش تاب‌آوری معیار آبیاری را نشان می‌دهند. در معیار سن (A) افراد به کار گرفته شده در سال ۱۳۷۹، هر دو روستا در امتیاز ۱۶ برابر بودند؛ اما در سال ۱۴۰۳، با امتیازهای ۶۸ شاهد بیش از ۵۰ امتیاز بوده‌ایم که نشان از افزایش تاب‌آوری در معیار سن در این دو روستا دارد. به طور کلی تاب‌آوری در سال ۱۳۷۹ در محدوده ۳۵ تا ۳۶ امتیاز و در سال ۱۴۰۳ در محدوده ۳۸ قرار دارد. به عبارت دیگر، دو روستای مورد مطالعه با بهبود تاب‌آوری مواجه هستند. مقادیر این امتیازها در جدول ۱ ارائه شده است.

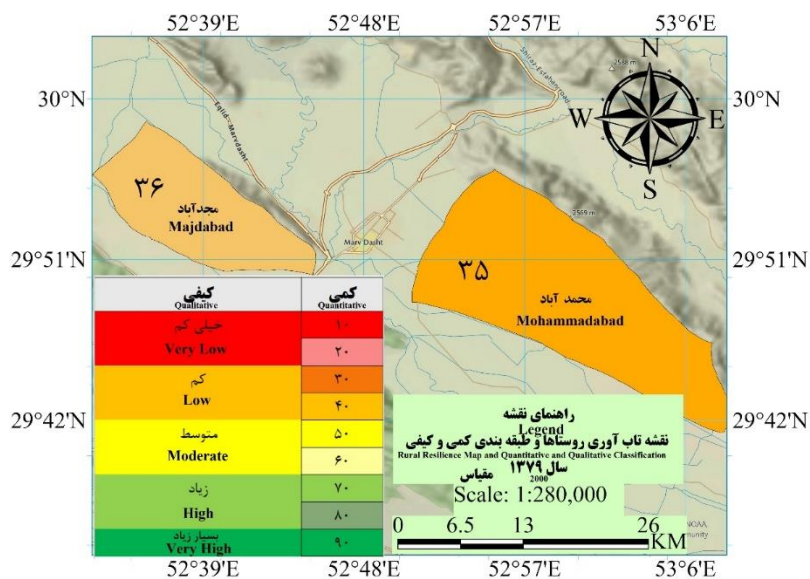
نقشه‌های مربوط به تاب‌آوری روستاهای مورد مطالعه در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۴۰۳ در شکل‌های ۶ و ۷ ارائه شده است.

مقادیر ضرایب همبستگی معیارهای مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. معیار "تنوع محصولات" بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با شاخص تاب‌آوری در سطح ۰/۰۱ نشان داد (۰/۸۵۲). در مقابل، معیار "تحصیلات" کمترین همبستگی را با تاب‌آوری دارا بود (۰/۱۴۵) که از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده و تأثیر ناچیز آن را تأیید

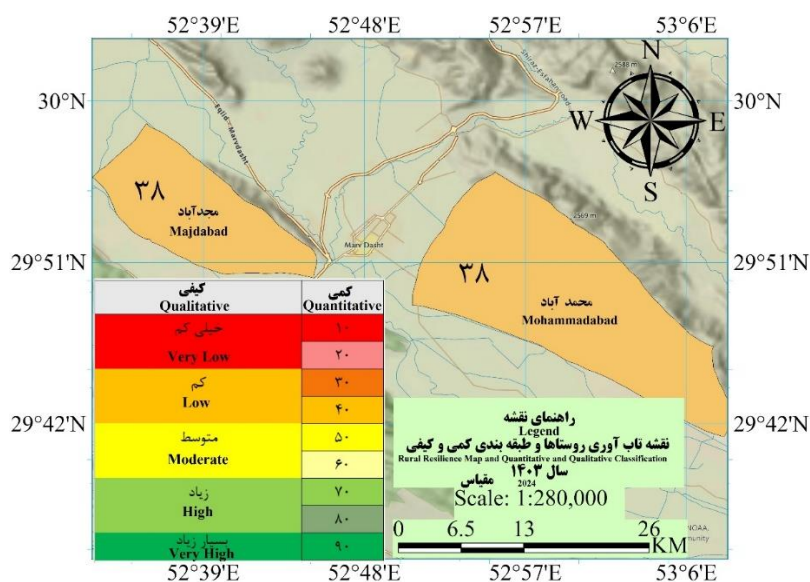
جدول ۱- مقادیر تاب‌آوری سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۴۰۳

Table 1- Resilience values for the years 2000 and 2024

محمداًباد	مجداًباد	مقادیر تاب‌آوری
Mohammadabad	Majdabad	Resilience Values
65	70	L
44	46	P
42	42	C
8	8	E
34	36	I
16	16	A
35	36	2000
53	53	L
50	77	P
7	7	C
38	41	E
16	16	I
68	68	A
38	38	2024



شکل ۶- نقشه تاب آوری در روستاهای مجدآباد و محمدآباد در سال ۱۳۷۹
Figure 6- Resilience map in the villages of Majdabad and Mohammadabad in 2000



شکل ۷- نقشه تاب آوری در روستاهای مجدآباد و محمدآباد در سال ۱۴۰۳
Figure 7- Resilience map in the villages of Majdabad and Mohammadabad in 2024

جدول ۲- مقادیر ضرایب همبستگی معیارهای مورد مطالعه در روستاهای مجدآباد و محمدآباد

Table 2- Correlation coefficient values of the studied criteria in the villages of Majdabad and Mohammadabad

متغیرها/برازش آماري Variable /Statistic	کاربری اراضی Land use	جمعیت Population	تنوع محصولات Product diversity	آبیاری Irrigation	تحصیلات Education	سن اشتغال Employment age	تاب‌آوری Resilience
کاربری اراضی Land Use							
پیرسون Pearson	1	-0.18	0.25	0.31	-0.17	0.22	0.29
Sig. (2-tailed)		0.62	0.48	0.39	0.63	0.54	0.41
N	10	10	10	10	10	10	10
جمعیت Population							
پیرسون Pearson	-0.18	1	-0.07	-0.890**	0.970**	-0.810**	0.41
Sig. (2-tailed)	0.62		0.84	0	0	0.005	0.24
N	10	10	10	10	10	10	10
تنوع محصولات Product Diversity							
پیرسون Pearson	0.25	-0.07	1	0.21	-0.15	0.23	0.852**
Sig. (2-tailed)	0.48	0.84		0.56	0.68	0.52	0
N	10	10	10	10	10	10	10
آبیاری Irrigation							
پیرسون Pearson	0.31	-0.890**	0.21	1	-0.870**	0.925**	0.15
Sig. (2-tailed)	0.39	0	0.56		0.001	0	0.68
N	10	10	10	10	10	10	10
تحصیلات Education							
پیرسون Pearson	-0.17	0.970**	-0.15	-0.870**	1	-0.760**	0.145
Sig. (2-tailed)	0.63	0	0.68	0.001		0.008	0.68
N	10	10	10	10	10	10	10
سن اشتغال Employment Age							
پیرسون Pearson	0.22	-0.810**	0.23	0.925**	-0.760**	1	0.33
Sig. (2-tailed)	0.54	0.005	0.52	0	0.008		0.35
N	10	10	10	10	10	10	10
تاب‌آوری Resilience							
پیرسون Pearson	0.29	0.41	0.852**	0.15	0.145	0.33	1
Sig. (2-tailed)	0.41	0.24	0	0.68	0.68	0.35	
N	10	10	10	10	10	10	10

**: معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

*Significance at the 0.05 level

***: معنی‌داری در ۰/۰۱

**Significance at the 0.01 level

جدول ۳- بررسی آماره دوربین- واتسون در روستاهای مجدآباد و محمدآباد

Table 3- Study of Durbin-Watson statistics in the villages of Majdabad and Mohammadabad

همبستگی	مربعات خطا	R تعدیل شده	انحراف از معیار دوربین- واتسون	Durbin-Watson
Std. Deviation	Adjusted R Square	R Square	R Square R (Correlation)	
0.995	0.99	0.98	0.35	1.892

جدول ۴- مقادیر ضرایب رگرسیون استاندارد در روستاهای مجدآباد و محمدآباد

Table 4- Values of standard regression coefficients in the villages of Majdabad and Mohammadabad

مدل Model	ضرایب استاندارد نشده Unstandardized coefficients		ضرایب استاندارد شده Standardized coefficients		t	Sig. significance	هم راستایی Collinearity	
	بتا β	انحراف معیار Std. error	بتا β	بتا β			VIF Variance inflation factor	خوردند Tolerance
ضریب ثابت Constant	1.45	3.2	-	-	0.453	0.65	-	-
کاربری اراضی Land use	0.09	0.048	0.38	0.38	1.875	0.155	1.49	0.67
جمعیت Population	0.22	0.09	0.465	0.465	2.444	0.105	50.5	0.02
تنوع محصولات Product diversity	0.185	0.012	0.785	0.785	15.415	0	1.82	0.55
آبیاری Irrigation	0.11	0.09	0.25	0.25	1.222	0.3	22.22	0.045
تحصیلات Education	0.04	0.08	0.095	0.095	0.5	0.63	50	0.02
سن اشتغال Employment age	0.145	0.045	0.43	0.43	3.222	0.05	11.76	0.085

نتیجه گیری

است. همچنین روستاهایی که در آن محصولات کشاورزی تنوع بیشتری دارد، معیشت افراد ساکن در شرایط خشک سالی پایدارتر است. بازه زمانی ۲۴ ساله در این پژوهش نشان داد ساختار جمعیت، فشار بر منابع را نسبت به تابآوری ترجیح می‌دهد؛ به عبارت دیگر، افزایش تعداد افراد، نشان‌دهنده مهاجرت از برون به درون است و این موضوع با توجه به جمعیت بالای مجدآباد (۸۹۷۰ نفر) در مساحت محدودتر، ضرورت توجه به تنوع بخشی محصولات را دوچندان می‌کند. جوامع روستایی با سطح تحصیلات بالاتر، گرچه تابآوری بیشتری از خود نشان دادند، اما تأثیر این معیار در مقایسه با تنوع محصولات و مدیریت آبیاری ناچیز است. نتایج نشان می‌دهد اگرچه شبکه آبیاری ابزار پا سخگوی خوبی برای تابآوری در خشک سالی است، اما حجم آب‌دهی در سال‌های خشک بسیار محدود است و همین مسئله انسجام اجتماعی جوامع را برای مقابله با کم‌آبی کاهش می‌دهد. روستاهایی که تنوع محصول و انسجام اجتماعی بالاتری دارند، نسبت به تغییرات آب و هوا سازگاری بیشتری نشان دادند.

شاخص تابآوری استفاده شده در این پژوهش، ۶ معیار را در قالب یک شاخص ترکیبی به کار گرفت و نشان داد که هر معیار، ضریب متفاوتی در معادله نهایی تابآوری دارد، اما مقدار تابآوری بالاترین هم خطی را از ۶ معیار ارائه می‌دهد. بر اساس نتایج مدل رگرسیونی و تحلیل هم خطی (جدول‌های ۳ و ۴)، معیار تنوع محصولات کشاورزی (سطح محصولات زراعی) با ضریب بتای ۰/۷۸۵ و سهم ۷۳ درصدی در تبیین واریانس، بیشترین تأثیر را بر شاخص تابآوری داشته است. در مقابل، معیار تحصیلات با ضریب بتای ۰/۰۹۵ و سهم بسیار ناچیز در بُعد نهایی، کمترین تأثیر را نشان داده است. سایر معیارها شامل جمعیت، سن اشتغال، کاربری اراضی و آبیاری به ترتیب در رتبه‌های بعدی اهمیت قرار دارند. نتایج نشان داد در روستاهایی که گروه‌های سنی جوان آن مهاجرت نکرده و در منطقه حضور دارند، میزان سازگاری با شرایط موجود و تابآوری به خشک سالی افزایش یافته

تاب‌آوری، هم‌خوانی دارد. تفاوت این پژوهش با تحقیقات مشابه در آن است که تصمیم‌گیری چندمعیاره و تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی، روش مبتنی بر پرسش و تصمیم هستند، در حالی که وزن معیارهای شاخص LPCIEA بر اساس بازخورد داده‌های ثبت‌شده از خصوصیات منطقه است و پرسش‌گری و تصمیم‌سازی در آن دخالت ندارد. این عامل باعث افزایش دقت و تکرارپذیری شاخص و تمایز آن در مقایسه با پژوهش‌های مشابه شده است.

با وجود استفاده هم‌زمان از داده‌های سنجش‌ازدور، آمار رسمی و داده‌های پیمایش خانوار، نتایج پژوهش با برخی منابع بالقوه عدم‌قطعیت همراه است. داده‌های پیمایشی، علی‌رغم پوشش ۲۱۷ سرپرست خانوار معادل ۶۵ درصد کل خانوارهای مورد مطالعه، ممکن است تحت تأثیر خطاهای پاسخ‌دهی، خطای یادآوری و تفاوت در ادراک پاسخ‌دهندگان از برخی متغیرهای اجتماعی قرار گیرند. همچنین، استخراج برخی متغیرهای محیطی از تصاویر ماهواره‌ای با عدم‌قطعیت ناشی از تفکیک مکانی تصاویر، شرایط تصویربرداری و خطاهای طبقه‌بندی همراه است. نتایج طبقه‌بندی کاربری اراضی نشان داد که دقت تصاویر سنتینل در مجموع بیشتر از تصاویر لندست بوده است؛ از این رو، تفاوت در کیفیت و تفکیک مکانی داده‌های سنجش‌ازدور نیز می‌تواند بر برآورد برخی معیارهای محیطی اثرگذار باشد. به‌منظور کاهش اثر این منابع عدم‌قطعیت، در این پژوهش از رویکرد مثلث‌سازی داده‌ها و اعتبارسنجی چندمنبعی استفاده شد. شاخص LPCIEA بر مبنای ترکیب داده‌های عینی حاصل از سنجش‌ازدور و آمار رسمی با داده‌های پیمایش خانوار محاسبه شد و سپس نتایج با ادراک ساکنان و دیدگاه ذی‌نفعان محلی اعتبارسنجی گردید. همبستگی اسپیرمن بین امتیاز شاخص و ارزیابی ادراکی تاب‌آوری برابر با $0/74$ و در سطح کمتر از $0/01$ معنی‌دار بود و سه کارگاه مشارکتی با دهیاران، اعضای شوراهای کشاورزان پیشرو نیز برای بررسی و تفسیر نتایج برگزار شد. این فرایندها موجب افزایش قابلیت اتکای نتایج می‌شوند، اما نمی‌توانند عدم‌قطعیت ناشی از ماهیت داده‌ها و محدودیت مقیاس مطالعه را به‌طور کامل حذف کنند. محدودیت دیگر پژوهش، تمرکز مطالعه بر دو روستای منتخب است. از این رو، نتایج به‌عنوان شواهد موردی از تفاوت‌های تاب‌آوری اجتماعی در جوامع مورد مطالعه تفسیر می‌شوند و تعمیم مستقیم آنها به سایر روستاها، به‌ویژه مناطقی با شرایط متفاوت اقلیمی، اقتصادی، کشاورزی و اجتماعی، نیازمند احتیاط است. ارزیابی شاخص LPCIEA در تعداد بیشتری از روستاها و در دامنه متنوع‌تری از شرایط محیطی و اجتماعی می‌تواند در مطالعات آینده به آزمون تعمیم‌پذیری و کاهش عدم‌قطعیت فضایی نتایج کمک کند. نکته حائز اهمیت آن است که تمایل به پذیرش جبران‌خسارت توسط نهادهای مردمی و دولتی، نقش مهمی در بهبود تاب‌آوری دارد. اولویت‌بندی اقدامات ممکن است بر اساس منابع مالی در دسترس تغییر کند؛ اما رسیدن به نتیجه مطلوب از

روستاهایی که از منابع آب سطحی استفاده می‌کردند با حفر چاه غیرمجاز یا کف شکنی چاه‌ها، آب بیشتری استخراج کردند که باعث افزایش تنوع سایر محصولات و گرایش به محصولات کم‌آبر شده است. بررسی سطوح آبیاری نشان داد مساحت سطوح آبیاری دو روستای مورد مطالعه کاهش یافته است. سطح تحصیلات جوامع محلی ساکن افزایش داشته است. این عامل، نشان‌دهنده پذیرش مهاجران و نرخ زاد و ولد است، اما تأثیر آن بر تاب‌آوری در مقایسه با تنوع محصولات ناچیز بوده است. نتایج تاب‌آوری نشان داد روستای محمدآباد، کمترین میزان تاب‌آوری را در سال ۱۳۷۹ داشته است. روستاهای مجدآباد و محمدآباد، تاب‌آوری مشابهی دارند، اما مقادیر آن در طول زمان کاهش یا افزایش یافته و طبقه کیفی تغییری نداشته است. این مسأله نشان‌دهنده روند بطئی تغییرات است. بر اساس تغییرات تاب‌آوری در این دو روستا و شش معیار، مجموعاً ۱۲ وضعیت ثبت شد که از این تعداد، ۶ وضعیت قرمز (تاب‌آوری بسیار پایین)، ۳ وضعیت زرد (تاب‌آوری متوسط رو به کاهش) و ۳ وضعیت سبز (تاب‌آوری مطلوب) به‌دست آمد. این توزیع نشان‌دهنده غلبه وضعیت‌های بحرانی و روند نزولی تشدید خشک‌سالی در منطقه است. در نتیجه، اولویت اقدامات برای سازگاری با خشک‌سالی و بهبود تاب‌آوری، به‌ترتیب با روستای مجدآباد (به‌دلیل جمعیت بیشتر و فشار بالاتر بر منابع) و سپس محمدآباد است. نتایج تحلیل رگرسیونی نشان داد که تنوع محصولات زراعی و جمعیت به‌ترتیب بیشترین وزن را در مدل دارند، در حالی که تحصیلات و آبیاری کمترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند. در سطح معنی‌داری ۵ درصد، تنوع محصولات زراعی رابطه مثبت و معنی‌داری با تاب‌آوری ایجاد کرده است. همچنین در سطح معنی‌داری $0/01$ ، جمعیت با تحصیلات رابطه مثبت و با سطح آبیاری و اشتغال به‌کار رابطه منفی نشان داده است. آماره دوربین-واتسون ($1/892$) نشان‌دهنده عدم خودهمبستگی و اعتبار ضرایب برآورد شده است. ضریب همبستگی چندگانه $0/995$ نیز صحت بالای معیارهای به‌کارگیری‌شده را تأیید می‌کند. ارزیابی شاخص نشان داد متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته مؤثر هستند و این تأثیر در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار است. استفاده از یک شاخص واحد برای تاب‌آوری، به‌ویژه در بخش کشاورزی، دشوار است؛ اما هر پژوهش بر اساس اهداف خود به ارزیابی تاب‌آوری می‌پردازد. در این پژوهش، جامعه کشاورزان مورد بررسی قرار گرفته است؛ بنابراین نتایج ارائه‌شده در قالب شاخص LPCIEA منطبق بر پژوهش‌های سازمان‌یافته جزئی است. در معیار اشتغال، ترکیب زنان و مردان شاغل در نظر گرفته شده که با جامعه توانمند دارای شغل مطابقت دارد. پژوهش حاضر از سه معیار سطح اراضی کشاورزی، سطح آبیاری و سن اشتغال بهره گرفته و اعتمادپذیری شاخص را اثبات کرده است. نتایج این پژوهش با یافته‌های (Norouzi, Abbaspour, & Ahmadi, 2020) در زمینه انتخاب معیارها و شاخص مناسب تحلیل

تنوع کشت، توسعه کشت‌های کم‌آبر و متنوع‌سازی محصولات کشاورزی متمرکز شوند تا ضمن کاهش وابستگی به یک محصول خاص، ریسک ناشی از خشک‌سالی مدیریت شود.

سپاسگزاری

این اثر برگرفته از بخشی از نتایج زیرپروژه تحقیقاتی مستقل با عنوان "تحلیل تاب‌آوری اجتماعی در برابر خشک‌سالی با استفاده از شاخص ترکیبی (مطالعه موردی: استان فارس)"، با کد ۰۱۰۴۹۵-۱۲-۲۹-۶۶-۰ و م‌صوب در پژوهش‌شکده حفاظت خاک و آبخیزداری می‌باشد. نویسندگان این مقاله بر خود فرض می‌دانند از همکاری و پشتیبانی آن پژوهش‌شکده و حمایت‌های مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس سپاسگزاری و قدردانی کنند.

طریق افزایش سازگاری و بهبود تاب‌آوری، یک مسیر پیچیده و پویا است. هماهنگی میان دستگاه‌های اجرایی با هدف ایجاد هم‌آهنگی در سیاست‌های راهبردی و اجرایی، تعیین اولویت‌ها، برنامه‌ها و نحوه تخصیص اعتبارات، اجرایی‌سازی پیشنهادهای تحت تأثیر قرار می‌دهد. متشکل شدن مردم محلی با هدف ترغیب و تشویق همکاری میان آن‌ها و حضور در نهادهای تصمیم‌گیری (مانند تعیین سیاست‌های راهبردی و اجرایی، اولویت‌ها، برنامه‌ها و نحوه اعتبارات) از مهم‌ترین روش‌های ارتقا تاب‌آوری در مواجهه با خشک‌سالی است. جوامع محلی که با منابع طبیعی و ژنتیکی ارتباط مستقیم و غیرمستقیم دارند، باید در مقام شریک اجتماعی و بازوی اجرایی در هر منطقه قرار گیرند و در سند توسعه راهبردی مواجهه با خشک‌سالی به آن‌ها توجه ویژه‌ای شود. با توجه به این‌که "تنوع محصولات زراعی" به عنوان مهم‌ترین عامل تاب‌آوری شناسایی شده است، سیاست‌های حمایتی باید بر افزایش

References

1. Afrin, R., Sultana, R., & Alam, M. S. (2024). A Comprehensive analysis of drought vulnerability in the Barind region of Bangladesh: A socio-ecological systems approach. *Ecological indicators*, 160, 111863. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111863>
2. Afshartabar, R., Mortazavi, S. A., & Khalilian, S. (2023). Assessing the effects of climate change on crop production in Marvdasht County. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 17(1), 42–55. Retrieved from https://idj.iaid.ir/article_168109.html
3. Bahta, Y., Jordaan, A., & Muyambo, F. (2016). Communal farmers' perception of drought in South Africa: Policy implication for drought risk reduction. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 20, 39–50. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.10.007>
4. Bathaïy, S. S., Chizari, M., Sadighi, H., & Alambeigi, A. (2021). Social media and farmer's resilience to drought as an environmental disaster: A moderation effect. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 59, 102209. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102209>
5. Bera, D., & Dutta, D. (2024). A Comprehensive Evaluation of Agricultural Drought Vulnerability Using Fuzzy-AHP- Based Composite Index Integrating Sensitivity and Adaptive Capacity. *Hydrological Processes*, 38(11), e15331. <https://doi.org/10.1002/hyp.15331>
6. Brock, M. A., Nielsen, D. L., Shiel, R. J., Green, J. D., & Langley, J. D. (2003). Drought and aquatic community resilience: the role of eggs and seeds in sediments of temporary wetlands. *Freshwater Biology*, 48(7), 1207–1218. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01083.x>
7. Dale, A. P., Vella, K., Potts, R., Joyce, B., Stevenson, B., Cottrell, A., . . . Pert, P. (2016). Applying social resilience concepts and indicators to support climate adaptation in tropical North Queensland, Australia. In *Climate Adaptation Governance in Cities and Regions* (pp. 21–44). <https://doi.org/10.1002/9781118451694.ch2>
8. Falah mehrgerdi, n., & Hanaee, T. (2020). Assessing the resilience of the urban neighborhood in the face of natural hazards (Case Study of Mashhad Ab-o- Bargh District). *Geography and Development*, 18(59), 227–246. <https://doi.org/10.22111/gdij.2020.5473>
9. Ghorbani, M., Bagheri Fahraji, R., Khalighi-Sigaroodi, S., & Rahimi, M. (2025). Social network structures and drought resilience: a case study of Iranian pastoralists in the Nodoushan watershed. *Environmental Hazards*, 1–28. <https://doi.org/10.1080/17477891.2025.2564101>
10. Hassanshahi, H., Iravani, H., Daneshvar Ameri, Z., & Kalantari, K. (2015). Measure and comparison of economic, social and ecological sustainability of farming systems in the Marvdasht plain. *Desert*, 20(2), 231–239. <https://doi.org/10.22059/jdesert.2015.56485>
11. Khatir, A., Rezaei-Moghaddam, K., & Zamani, G.-H. (2017). Factors affecting the migration of rural youth, members and non-members of agricultural cooperatives in Marvdasht city. *Iranian Agricultural Extension and Education Journal*, 12(2), 19–35. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20081758.1395.12.2.2.5>
12. Khoshnazar, A., Perez, G. C., & Sajjad, M. (2023). Characterizing spatial-temporal drought risk heterogeneities: a hazard, vulnerability and resilience-based modeling. *Journal of Hydrology*, 619, 129321. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129321>
13. Kotzee, I., & Reyers, B. (2016). Piloting a social-ecological index for measuring flood resilience: A composite

- index approach. *Ecological indicators*, 60, 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.018>
14. Li, T., Zhang, R., & Tan, S. (2026). Enhancing climate resilience of pastoral communities through informal institutions: evidence from Inner Mongolia. *Climate and Development*, 18(1), 44–57. <https://doi.org/10.1080/17565529.2025.2500454>
15. Mavhura, E., Manyangadze, T., & Aryal, K. R. (2021). A composite inherent resilience index for Zimbabwe: An adaptation of the disaster resilience of place model. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 57, 102152. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102152>
16. Naumann, G., Carrão, H., & Barbosa, P. (2018). Indicators of social vulnerability to drought. *Drought: Science and policy*, 111–125. <https://doi.org/10.1002/9781119017073.ch6>
17. Norouzi, V., Abbaspour, M., & Ahmadi, A. (2020). Presenting a resilience assessment model in comprehensive management of a resilient metropolis. *Geography and Regional Planning*, 10(38), 1029–1055. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.22286462.1399.10.38.26.1>
18. Sabut, A., & Mishra, A. (2026). A Century of Drought Research (1900–2023): Scientific Developments, Methodological Innovations, and Emerging Frontiers. *Water Resources Research*, 62(1), e2025WR041987. <https://doi.org/10.1029/2025WR041987>
19. Sass, K. S., Konak, A., de Macedo, M. B., Benso, M. R., Shrimpton, E., Balta-Ozkan, N., . . . da Silva, P. G. C. (2024). Enhancing drought resilience and vulnerability assessment in small farms: A global expert survey on multidimensional indicators. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 110, 104616. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104616>
20. Soleimanpour, S. M., & Ebrahimi, P. (2024). Analysis of Social Resilience to Drought Using a Composite Index (Case Study: Fars Province). <https://fipak.areeo.ac.ir/site/catalogue/18883770>
21. Wassie, S. B., Mengistu, D. A., & Birlie, A. B. (2023). Agricultural livelihood resilience in the face of recurring droughts: Empirical evidence from northeast Ethiopia. *Heliyon*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16422>