Sari Agriculture Sceinces and Natural Resources University

Journal of Watershed Management Research, Vol. 14, No.28, Winter 2023 p: 78-88

" Research Paper"

Spatial Assessment of Watershed Vulnerability Based on Climatic Approach (Case study: Doroodzan Watershed. Fars Province)

Fatemeh Bayatani[1], Mehdi Hayatzadeh[2], Farzaneh Fotouhi Firozabad[3], Ali Fathzadeh[4] and Ayoob Karami[5]

1- M.Sc. Watershed Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University
2- Assistant Professor, Department of Natural Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, (Corresponding author: mhayatzadeh@ardakan.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Natural Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University
4- Associate Professor, Department of Natural Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University
5- Ph.D. Watershed Science and Engineering, Forough Fardad Knowledge base Company, Yazd Science and Technology Park
Received: 28 October, 2022 Accepted: 15 August, 2023

Extended Abstract

Introduction and Objective: A spatial survey of the degree of vulnerability is an important step in order to identify vulnerable areas and make decisions to protect natural resources and achieve sustainable development. Therefore. the present research the present study was conducted with the aim of spatially investigating the degree of vulnerability of Dorodzan Dam watershed in Fars's province with a climatic approach.

Material and Methods: Climatic data of 9 climatology station in the period 1991-2020 was used. indicators affecting the vulnerability of the watershed were extracted. including wet season. dry season. cold season temperature. hot season temperature. maximum wind speed. and height above sea level. After determining the aforementioned indicators. the overall vulnerability index (OVP) was calculated.

Results: In this method. vulnerability indicates the performance. nature. rate of climate change in the watershed. The results showed that the dry season index ranged from 6.40 to 66.19 mm for Chamriz and Emamzadeh Ismail stations and the wet season index ranged from 70.67 to 538.03 mm for Eghlid and Chamriz is variable. Also. the cold period index was 1.77 to 2.65 °C for Dorodzan and Zarghan stations. respectively. and the warm period index was 1.52 to 2.21 °C for Chamriz and Zarghan stations. respectively. The maximum wind speed index was calculated between 0.08 and 0.85 km/h for Eghlid and Dorodzan stations. respectively. Altitude was also assessed. The results based on the analysis of climatic indicators show that the total vulnerability index in the Dorodzan dam reservoir is between 25.7 to 34.2 and fall within reversible class.

Conclusion: Given the results obtained and considering the good Potential of this watershed. the need to consider management and preventive measures against drought and flood threats caused by climate change and human change is important. Considering that according to the standard of the mentioned method. the index is less than 40 in the reversible range. therefore. according to the location of the vulnerability index of the studied area with the climatic approach. it can be concluded that although the region has undergone many changes especially in recent years however. due to the slight changes in climatic indicators in the long term. this watershed is still far from the limits of resilience from physical aspects. and with the adoption of suitable management patterns. it has the ability to return to ideal conditions.

The results of the research. in addition to expressing the importance of the effects of climate change. will help their application in the application of correct and compatible management with climate change in future watershed management policies.

Keywords: Climate change, Doroodzan dam, OVP, Vulnerability assessmet, Watershed

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.28.6.5]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.28.78]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

"مقاله پژوهشی"

بررسی مکانی درجه آسیب‌پذیری حوزه آبخیز با رویکرد اقلیمی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز درودزن، استان فارس)

فاطمه بیاتانی[۱]، مهدی حیات‌زاده[۲]، فرزانه فتوحی فیروزآباد[۳]، علی فتح‌زاده[۴] و ایوب کرمی[۵]

۱- کارشناس ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان
۲- استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، (نویسنده مسوول: mhayatzadeh@ardakan.ac.ir)
۳- استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان
۴- دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان
۵- دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، شرکت دانش بنیان پویشگران فروغ فرداد، پارک علم و فناوری یزد

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۲۴
صفحه: ۷۸ تا ۸۸

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: بررسی مکانی درجه آسیب‌پذیری در جهت شناسایی مناطق آسیب‌پذیر و تصمیم‌گیری برای حفاظت از منابع طبیعی و دستیابی به توسعه پایدار گام مهمی است. لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی مکانی درجه آسیب‌پذیری حوزه آبخیز سد درودزن در استان فارس با رویکرد اقلیمی انجام شد.

مواد و روش‌ها: داده‌های اقلیمی ۹ ایستگاه کلیماتولوژی در بازه زمانی ۱۳۷۰-۱۳۹۹ مورد استفاده قرار گرفت. شاخص‌های تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری حوزه آبخیز که شامل شاخص بارش فصل مرطوب، فصل خشک، دمای دوره سرد، دمای دوره گرم، حداکثر سرعت باد و ارتفاع از سطح دریا بودند استخراج گردید. پس از تعیین شاخص‌های مذکور، شاخص آسیب‌پذیری کلی (OVP) محاسبه شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد شاخص فصل خشک به‌ترتیب در محدوده ۶/۴۰ تا ۶۶/۱۹ میلی‌متر برای ایستگاه‌های چمریز و امامزاده اسماعیل و شاخص فصل مرطوب به‌ترتیب در محدوده ۷۰/۶۷ تا ۵۳۸/۰۳ میلی‌متر برای ایستگاه‌های اقلید و چمریز متغیر است. همچنین شاخص دوره سرد به‌ترتیب بین محدوده ۱/۷۷ تا ۲/۶۵ درجه سانتی‌گراد برای ایستگاه درودزن و زرقان و شاخص دوره گرم به‌ترتیب ۱/۵۲ تا ۲/۲۱ درجه سانتی‌گراد برای ایستگاه چمریز و زرقان به‌دست آمد. شاخص حداکثر سرعت باد به‌ترتیب بین محدوده ۰/۰۸ تا ۰/۸۵کیلومتر بر ساعت برای ایستگاه‌های اقلید و درودزن محاسبه شد. ارتفاع از سطح دریا نیز بررسی شد. نتایج مبتنی بر تحلیل شاخص‌های اقلیمی نشان می‌دهد که شاخص آسیب‌پذیری کل در آبخیز سد درودزن بین ۲۵/۷ تا ۳۴/۲ قرار گرفته و در طبقه با درجه برگشت‌پذیر می‌باشد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست آمده و در نظر گرفتن پتانسیل خوب این حوزه آبخیز، نیاز به در نظرگرفتن اقدامات مدیریتی و پیش‌گیرانه در برابر تهدیدات خشکسالی و سیل ناشی از تغییرات اقلیمی و تغییرات انسانی حائز اهمیت است. با توجه به اینکه طبق استاندارد روش مذکور شاخص کمتر از ۴۰ در محدوده برگشت‌پذیر می‌باشد. لذا با توجه به قرارگیری شاخص آسیب‌پذیری محدوده مورد مطالعه با رویکرد اقلیمی در محدوده کمتر از ۴۰ می‌توان نتیجه گرفت که هر چند منطقه به‌ویژه در سال‌های اخیر دچار تغییرات زیادی شده است ولی با توجه به تغییرات جزئی شاخص‌های اقلیمی در بلندمدت این حوزه آبخیز هنوز تا مرزهای تاب‌آوری از جنبه‌های فیزیکی فاصله داشته و با اتخاذ الگوهای مدیریتی مناسب قابلیت برگشت به شرایط ایده‌آل را دارد. نتایج تحقیق، علاوه بر بیان اهمیت تأثیرات تغییر مؤلفه‌های اقلیمی، به کاربرد آن‌ها در به‌کارگیری مدیریت صحیح و سازگار با تغییرات مؤلفه‌های اقلیمی در سیاست‌های آتی مدیریت حوزه آبخیز کمک شایانی خواهد کرد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی آسیب‌پذیری، تغییر اقلیم، حوزه آبخیز، سد درودزن، OVP

مقدمه

مدیریت آبخیزها در مقابل مخاطرات نیاز به درک کامل از وضعیت و پویایی سامانه‌های اجتماعی و بوم‌شناختی در واکنش به تنش‌ها دارد. به بیان دیگر، بسیاری از رویکردهای اندازه‌گیری موجود، آسیب‌پذیری و تاب‌آوری را به‌عنوان یک فرایند (فرآیند ظرفیت‌سازی) می‌دانند، بنابراین، رویکردی که تاب‌آوری را به‌عنوان یک فرآیند پویا تلقی می‌کند و می‌تواند به سنجش اصول اولیه دارایی‌ها و ظرفیت‌ها کمک کند، برای کمک به آبخیزها برای مقابله با شوک‌ها یا فشارهای غیرمنتظره الزامی است (Farzi et al., 2022). آسیب‌پذیری دارای تعاریف متفاوت بوده و یک مفهوم گسترده در زمینه‌های مختلف است (He et al., 2011). بعضی براساس دیدگاه کشاورزی و گروهی دیگر از دیدگاه کلان ملی و اجتماعی و از طریق ساخت شاخص‌های آسیب‌پذیری اقدام به ارزیابی کرده‌اند (Cheng& Tao. 2010). آسیب‌پذیری یک سیستم به این معنا است که سیستم قادر به کنار آمدن و یا غلبه بر اثرات ناشی از بلایایی طبیعی نباشد (Kelly & Adger. 2000). ارزیابی آسیب‌پذیری برای شناسایی و اولویت‌بندی بخش‌ها و مناطق مختلف به‌منظور ارزیابی دقیق‌تر و نیز شناسایی نیازهای اقدامات مدیریتی سازگار انجام می‌گیرد (Füssel & Klein. 2006; Füssel et al., 2018). بنابراین هدف از ارزیابی آسیب‌پذیری شناسایی اقدامات مناسب به‌منظور کاهش آسیب‌های بالقوه است. مطالعات متعددی در زمینه ارزیابی آسیب‌پذیری اقلیمی در اکوسیستم‌های گوناگون انجام گرفته است. ساتیان و همکاران (۲۰۱۸) نیز به تجزیه و تحلیل حساسیت یک شاخص آسیب‌پذیری اقلیمی در یکی از برنامه‌های توسعه آبخیز هند پرداختند. نتایج نشان داد که «استراتژی‌های معیشتی» و «شبکه ارتباطی- اجتماعی» بیشترین حساسیت را نسبت به آسیب‌پذیری دارند و اهتمام سازمان‌های اجرایی به این دو متغیر مزبور در راستای بهبود برنامه‌های توسعه آبخیز را مورد تأکید قرار می‌دهد (Sathyan et al., 2018). لو و همکاران در ویتنام یک چارچوب ارزیابی خطر سیل که از داده‌های تاریخی سیل و مدل رقومی ارتفاع با وضوح بالا استفاده می‌کند، ارائه دادند. سپس نقشه به‌دست آمده را با داده‌های در معرض قرارگیری و آسیب‌پذیری برای ارزیابی کلی ترکیب کردند. نقشه نهایی خطر سیل، مساحت کل آبگرفتگی یعنی ۶۴۳۴۸ هکتار که در آن

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.28.6.5]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.28.78]

۸/۳ درصد منطقه خطر کم، ۱۶/۳ درصد خطر متوسط، ۱۲ درصد خطر زیاد، ۳۷/۱ درصد منطقه خطر بسیار زیاد و ۲۶/۲ درصد منطقه ریسک فوق‌العاده بالایی را نشان داد (Luu et al., 2020). زارعی و همکاران پژوهش خود را با هدف ارزیابی آسیب‌پذیری اقلیمی آبخیز سامیان در استان اردبیل انجام دادند. نتایج حاصل از تلفیق همه شاخص‌ها نشان داد زیرحوزه‌های ۱۷، ۱۶، ۱۵ واقع در غرب دارای آسیب‌پذیری خیلی زیاد و زیرحوزه‌های ۲۴، ۲۱، ۲۰ واقع در بخش‌هایی از شمال و مرکز دارای کمترین آسیب‌پذیری است (Zarei et al., 2019). کلانتری و نمکی به بررسی تأثیر عوامل مختلف در الگوی توزیع جمعیت و آسیب‌پذیری‌های محتمل بر جمعیت ساکن در حوزه‌های آبخیز با استفاده از قابلیت‌های سامانه اطلاعات مکانی پرداختند. نتایج نشان داد روند تغییرات جمعیتی در حوزه عمدتاً در راستای کاهش تهدیدات ناشی از عوامل طبیعی و ژئومورفولوژیکی عمل نموده‌اند و ظاهراً بین جمعیت حوزه و عوامل طبیعی آن نوعی سازش در راستای حفظ حیات و امکان بهره‌برداری از منابع حوزه شکل گرفته است (Kalantari & Namaki, 2019). چمنی و همکاران پژوهشی با عنوان پایایی، تاب‌آوری و آسیب‌پذیری حوزه آبخیز چالوس مبتنی بر شاخص خشکسالی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش نشان داد، حوزه آبخیز چالوس در دوره ۱۳۹۴ تا ۱۳۶۵ از پایایی ثابت (۰/۵) ولی تاب‌آوری و آسیب‌پذیری به‌ترتیب ۰/۲۳ تا ۰/۶۲ و ۰/۶ تا یک برخوردار بود است. میانگین هندسی این شاخص نیز بین ۰/۱۹ تا ۰/۵۸ بود. در نهایت متوسط شاخص سلامت حوزه آبخیز چالوس بر اساس پویایی شاخص خشک‌سالی ۰/۴۵ و در گروه متوسط بود که نتایج به‌دست آمده دلالت بر متوسط بودن شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه و طبعاً نقش ماشه‌ای دخالت‌های انسانی در تهدید سلامت آبخیز چالوس دارد(Chamani et al., 2022). خورشیدی و همکاران در زمینه اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در حوزه آبخیز فاقد آمار حاجی بختیار ایلام با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره AHP-VIKOR مطالعه‌ای انجام دادند. نتایج آنها نشان داد که ۳۱ درصد منطقه پتانسیل سیل‌خیزی متوسط، ۵۱ درصد منطقه پتانسیل سیل‌خیزی زیاد و۱۶ درصد منطقه پتانسیل سیل‌خیزی خیلی زیاد دارد (Khorshidi et al., 2021). عزیزی و همکاران به‌منظور ارائه اطلاعات جامعی از آسیب‌پذیری سیل ۲۶ حوزه آبخیز استان اردبیل ابتدا به محاسبه شش مؤلفه مختلف شامل هواشناسی، هیدرولوژیکی، فیزیکی- محیطی، اجتماعی، اقتصادی و سرمایه‌گذاری بر اساس ۱۹ معیار مختلف پرداختند. سپس بر اساس تلفیق این مؤلفه‌ها، شاخص آسیب‌پذیری سیل (FVI) محاسبه شد. نتایج نشان داد که بیشترین مساحت استان از نظر مؤلفه‌های نام‌برده به‌ترتیب در طبقات متوسط ۵۴ درصد، خیلی زیاد ۴۵ درصد، متوسط ۵۶ درصد، زیاد ۳۷ درصد، متوسط ۶۴ درصد و متوسط ۵۴ درصد آسیب‌پذیری قرار گرفته است (Azizi et al., 2022). آوند و همکاران پژوهشی با هدف شناسایی مناطق آسیب‌پذیر از سیلاب در چهار بعد اقتصادی، اجتماعی-فرهنگی، ساختاری-فیزیکی و سیاست‌گذاری-نهادی از "روش بهترین بدترین (BWM) که مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی است، برای وزن‌دهی شاخص‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد که در بعد اقتصادی شاخص وابستگی به درآمد کشاورزی (۰/۲۸۴)، در بعد ساختاری-فیزیکی شاخص وجود راه‌های ارتباطی (جاده و پل) مناسب (۰/۲۴۳)، در بعد سیاست‌گذاری نیز شاخص تخریب منابع طبیعی (۰/۳۷۹) و در بعد اجتماعی-فرهنگی شاخص دسترسی به مراکز بهداشتی و درمانی (۰/۳۹۱) دارای بالاترین وزن بوده و از لحاظ پاسخگویان تاثیر زیادی در آسیب‌پذیری ساکنین به سیلاب دارد (Avand et al., 2022).

حوزه آبخیز سد درودزن یکی از مناطق استراتژیک تولید کشاورزی در استان فارس است. لذا تغییرات کوچکی در میزان دما، بارش در حوزه این سد می‌تواند با اثر بر وضعیت منابع آب و چرخه رشد محصولات کشاورزی، شرایط اقتصادی اجتماعی ساکنین این حوزه را تحت تأثیر قرار دهد. بدین جهت هدف از انجام این پژوهش بررسی مکانی درجه آسیب‌پذیری حوزه آبخیز با رویکرد اقلیمی در منطقه مورد مطالعه است.

مواد و روش‌ها

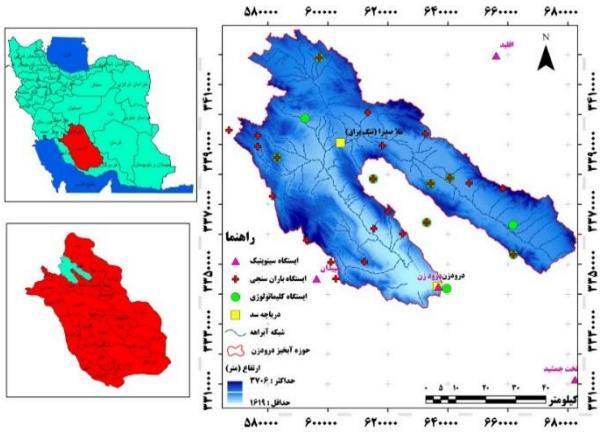
منطقه مورد مطالعه

سد درودزن در موقعیت جغرافیایی شمال غربی شیراز روی رودخانه کر احداث گردیده و در سال ۱۳۵۲ به بهره‌برداری رسیده است (شکل۱). منطقه مورد مطالعه عمدتاً دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است. سطح حوزه آبخیز سد درودزن حدود ۴۳۱۱ کیلومترمربع و ارتفاع متوسط آن حدود ۲۱۶۷ متر از سطح دریا است. متوسط بارندگی سالانه منطقه ۵۸۷ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه در محل سد درودزن ۱۶ درجه سانتی‌گراد است. میزان متوسط تبخیر از طشتک ۲۵۴۶ میلی‌متر در سال و تبخیر از سطح آزاد آب دریاچه سد درودزن ۱۷۵۰ میلی‌متر در سال محاسبه شده است (Ranjbar et al., 2015). رژیم آبدهی رودخانه این حوضه یک رژیم دائمی بوده که نتیجه ذوب برف و دبی چشمه‌هاست، از طرفی وقوع بارش‌های ۲۰۰-۳۰۰ میلی‌متری در طول یک واقعه با مقادیر روزانه بین ۵۰ تا۱۰۰ میلی‌متر بارش که سبب طغیان رودخانه می‌شود، غیرعادی نیست.

داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده

در این پژوهش داده‌های اولیه شامل آمار ماهانه بارش، دما و حداکثر سرعت باد در طول دوره آماری (۱۳۹۹-۱۳۷۰) از ۳ ایستگاه سینوپتیک و ۹ ایستگاه بارانسنجی واقع در حوزه سد درودزن که وابسته به سازمان هواشناسی و وزارت نیرو بود استفاده گردید. سپس اطلاعات داده‌ها در محیط نرم‌افزارهای Excel و GIS تهیه و تجزیه و تحلیل‌های لازم برای انجام پژوهش استفاده شد. مشخصات ایستگاه‌های منتخب در سطح استان و حوزه آبخیز با هدف تعیین مؤلفه‌های اقلیمی مؤثر در ارزیابی آسیب‌پذیری در (جدول ۱) نشان داده شده است.

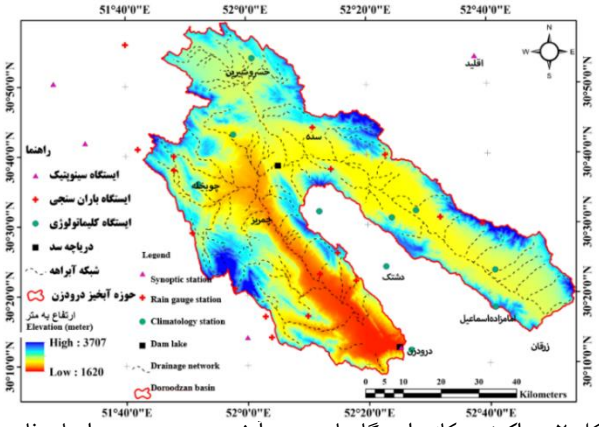
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.28.6.5]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.28.78]



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز سد دودزن در استان فارس
Figure 1. Geographical location of Doroodzen dam watershed in Fars's province

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های باران سنجی، باد و دما
Table 1. Characteristics of rain gauge. wind and temperature stations

نام ایستگاه Station Name	نوع ایستگاه StationType	طول جغرافیایی Geographical Length	عرض جغرافیایی GeographicalWidth	ارتفاع از سطح دریا(m) height above sea level
سد دودزن Doroodzen dam	باران سنجی rain gauge	52.58	30.31	1642
زرقان Zarghan	باران سنجی rain gauge	52.70	29.77	1596
خسروشیرین Khosrowshirin	باران سنجی rain gauge	52.02	30.90	2345
اقلید Eghlid	باران سنجی rain gauge	52.63	30.90	2300
سده Sadah	باران سنجی rain gauge	52.16	30.71	2178
چوبخله Choukhale	باران سنجی rain gauge	51.89	30.55	2056
چمریز Chamriz	باران سنجی rain gauge	51.10	30.45	1789
امامزاده اسماعیل Emamzadeh Ismail	باران سنجی rain gauge	52.59	30.32	2345
دشتک Dashtak	باران سنجی rain gauge	52.47	30.29	2031
سددودزن Doroodzen dam	بادسنجی Wind gauge	52.58	30.31	1642
زرقان Zarghan	بادسنجی Wind gauge	52.70	29.77	1559
اقلید Eghlid	بادسنجی Wind gauge	52.63	30.90	2300
سد دودزن Doroodzen dam	دماسنجی Temperature gauge	51.10	30.31	1642
چمریز Chamriz	دماسنجی Temperature gauge	52.63	45.30	2345
اقلید Eghlid	دماسنجی Temperature gauge	52.70	30.90	2300
زرقان Zarghan	دماسنجی Temperature gauge	52.16	29.77	1596



شکل ۲- پراکنش مکانی ایستگاه‌های حوزه آبخیز سد دودزن در استان فارس
Figure 2. Distribution of stations in the Doroodzen dam watershed in Fars province

شاخص‌های تأثیرگذار برآسیب‌پذیری حوزه آبخیز

با اشاره به منابع یاد شده در این پژوهش و با استفاده از نتایج تحقیقاتی ارائه شده توسط تیبوران جر و همکاران، از تغییرات مکانی مؤلفه‌های اقلیمی شامل شاخص میزان بارش فصل مرطوب، بارش فصل خشک، دمای دوره سرد، دمای دوره گرم، حداکثر سرعت باد، ارتفاع از سطح دریا برای ارزیابی آسیب‌پذیری حوزه آبخیز سد دودزن استفاده شد (Tiburan Jr et al., 2010). در (جدول ۲) خلاصه‌ای از خصوصیات و نحوه محاسبه شاخص‌ها شرح داده شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.28.6.5]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.28.78]

جدول ۲- خلاصه‌ای از خصوصیات و نحوهٔ محاسبهٔ شاخص‌های تغییرات مؤلفه‌های اقلیمی

Table 2. A summary of the characteristics and how to calculate the indicators of changes in climatic components

شاخص Indicator	واحد Unit	نحوهٔ محاسبه Description	ملاحظات Considerations	دامنه Range	مقیاس Scale
فصل خشک dry season	mm	شاخص مذکور از طریق محاسبهٔ میانگین بارندگی سالانه (میلی‌متر) طی پنج سال گذشته با ۲۰ درصد کمتر از میانگین طولانی مدت ماهانهٔ ۲۵ سال محاسبه شد. Average annual rainfall excess (mm) over the past five (5) years for all months wit۲۰٪higher than the 25-year monthly average. It accounts for flooding and effects of storms to ecosystem disturbance.	این شاخص آسیب‌پذیری اکوسیستم به خشک‌سالی و سایر مشکلات مرتبط با آب را توصیف می‌کند. This index describes the ecosystem's vulnerability to drought and otherwater-related problems.	<176	1
				176 –352	2
				325–528	3
				528 –704	4
				>704	5
فصل مرطوب wet season	mm	بر اساس تعیین میانگین بارندگی سالانه (میلی‌متر) طی پنج سال گذشته با ۲۰ درصد بالاتر از میانگین طولانی مدت ماهانهٔ ۲۵ سال محاسبه شد. Average annual rainfall deficit (mm) over the past five (5) years for all months with ۲۰٪lower than the 25-year monthly average It describes vulnerability to drought and other water-related problems.	این شاخص نشان‌دهندهٔ خطر سیل و اثرهای طوفان و در نتیجه اختلال اقلیمی و هیدرولوژیکی اکوسیستم است. This index shows the risk of flooding and the effects of storms and as a result the climatic and hydrological disturbance of the ecosystem.	<182.53	1
				182.496- 53.01	2
				496.01- 962.99	3
				962.99- 1583.49	4
				>1583.49	5
دورهٔ سرد Cold Period	℃	با تعیین میانگین دمای سالانه (سانتی‌گراد) طی پنج سال گذشته با ۲ درجهٔ سانتی‌گراد کمتر از متوسط ماهانه حداکثر دادهٔ موجود محاسبه شد. Average annual heat deficit (0 C) over the past five (5) years for all months with 2 0 C lower than the 25-year monthly minimum average. It relates to temperature stress. productivity. and reproduction.	این شاخص مربوط به تنش دماست. This index is related to temperature stress.	<2.95	1
				2.95- 11.80	2
				11.80- 26.54	3
				26.54- 47.19	4
				>47.19	5

ادامه جدول ۲- خلاصه‌ای از خصوصیات و نحوهٔ محاسبهٔ شاخص‌های تغییرات مؤلفه‌های اقلیمی

Continue Table 2. A summary of the characteristics and how to calculate the indicators of changes in climatic components

شاخص Indicator	واحد Unit	نحوهٔ محاسبه Description	ملاحظات Considerations	دامنه Range	مقیاس Scale
دورهٔ گرم Hot Period	℃	با تعیین میانگین دمای سالانه (سانتی‌گراد) طی پنج سال گذشته با ۲ درجهٔ سانتی‌گراد بالاتر از متوسط ماهانه حداکثر دادهٔ موجود محاسبه شد. Average annual heat excess (0 C) over the past five (5) years for all months with 2 0 C higher than the 25-year monthly maximum average. It provides a measure of stress to forest growth and biodiversity Survival.	این شاخص میزان تنش وارده به رشد، پوشش گیاهی، و تنوع زیستی را نشان می‌دهد. This index shows the amount of stress on growth. vegetation. and biodiversity.	<0.51	1
				0.51- 2.05	2
				2.05- 4.61	3
				4.61- 8.19	4
				>8.19	5
حداکثرسرعت باد Maximum Wind	Km/h	از روی محاسبهٔ میانگین سرعت باد سالانه بیش از ۱۰سال گذشته با ۲۰ درصد بالاتر از میانگین حداکثر سرعت باد ماهانهٔ ۲۵ ساله تعیین شد. Average annual excess wind over the past ۱۰years for all months with 20% higher than the 25-year maximum wind speed average for that month. It affects stormsurges. fire spread and damage to forest.	این شاخص میزان تأثیرگذاری موج‌های طوفانی، گسترش آتش و آسیب به جنگل را نشان می‌دهد. This index shows the impact of storm waves. spread of fire and damage to the forest.	<11.83	1
				11.83- 22.22	2
				22.2- 41.30	3
				41.30- 77.55	4
				>77.55	5
ارتفاع از سطح دریا height above sea level	m	تهیهٔ نقشهٔ مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر در نرم افزار ArcGIS 10.3 انجام شد. The digital elevation model map was prepared with a spatial resolution of 12.5 meters in ArcGIS 10.3 software.	بیانگر وضعیت جغرافیایی یک منطقه است و نیز از عوامل مؤثر بر تغییرات دما و بارش و سایر مؤلفه‌های اقلیمی است. این شاخص تأثیر قابل توجهی در انواع اکوسیستم‌ها دارد و می‌تواند با سیل، اختلال انسان، و بهره‌برداری از منابع طبیعی نیز مرتبط باشد. It represents the geographical situation of a region and it is also one of the factors affecting changes in temperature and precipitation and other climatic components. This index has a significant impact on all kinds of ecosystems and can be related to floods. human disturbance. and exploitation of natural resources.	>2.800	1
				2.2- 100.8	2
				1.4- 2.100	3
				700- 1.4	4
				<700	5

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.28.6.5]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.28.78]

در پژوهش حاضر محاسبه شاخص‌ها به شرح زیر انجام شد. برای محاسبه شاخص فصل خشک ابتدا داده‌های ماهانه بارندگی ۹ ایستگاه باران‌سنجی و سینوپتیک در محیط اکسل طی پنج سال گذشته با ۲۰ درصد کمتر از میانگین طولانی مدت ماهانه ۲۵ سال و شاخص فصل مرطوب در محیط اکسل از طریق محاسبه میانگین بارندگی سالانه (میلی‌متر) طی پنج سال گذشته با ۲۰ درصد بیشتر از میانگین طولانی مدت ماهانه ۲۵ سال محاسبه شد.

شاخص دوره سرد در محیط اکسل از طریق محاسبه میانگین دمای سالانه (سانتی‌گراد) طی پنج سال گذشته با ۲ درجه سانتی‌گراد کمتر از متوسط ماهانه حداکثر داده موجود و شاخص دوره گرم از طریق محاسبه میانگین دمای سالانه (سانتی‌گراد) طی پنج سال گذشته با ۲ درجه سانتی‌گراد بالاتر از متوسط ماهانه حداکثر داده موجود محاسبه شد. همچنین شاخص حداکثرسرعت باد با محاسبه میانگین سرعت باد سالانه بیش از ده سال گذشته با ۲۰ درصد بیشتر از میانگین حداکثر سرعت باد ماهانه ۲۵ سال تعیین شد. برای تهیه شاخص ارتفاع از سطح دریا از نقشه مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک ۱۲/۵ در نرم‌افزار (GIS) استفاده شد. همچنین برای تعیین میزان آسیب‌پذیری اقلیمی، نخست هر شاخص مطالعاتی مزبور بین مقیاس یک تا پنج به شرح (جدول ۳) دسته‌بندی شد. در نهایت نسبت به محاسبه شاخص آسیب‌پذیری کل[1] (OVP) از طریق رابطه (۱) اقدام شد. مقادیر این شاخص‌ها را در ابتدا می‌توان به عنوان یک نسبت ضرب شده در مقیاس مربوطه آن بیان کرد (Brooks et al., 2005). سپس محصولات آن‌ها به یک مقدار واحد جمع می‌شود تا سطح کلی آسیب‌پذیری این شاخص را نشان دهد. در ادامه کلیه مقادیر شاخص‌های آسیب‌پذیری اقلیمی در سطح حوزه آبخیز با استفاده از روش معکوس وزنی فاصله[2] (IDW) در محیط ArcGIS پهنه‌بندی شد (Eslami et al., 2015). ذکر این نکته لازم است به‌سبب محدود بودن و توزیع مکانی نامناسب ایستگاه‌ها در این پژوهش از روش IDW استفاده شده است.

جدول ۳- طبقه‌بندی و دسته‌بندی آسیب‌پذیری (تیبوران جر و همکاران، ۲۰۱۰)

Table 3. Classification and categorization of vulnerability (Tiburan Jar et al., 2010)

نقطهٔ آسیب‌پذیری کلی (OVP) Overall Vulnerability Point	طبقه‌بندی کلی Overall Classification	مقیاس Scale
> 85	آسیب‌پذیری خیلی زیاد Extremely Vulnerable	5
70- 85	آسیب‌پذیری زیاد Highly Vulnerable	4
55-70	آسیب‌پذیر Vulnerable	3
40- 55	در خطر At Risk	2
< 40	برگشت‌پذیر Resilient	1

$$OVP = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} si}{Smax} * 100 \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، n نشانگر تعداد کل شاخص‌های مورد استفاده در ارزیابی، S_i مقیاس i مین شاخص و S_{max} حداکثر مقیاس در روش مورد استفاده می‌باشد. در پژوهش حاضر محاسبه میانگین شاخص‌ها با استفاده از رابطه (۲) به‌دست آمد. بدین صورت که حاصل جمع داده‌ها بر تعداد آنها تقسیم شده است، در مرحله بعد انحراف معیار با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد.

$$\overline{X} = \frac{\sum xi}{n} \qquad (۲)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \qquad (۳)$$

در رابطه (۲) xi نشان‌دهنده مقدار i ام، n تعداد مقادیر و در رابطه (۳) xi اطلاعات مشاهده i ام، $\overline{X}$ میانگین مشاهدات، n حجم نمونه در روش مورد استفاده می‌باشد.

نتایج و بحث

در این پژوهش برآورد توزیع مکانی آسیب‌پذیری در حوزه‌آبخیز سد درودزن با استفاده از روش عکس فاصله (IDW) بررسی شد. نتایج اصلی حاصل از ارزیابی تغییرپذیری شاخص‌های آسیب‌پذیری اقلیمی در حوزه آبخیز سد درودزن در (جدول ۴) آمده است.

جدول ۴- مقادیر میانگین شاخص‌های آسیب‌پذیری اقلیمی حوزه آبخیز سددرودزن

Table 4. The average values of climate vulnerability indicators of Droodzen Dam watershed

ایستگاه Stations / شاخص Indicator	سددرود ن Doroo dzn dam	زرقان Zarghan	خسروشیرین Khosrowshirin	اقلید Eghlid	سده sadah	چوبخله Choubkhai	چمریز Chamriz	امامزاده اسماعیل Emamzade h Ismail	دشتک Dashtak
فصل خشک Dry Season (mm)	34.62	33.06	35.16	52.54	13.58	63.04	6.40	66.19	36.39
فصل مرطوب Wet Season (mm)	135.79	80.8	122.76	70.65	205.20	283.12	538.09	130.35	162.51
دوره سرد Cold Period (°C)	1.77	2.67	2.17	2.45	2.22	2.00	1.87	1.93	1.82
دوره گرم Hot Period (°C)	1.90	2.21	1.80	1.82	1.84	1.66	1.5	1.87	1.88
حداکثرسرعت باد Maximum Wind (km/h)	0.08	0.26	0.57	0.85	0.52	0.35	0.28	0.16	0.10
ارتفاع از سطح دریا height above sea level (m)	1642	1595	2345	2300	2178	2056	1789	1842	2031

1- Overall Vulnerability Point
2- Inverse Distance Weighting

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.28.6.5]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.28.78]

بر اساس نتایج حاصل از مقادیر میانگین شاخص‌های آسیب‌پذیری (جدول ۴) مشخص شد بیشترین مقادیر مربوط به شاخص فصل خشک از بین ۹ ایستگاه، متعلق به ایستگاه امامزاده‌اسماعیل با مقدار ۶۶/۱۹ میلی‌متر و کمترین مقدار آن متعلق به ایستگاه چمریز با مقدار۶/۴۰ میلی‌متر می‌باشد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌گردد ایستگاه‌های واقع در غرب و جنوب‌شرقی دارای بیشترین مقدار و مناطق مرکزی و شرقی دارای کمترین مقدار آسیب‌پذیری می‌باشد. امینی و همکاران طی مطالعه‌ای با هدف بررسی واکنش خشک‌سالی هیدرولوژیک در جریان تنظیمی رودخانه تحت تأثیر احداث سد در استان اردبیل، وجود روند کاهشی بارش طی دوره مطالعاتی ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۲ را تأیید کردند. همچنین در بخش‌های دارای آسیب‌پذیری کم نیز وجود روند افزایشی بارش را گزارش کردند. در عین حال این پژوهشگران وقوع دوره‌های خشکسالی با تداوم‌های مختلف را برای مناطق تحت تأثیر احداث دو سد یامچی و سبلان مشاهده کردند، به‌نحوی که تعداد رخداد خشک‌سالی در مناطق پایین‌دست نسبت به بالادست بیشتر بوده است. همچنین نتایج آنها اثرهای مثبت سد در تنظیم دبی و رژیم هیدرولوژیکی را تأیید کردند (Amini et al., 2019). بنابراین نقش انسان در افزایش یا کاهش میزان آسیب‌پذیری اکوسیستم حوزه آبخیز سد درودزن علاوه بر آسیب‌پذیری اقلیمی با اهمیت و در خور توجه است. کمترین و بیشترین مقدار شاخص فصل مرطوب به‌ترتیب برابر با ۷۰/۶۵ و ۵۳۸/۰۹ میلی‌متر برای ایستگاه‌های اقلید و چمریز می‌باشد. همان‌طور که در شکل نشان داده شده است ایستگاه‌های واقع در قسمت‌های مرکزی و غرب دارای بیشترین مقدار و مناطق شمال، جنوب و جنوب‌شرق دارای کمترین مقدار می‌باشد. بنابراین هرچه از قسمت‌های شمال و جنوب شرق حوزه به سمت غرب و مناطق مرکزی حوزه حرکت کنیم شاخص فصل مرطوب افزایش پیدا خواهد کرد. دراین صورت مدیران و متخصصان امر می‌توانند از این نتایج برای تحلیل نقاط فرصت و تهدید در منطقه استفاده کنند. در صورت مدیریت درست منابع آب و نزولات جوی در منطقه می‌توانند در تداوم حیات طبیعی نقش داشته باشند. در عین حال نتایج متذکر این امر است که در صورت عدم مدیریت و بی‌توجهی به پتانسیل این مناطق، احتمال وقوع سیلاب، هدررفت منابع آب و خاک وجود دارد. امروزه در سراسر جهان، کشورها در حال شهری شدن هستند و با گسترش شهرها روند شهرنشینی بیشتر شده و به مکان‌های اصلی بسیاری از پدیده‌های طبیعی از جمله سیل که یک موضوع جهانی است و در صورت عدم آمادگی و تاب‌آوری خسارات جانی و مالی فراوانی را متحمل می‌شود (Mahmodzadeh & harischiak. 2021). بنابراین به نظر می‌رسد که روند شهرنشینی حتی در کشورهای کمتر توسعه یافته ادامه پیدا کرده و آسیب‌پذیری سیل را تشدید می‌نماید. با مراجعه به (جدول ۴) مشاهده می‌شود کمترین مقدار شاخص دوره سرد برابر ۱/۷۷ درجه سانتی‌گراد متعلق به ایستگاه سد درودزن و بیشترین مقدار آن ۲/۶۷ درجه سانتی‌گراد متعلق به ایستگاه زرقان است. نقشه تغییرات شاخص دوره سرد نشان می‌دهد (شکل ۴) که در قسمت‌های شمال‌شرق و شمال دارای بیشترین مقدار و مناطق جنوب و جنوب‌غرب دارای کمترین مقدار است. بنابراین هرچه از قسمت‌های شمالی‌شرق و شمال حوزه به سمت جنوب و جنوب‌غرب حوزه حرکت کنیم آسیب‌پذیری شاخص دوره سرد کاهش پیدا خواهد کرد. برای دوره گرم، کمترین مقدار مربوط به ایستگاه چمریز با مقدار ۱/۵ درجه سانتی‌گراد و بیشترین مقدار برای ایستگاه زرقان با مقدار ۲/۲۱ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. همان‌طور که در نقشه حاصله مشاهده می‌شود مناطق غربی و مرکزی دارای کمترین مقدار و قسمت‌های جنوب و جنوب‌شرق دارای بیشترین آسیب‌پذیری دوره گرم می‌باشد. این امر نشان‌دهنده آن است که در بخش‌های دارای آسیب‌پذیری زیاد به‌ترتیب میانگین دمای سالانه طی پنج سال پایانی دوره آماری در این مناطق دارای مقادیر ۲ درجه کمتر یا بالاتر از میانگین طولانی مدت ماهانه حداکثر داده موجود بوده است. دو شاخص دوره سرد و گرم هر دو نشان‌دهنده وجود تنش دما هستند. که در صورت پایین یا بالا بودن بیش از حد دما به میزان رشد پوشش گیاهی و تنوع زیستی آسیب وارد می‌نماید افزایش دمای سطح زمین و تغییرات در الگوی بارندگی پدیده‌های غالب در تغییر اقلیم است که این دو چرخه آب را تحت تأثیر قرار می‌دهند. افزایش در تبخیر و تعرق به دلیل افزایش دما انجام می‌گیرد و در نتیجه آن رطوبت خاک کاهش می‌یابد و از میزان سبزینگی و پوشش گیاهی کاسته می‌شود. با استفاده از نتایج مطالعات سون و کافاتوس به بررسی فصلی رابطه پوشش گیاهی با دمای سطح زمین پرداختند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده ارتباط منفی قابل قبول بین میزان سبزینگی و دمای سطح زمین در فصل گرم است (Sun & Kafatos. 2007). در عین حال، نتایج متذکر این امر است که در صورت عدم مدیریت و بی‌توجهی عامل دما می‌تواند به پوشش گیاهی و تنوع زیستی آسیب برساند. همچنین حداکثر شاخص سرعت باد مربوط به ایستگاه اقلید با مقدار ۰/۸۵ کیلومتر بر ساعت و کمترین مقدار مربوط به ایستگاه سد درودزن با مقدار ۰/۰۸ کیلومتر بر ساعت محاسبه شد. زارعی و همکاران روند تغییرات سرعت باد را در زیرحوزه‌های آبخیز سامیان بررسی و گزارش کردند که شمال شرقی حوزه آبخیز سامیان آسیب‌پذیرترین بخش است و بخش‌های مرکزی و جنوبی آن حداقل مقادیر آسیب‌پذیری را دارد (Zarei et al., 2019). به‌طور کلی نقشه آسیب‌پذیری اقلیمی براساس شاخص سرعت باد در تحقیق حاضر نشان می‌دهد که قسمت‌های شمال آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به سایر قسمت‌ها دارد. بنابراین می‌توان پیشنهاد کرد که در صورت مناسب بودن میزان تداوم سرعت باد در طول سال و در حد مجاز مورد نیاز به احداث توربین‌های باد و تولید انرژی بادی از این مناطق استفاده کرد.

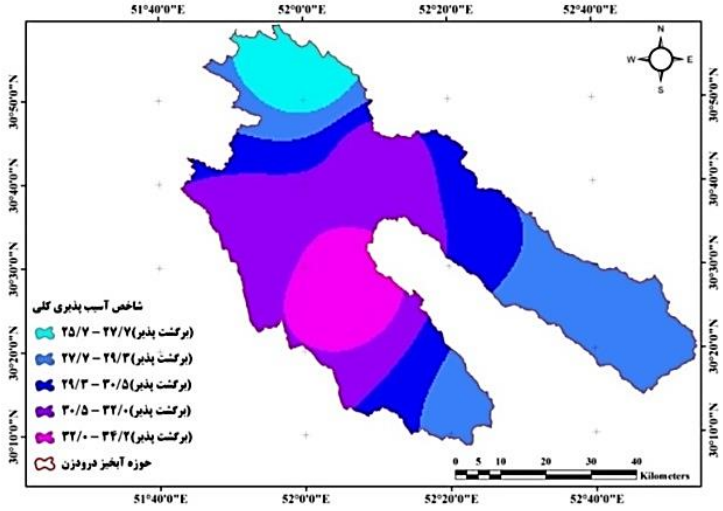
نتایج شاخص ارتفاع از سطح دریا بیانگر این است که کمترین و بیشترین مقدار شاخص ارتفاع از سطح دریا به‌ترتیب برابر با ۱۵۹۵ متعلق به ایستگاه زرقان و ۲۳۴۵ متعلق به ایستگاه خسروشیرین است. با افزایش ارتفاع، غالباً میزان بارندگی افزایش می‌یابد و از حالت باران به برف تبدیل می‌شود. درجه حرارت نیز کاهش می‌یابد و میزان تبخیر را پایین می‌آورد. بنابراین، در شرایط بارندگی یکسان، میزان تولید رسوب در حوزه‌هایی که دارای ارتفاع بالاتری هستند بیش از حوزه‌های

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.28.6.5]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.28.78]

پست‌تر خواهد بود. همان‌طور که در شکل نشان داده شده است قسمت‌های شمال دارای بیشترین مقدار و مناطق جنوب دارای کمترین مقدار می‌باشد. به‌طورکلی، بر اساس تلفیق کلیه شاخص‌های موردمطالعه، از لحاظ شاخص آسیب‌پذیری کل، ایستگاه‌های مورد مطالعه ارزیابی شد. نقشه پراکنش مکانی شاخص آسیب‌پذیری کل که از (IDW) حاصل شده است (شکل ۳) نشان می‌دهد که کمترین و بیشترین مقادیر به‌ترتیب برابر با ۲۵/۷و ۳۴/۲ می‌باشد. با تحلیل شاخص‌های مورد استفاده مشخص شد که این حوزه از لحاظ همه شاخص‌ها در طبقه برگشت‌پذیر دسته‌بندی شده است، بنابراین می‌توان بیان کرد که شاخص‌های مورد بررسی در وضعیت ملایم‌تری از شدت آسیب‌پذیری اقلیمی قرار گرفته است. همان‌طور که در (شکل ۳) نشان داده شده است مناطق مرکزی و غرب دارای بیشترین مقدار و مناطق شمال و جنوب دارای کمترین مقدار می‌باشد. هرچه از قسمت‌های شمال و جنوب حوزه به‌سمت غرب و مناطق مرکزی حرکت کنیم شاخص آسیب‌پذیری کل افزایش پیدا خواهد کرد. به‌طورکلی، این امر برای تصمیم‌گیران و مدیران حائز اهمیت است که شیوه مدیریت خطر و بحران در مناطق مختلف باید متفاوت باشد. در این میان، تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری حوزه‌آبخیز یکی از اقدامات مهم به‌منظور پیاده‌سازی مدیریت جامع‌نگر می‌باشد. در پایان می‌توان به این مقوله اشاره کرد که نتایج حاصل از این گونه پژوهش‌ها می‌تواند اطلاعات مناسبی را از بخش‌های مختلف منطقه در اختیار مردم منطقه، مدیران و کارشناسان مربوطه قرار دهد. این عوامل نقش مهمی در درک رفتار مردم و مسئولان محلی هنگام وقوع خشکسالی ایفا می‌کند تا نسبت به در نظر گرفتن واقعیت‌های آسیب‌پذیری محلی ناشی از عوامل اقلیمی اقدام مؤثر نموده و واکنش‌ها و تصمیم‌های مناسبی را در راستای کاهش آسیب‌ها و خطرات در رخدادهای آینده این پدیده اتخاذ نمایند. در (جدول ۳) مقیاس‌ها و حد آستانه هر یک از شاخص‌های آسیب‌پذیری اقلیمی و در (جدول ۵) مقادیر آسیب‌پذیری کلی (OVP) ارائه شده است. با توجه به نتایج (جدول ۴)، میانگین و انحراف معیار شاخص آسیب‌پذیری اقلیمی حوزه آبخیز سد درودزن بر اساس شاخص‌های مذکور در (جدول ۵) ارائه شده است.

جدول ۵- مقادیر میانگین آسیب‌پذیری کلی (OVP) مبتنی بر شاخص‌های اقلیمی در حوزه آبخیز سد درودزن
Table 5. Values of average overall vulnerability (OVP) based on climatic indicators in the Doroodzen Dam watershed

ایستگاه Station	سددرودزن Doroodzen Dam	زرقان Zarghan	خسروشیرین Khosrowshirin	اقلید Eghlid	سده Sadah	چوبخله Choubkhale	چمریز Chamriz	امامزاده اسماعیل Emamzadeh Ismail	دشتک Dashakk
OVP	28.5	31.4	25.7	25.7	31.4	31.4	34.2	28.5	28.5

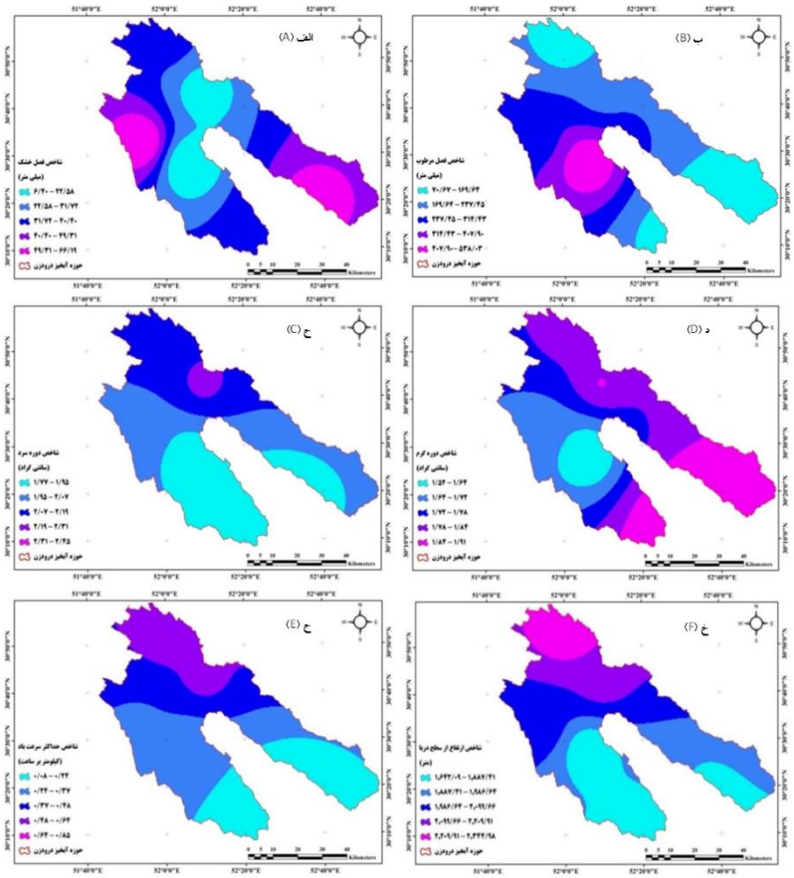


شکل ۳- پراکنش مکانی شاخص آسیب‌پذیری کل در حوزه آبخیز سد درودزن
Figure 3. Spatial distribution of the totalra vulnebility index in the Darzan dam watershedud

اثرات نامطلوب تغییرات مؤلفه‌های اقلیمی و آسیب‌پذیری به مشکلی زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی تبدیل شده است. تغییرات زمانی و مکانی پیچیده بارندگی‌ها و به‌دنبال آن عدم ثبات شرایط حوزه آبخیز باعث افزایش عدم اطمینان در بهره‌برداری انسانی و استفاده از منابع آب و به‌دنبال آن، افزایش پتانسیل برای از دست دادن خدمات مختلف حوزه آبخیز، از جمله تأمین آب و کنترل سیل می‌شود. همچنین بهره‌برداری و استفاده از منابع آب به‌وسیله انسان، تحت تأثیر برنامه‌ریزی و ساخت پروژه‌های مختلف حفاظت از آب می‌تواند در ارائه و تسریع خدمات حوزه آبخیز مؤثر باشد. در آینده، وابستگی رشد جمعیت و شهرنشینی به منابع آب بیشتر افزایش خواهد یافت. بنابراین، یک چالش اساسی مدیریت منابع آب تعیین چگونگی ارزیابی قابلیت اطمینان و آسیب‌پذیری پروژه‌های مربوط به آب در زمینه عدم اطمینان آب و هوایی است (Ren et al., 2020). ارزیابی آسیب‌پذیری گونه‌ها، اکوسیستم‌ها و منابع وابسته به تغییرات مؤلفه‌های اقلیمی، گام مهمی برای شناسایی سازوکارهای مؤثر و اولویت بندی مدیریت است که باعث ارتقای قابلیت انعطاف‌پذیری می‌شود. به‌طور کلی می‌توان گفت که آسیب‌پذیری در رویارویی با تغییرات اقلیمی، پدیده‌ای چند بعدی است، آنچه سبب تغییر پدیده طبیعی به مخاطره، فاجعه و درنهایت بحران می‌شود، آسیب‌پذیری انسان و جوامع در برابر این پدیده های طبیعی است (Li et al., 2019). تحقیقات

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.28.6.5]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.28.78]

مشابهی با این مطالعه برای حوزه‌های آبخیز مطالعاتی در ایران و سایر کشورهای مختلف توسط (Azizi et al., 2022; Tiburan Jr et al., 2010; Hamzenejad et al., 2017; et al., 2018 Satyan) انجام شده است.



شکل ۴- پراکنش مکانی شاخص فصل خشک در حوزه آبخیز سد درودزن (الف)، پراکنش مکانی شاخص فصل مرطوب در حوزه‌آبخیز سد درودزن (ب)، پراکنش مکانی نقشه شاخص دوره سرد درحوزه‌آبخیز سد درودزن (ج)، پراکنش مکانی شاخص دوره گرم درحوزه‌آبخیز سد درودزن (د)، پراکنش مکانی شاخص حداکثر سرعت باد درحوزه‌آبخیز سد درودزن (ح)، پراکنش مکانی شاخص ارتفاع از سطح دریا درحوزه‌آبخیز سد درودزن (خ)

Figure 4. Spatial distribution of the dry season index in the Dorodzen Dam watershed (A). Spatial distribution of the wet season index the Dorodzan dam watershed (B). Spatial distribution of the cold period index map in the Dorodzan dam watershed (C). Spatial distribution of the warm period index in the Dorodzan dam watershed (D). Spatial distribution of maximum wind speed index in the Dorodzan Dam watershed (E). Spatial distribution of the height index above sea level in the Dorodzan Dam watershed (F)

جدول ۶- نتایج حاصل از میانگین و انحراف معیار شاخص‌های بارش، دما و باد

Table 6. Results of mean and standard deviation of rain. temperature and wind indices

شاخص (واحد) Indicator (Unit)	انحراف معیار standard deviation	میانگین Average
فصل خشک Dry Season (mm)	20.23	37.88
فصل مرطوب Wet Season(mm)	144.90	192.14
دوره سرد Cold Period (℃)	0.30	2.10
دوره گرم Hot Period (℃)	0.18	1.83
حداکثر سرعت باد Maximum Wind (km/h)	0.23	0.35

با مقایسه بین این مطالعات و مطالعه حاضر مشخص می‌شود که نتایج آسیب‌پذیری این مطالعه با نتایج بدست آمده در پژوهش‌های قبلی مطابقت نداشت. به‌طوری‌که نتایج بیشتر این پژوهش نشان می‌دهد که روند تغییرات شاخص آسیب‌پذیری کل یکسان نبوده و در نقاط مختلف یک حوزه روندهای کاهشی یا افزایشی مشاهده می‌شود. زارعی و همکاران با مقایسه آسیب‌پذیری زیرحوزه‌های آبخیز سامیان بر اساس تغییرات مؤلفه‌های اقلیمی نشان دادند که که توزیع مکانی آسیب‌پذیری در بخش‌های غربی و جنوب‌غربی و بخش کوچکی از شمال‌شرقی حوضه دارای بیشترین آسیب‌پذیری اقلیمی هستند (Zarei et al., 2019). عزیزی و همکاران تنوع مکانی شاخص آسیب‌پذیری سیل بر اساس در نظر گرفتن پنج مؤلفه مختلف در حوزه آبخیز استان اردبیل تأیید شده است. حوزه‌های آبخیز استان از نظر معیارها و مؤلفه‌های تأثیرگذار دارای شرایط متفاوت ارزیابی شدند (Azizi et al., 2022). به‌عنوان نمونه، آسیب‌پذیری بالای حوزه آبخیز اکبرداود به حساسیت بالای

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.28.6.5]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.28.78]

شرایط فیزیکی- محیطی و اجتماعی نسبت داده شده است. در حالی که سطوح نامناسب مؤلفه‌های هیدرولوژیکی، فیزیکی- محیطزیستی و همچنین سرمایه‌گذاری کم باعث آسیب‌پذیری بالا در حوزه آبخیز مشیران شده است. علاوه بر این، آسیب‌پذیری بالا در حوزه آبخیز سامیان عمدتاً ناشی از تأثیر مؤلفه‌های هیدرولوژیکی، اجتماعی و سرمایه‌گذاری گزارش شده است. در این تحقیق سعی شد، با رویکردی شاخص محور، آسیب‌پذیری اقلیمی حوزه‌آبخیز سد درودزن در استان فارس ارزیابی شود. توزیع مکانی آسیب‌پذیری نشان می‌دهد که قسمت‌های مرکزی و غرب دارای بیشترین آسیب‌پذیری و مناطق شمال و جنوب دارای کمترین آسیب‌پذیری است. بر اساس این پژوهش مشخص شد که با به‌کارگیری شاخص (OVP)، می‌توان وضعیت آسیب‌پذیری اقلیمی سطوح محلی و ناحیه‌ای را نظارت کرد. با توجه به نتایج به‌دست آمده نیاز به درنظرگرفتن اقدامات مدیریتی و حفاظتی در برابر تهدیدات آینده و نیز جلوگیری از تعامل آسیب‌پذیری عوامل اقلیمی با سایر ابعاد آسیب‌پذیری حوزه آبخیز است. در صورت انجام نیافتن اقدامات سازگاری با این تأثیرات، مدیریت منطقه در آینده پرهزینه‌تر خواهد شد. نتایج تحقیق، علاوه بر بیان اهمیت تأثیرات تغییر مؤلفه‌های اقلیمی، به کاربرد آن‌ها در به کارگیری مدیریت صحیح و سازگار با تغییرات مؤلفه‌های اقلیمی در سیاست‌های آتی مدیریت حوزه‌آبخیز کمک شایانی خواهد کرد.

منابع

Amini, H., Esmali Ouri, A., Mostafazadeh, R., Sharai. M., & Zabihi. Z. (2019). Hvdrological Drought Response in River Water Flow Under the Influenci of Dam Construction in Ardabil Province. *Earth and Space Physics*, 45 (2), 473-486 (In Persian).

Avand. M., Moradi. H., & Ramazanzadeh Lasbuie, M. (2022). Vulnerability Assessment of Tajan Watershed in Terms of Flood using BWM Method. *Jwmr*, 13(26), 10-20. http://jwmr.sanru.ac.ir/article-1-1123-fa.html (In Persian).

Azizi, E., Mostafazadeh, R., Hazbavi, Z., Esmali Ouri, A., & Mirzaie, S. (2022). Screening Watersheds of Ardabil Province concerning fhood Vulnerability. *Journal of Rainwater Catchment System*, 10(2), 11- 26 (In Persian).

Brooks, N., Adger, W.N., & Kelly, P.M. (2005). The Determinants of Vulnerability and Adaptive Capacity at the National Lenel and the Implications for Adaptation. *Global Environmental Change*, 15(2), 151-163.

Chamani, R., Sadeghi, S.H.R., Wafakhah, M., & Naqdi, M. (2022). Reliability. resilience and vulnerability of Chalus watershed based on drought index. *Watershed engineering and management scientific-research journal*, 14(1), 65-75 (In Persian).

Cheng, J., & Tao, J. (2010). Fuzzy Comprehensive Evaluation of Drought Vulnerability Based on the Analytic Hierarchy Process. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 1, 126-135.

Eslami, H. S., Jame, M., & Ghasemi, P. (2015). Investigating the inverse distance weighted (IDW) interpolation model in precipitation zoning (case study: Khuzestan province). National Conference on Water and Hydraulic Structures. Dezful. Islamic Azad University. Dezful branch (In Persian).

Farzi, P., Sadeghi, S.H., & Jomehpour, M. (2022). Application of Resilience Concept in the Analysis of Basic Resources Security for the Shazand Watershed. Markazi Province. Iran. *Journal of Watershed Management Research*, 13(25), 86-96 (In Persian).

Füssel, H. M., & Klein, R. J.T. (2006). Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. *Climatic Change*, 75, 301-329.

Füssel. H.M., Lourenço, T.C., Capela, T., Downing, C., Hildén, M., Leitner, M., Marx, A., Prutsch, A., & Sanderson, M. (2018). National climate change vulnerability and risk assessments in Europe. *European Environment Agency*, 1, 79.

Hamzenejad, S., Hamdami, N., Nazarnejad, H., & Khorami, K. (2017). Drought zoning of Gharesu watershed watershed using SPI and IDW index. The 13th National Conference of Iran's Watershed Science and Engineering and the 3rd National Conference on Protection of Natural Resources and Environment. Mohaghegh Ardabili University. October 10 and 11. Mohaghegh Ardabili University (In Persian).

He, B., Ln, A., Wu, J., Zhao, L., & Liu, M. (2011). Drought hazard assessment and spatial characteristic analysis in China. *J Geogr Sci*, 21(2), 235-249.

Kalantari Oskouei, A., & Namaki, M. (2019). Evaluation of Population Distribution Pattern and its Vulnerability in Watersheds Using the Spatial Information System (GIS). *Journal of Geomatics Science and Technology*, 8(3), 1-20 (In Persian).

Kelly, P. M., & Adger, W.N. (2000). Theory and Practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation. *Climatic Change*, 47, 325-352.

Khorshidi, Sh., Rostami, N., & Salehporrahim, A. (2021). Prioritization of flood potential in the watershed without statistics using the AHP-VIKOR method. (A case study of Haji Bakhtiar watershed in Ilam province. *Environmental Research*, 2(42), 66-92 (In Persian).

Li, L., Cao, R., Wei, K., Wang, W., & Chen, L. (2019). Adapting climate change challenge: Anew vulnerability assessment framework from the global perspective. *Journal of Cleaner Production*, 216-224.

Luu, C., Tran, H.X., Pham, B.T., Al-Ansari, N., Tran, T.Q., Dao, N.H., Nguyen, L.P., Nguyen, H.D., Thu Ta, H., Van Le, H., & Meding, J.V. (2020). Framework of Spatial Flod Risk Assessment for A Case Study in Quang Binh province. Vietnam. *Sustainability*, 17(7), doi. Org/ 10.3390/su 12073058.

Mahmodzadeh, H., & harischiak, M. (2021). Evaluation and measurement of spatial difference in the degree of availability of descriptive indicators (case example) in one area of a metropolitan city of Tabriz. *Applied Research of Geographical Sciences*, 8(27), 101-116 (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.28.6.5]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.28.78]

Ranjbar, A., Khalili, D., Zand Parsa, S., & Kamgar haghighi, A.A. (2015). Regional drought monitoring based on INFELOW Into in Darudzen Reservoir OIR in Fars province. *Irrigation Science and Engineering Journal*, 38(1), 79-96 (In Persian).

Ren, k., Huang, Q., Wang, H., Leng, G., Fang, W., & Li, L. (2020). Assessing the reliability. resilience and Vulnerability of Water supply System Under Multiple Uncertain Sources. *Journal of Cleaner Production*, 252-119806.

Roy, U., & Majumder, M. (2016). Vulnerability of watersheds to climate change assessed by neural network and analytical hierarchy process. *Springer Briefs in Water Science and Technology*, 89 pp.

Sathyan, A.R., Funk, C., Aenis, T., Winker, P., & Breuer, L. (2018). Sensitivity analysis of a climate vulnerability index – a case study from Indian watershed development programmes. *Climate Change Responses*, 5(1), 14.

Sun, D., & Kafatos, M. (2007). Note on the NDVI-LST Relationship and the Use of Temperature-Related Drought Indices over North America. *Geophysical Research Letters*, 34(L24406), 1-4.

Tiburan Jr, C., Saizen, I., Mizuno, K., & Kobayashi, Sh. (2010). Development and application of a geospatial-based environmental vulnerability index for watersheds to climate change. in: The Philippines. Ecosystems. *Research and Development Bureau*, 17-19.

Zarei, Sh., Hazbavi, Z., Mostafazadeh, R., & Esmali Ouri, A. (2019). Vulnerability assessment of the sub-watersheds of Samian based on changes in climatic components. *Natural Geographic Research*, 25(5), 236-21 (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.28.6.5]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.28.78]