

## ارزیابی واکنش‌های پایداری سیستم‌های روستایی به مخاطرات خشکسالی با رویکرد تشدید فرایندهای بادی (روستاهای منطقه کاشان و آران و بیدگل)\*

بهرام ایمانی\*\*

استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه محقق اردبیلی

سعید رحیمی هرآبادی (rahimi.saeed64@gmail.com)

دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی و مدیریت محیط، دانشگاه خوارزمی

ندا مجیدی راد (nedamajidirad@gmail.com)

دانشجوی دکتری تغییرات آب‌وهوایی، دانشگاه خوارزمی

(تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۱۰/۱۰ - تاریخ پذیرش ۱۳۹۷/۲/۲۴)

### چکیده

یکی از راهبردهای پایدارسازی محیط، ارزیابی محیط‌های انسانی آسیب‌پذیر در برابر انواع مخاطرات محیطی است. در این تحقیق به‌منظور بررسی حد تأثیر خشکسالی‌های اقلیمی بر تشدید جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای در بند ریگ کاشان ابتدا با استفاده از شاخص‌های خشکسالی (RIA، PNPI، SPI و Z score) به پایش خشکسالی منطقه در یک دوره ۳۰ ساله پرداخته شد و در مرحله بعد با بررسی میزان ارتباط آن با فراوانی توفان‌های ماسه از طریق تحلیل‌های آماری مشخص شد که همبستگی مثبتی بین وقوع خشکسالی‌های اقلیمی و مخاطرات ماسه‌های روان دیده می‌شود. در انتها به‌منظور ارزیابی پایداری سیستم‌های روستایی، واکنش‌های این مناطق در سطوح تعادل، آستانه‌های بحران، مخاطرات و بلایا در برابر توفان‌های ماسه‌ای حاصل از خشکسالی بررسی شد. نتایج مطالعه به کمک نقشه خطرپذیری هجوم توفان‌های ماسه‌ای، بیانگر سطوح مخاطرات در سیستم‌های روستایی منطقه تحقیق است (روستاهای آران و بیدگل در سطح مخاطرات و کاشان و ابوزیدآباد در سطح تعادل و آستانه بحران)؛ بنابراین می‌توان گفت این نتایج بهره‌گیری از دانش بومی به‌منظور رفتارشناسی تپه‌های ماسه‌ای و خشکسالی‌های شدید در برخی سال‌ها را آشکار کرده است.

**واژه‌های کلیدی:** بند ریگ کاشان، پایداری روستاها، تپه‌های ماسه‌ای، خشکسالی اقلیمی، مخاطرات ماسه‌های روان، واکنش‌های سیستم‌های روستایی.

\* این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی با عنوان تحلیل پایداری نظام سکونتگاه‌های روستایی با محوریت اثرگذاری خشکسالی‌های اقلیمی و مخاطرات حرکت ماسه‌ای (مطالعه موردی: ارگ ریگ بلند) با تصویب و حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی است.

Email: bahram\_imani60@yahoo.com

\*\* نویسنده مسئول، تلفن ۰۹۱۴۱۵۴۰۶۲۹

## مقدمه

یکی از ارکان مفهومی در جغرافیا، ادراک رفتار محیط و تعامل آن با سیستم‌های انسانی است. محیط اساساً نوعی نظام بنیادین در بستر نظام‌های طبیعی و انسانی به‌شمار می‌رود که ساختارها و کارکردها (فعالیت‌ها و روابط) بر آن تکیه دارند [۱۱]. در این راستا، شناسایی شاخص‌های مؤثر بر ادراک تغییرات محیط موضوعی است که در علوم جغرافیایی همواره بر آن تأکید شده است. پژوهش‌های سنتی درباره تغییرات جهانی محیط در طول چند دهه گذشته، کم‌وبیش، صرفاً در مسیر اتمسفر، ژئوسفر، هیدروسفر و بیوسفر بوده است. در این میان، عامل انسان، بی‌هیچ استدلال روشنی به‌مثابه قربانی این چهار عرصه طبیعت دیده شد [۴]. در رویکردهای جغرافیایی فعلی، انسان به‌عنوان یک عامل اساسی زمین‌شناختی مطرح شده و آشکارا از دامنه اثرگذاری روندهای طبیعی تغییرات محیط به‌مراتب پیشی گرفته است، از این‌رو آنتروپوسفر را باید به‌عنوان عرصه پنجم (و شاید عرصه کلیدی) برای درک و عمل سیستم‌های محیطی اضافه کرد [۴]. چراکه ظرفیت تحمل‌پذیری و پایداری محیط به سبب آنتروپوسفر با دگرسانی اساسی روبه‌رو بوده و این روند با تغییرات محیط همراه بوده است.

خشکسالی‌ها از کاهش غیرمنتظره بارش در مدتی معین در منطقه‌ای که لزوماً خشک نیست حکایت دارد [۲۰]. این مخاطره خزننده است و به آرامی گسترش می‌یابد و به توپوگرافی و اقلیم خاصی محدود نمی‌شود [۲۴]. ویژگی خشکسالی‌ها به مدت، استمرار، شدت و وسعت منطقه تحت تأثیر بستگی دارد و برخلاف سایر مخاطرات به آرامی آغاز می‌شود، پیشروی می‌کند و موجب نابودی منابع می‌شود [۲۱]. پدیده خشکسالی از ناشناخته‌ترین پدیده‌های طبیعی جهان است. نداشتن شناختی جامع و دقیق از این پدیده سبب شده است تعیین اثرات خشکسالی که به تداوم، شدت و توزیع این پدیده و همچنین به تقاضای فعالیت‌های انسانی و نیازهای پوشش گیاهی از منابع آب منطقه وابسته است، به کاری بسیار دشوار بدل شود. از این‌رو کمی و کیفی کردن اثرات فراگیر خشکسالی‌ها که سبب اثراتی بر اقتصاد، اجتماع و محیط زیست شده، آسان نیست [۱۹].

شناسایی شاخص‌های ظرفیت تحمل‌پذیری و پایدارسازی محیط از جمله ارکان مطالعاتی سیستم‌های محیطی است؛ به‌طوری که یکی از موضوعات محوری در مطالعات اقلیمی، تفسیر چگونگی روند تغییرات در نوع کنش و واکنش پدیده‌های اقلیمی است. بر این اساس مفهوم خشکسالی در دو جایگاه طبقه‌بندی می‌شود:

الف) خشکسالی طبیعی بدون آنتروپوسفر در هر قلمرو اقلیمی (خشک تا مرطوب) و برگشت‌پذیر؛

ب) خشکسالی به‌عنوان مخاطره و بلایا تحت تأثیر عملکرد آنتروپوسفر و برگشت‌ناپذیر و فراتر از ظرفیت محیط که می‌تواند مخاطرات طبیعی دیگری از جمله مخاطرات ژئومورفیک فرایندهای بادی را پایه‌گذاری یا تشدید کند؛

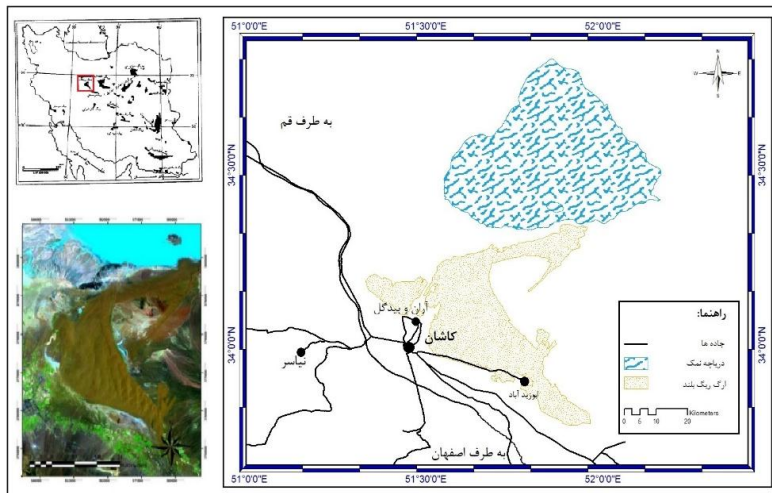
قلمرو خطر در دانش مخاطرات بر دارایی و سلامت انسان و سیستم‌های محیطی تأثیر دارد [۲۵]. شناسایی محیط‌های انسانی آسیب‌پذیر و واقع در محدوده قلمرو خطر در برابر انواع مخاطرات ژئومورفیک، ناشی از ناپایداری در فرایندهای بیرونی و درونی سطح زمین است [۵] که به‌دلیل دخالت انسان به حوادثی مخاطره‌آمیز تبدیل می‌شود. حرکت ماسه‌های روان در نتیجه جابه‌جایی ریگزارهاست که هر ساله سبب وارد آمدن خسارات زیادی به‌ویژه در مناطق خشک و بیابانی دنیا می‌شود [۳۰، ۳۲] این نوع مخاطرات می‌تواند به‌دلیل تغییر کاربری اراضی و بهره‌برداری‌های نامتجانس یا تشدید وقوع برخی فرایندهای اقلیمی مانند خشکسالی تبدیل به بلایا برای محیط‌های انسانی (خسارت به شهرها و روستاها، راه‌های ارتباطی، اراضی زراعی و ...) شود [۳۰].

وقوع خشکسالی‌های متناوب از ویژگی‌های بارز اقلیمی در منطقه کاشان، آران و بیدگل، نوش‌آباد و نواحی روستایی اطراف آن است که این مسئله به‌علت مجاورت این مناطق با تپه‌های ماسه‌ای (بندریگ) از اهمیت خاصی برخوردار است. در تحقیق حاضر اقدام به شناخت حد ارتباط وقوع خشکسالی و مخاطرات ماسه‌های روان توسط توفان‌های ماسه در منطقه شد تا واکنش نظام سکونتگاه‌های روستایی در برابر خشکسالی و توفان ماسه بررسی شود. بنابراین تپه‌های ماسه‌ای بند ریگ مسلط بر نواحی شهری و روستایی منطقه تحقیق که متأثر از خشکسالی، شدت بیشتری در پایداری یا ناپایداری نظام سکونتگاه‌های روستایی دارند، ضرورت بررسی مخاطرات ناشی از فرسایش بادی و ارتباط با آن پدیده خشکسالی در تدوین این مطالعه را افزایش می‌دهد. از این‌رو درک ارتباط خشکسالی و مخاطرات ناشی از جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای، با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های آماری و شاخص‌های خشکسالی صورت گرفت و در گام بعدی واکنش‌های سیستم‌های روستایی در ابعاد مختلف بررسی شد.

### قلمرو تحقیق

مجموعه ماسه‌ای بند ریگ یکی از معدود ریگ‌های ایران محسوب می‌شود که در چاله مسیله و درست در حاشیه جنوبی دریاچه نمک قرار گرفته است و شهرهایی چون کاشان، آران و بیدگل، نوش‌آباد و تعداد زیادی از روستاهای بزرگ و کوچک همچون منظومه ابوزیدآباد در حاشیه

جنوب غربی آن قرار گرفته‌اند. توده بند ریگ به صورت یک قوس هلالی، با تحدبی غربی است و طول تحدب خارجی آن با احتساب پیش تپه‌های ماسه‌ای شمال غربی، حدود ۱۱۵ کیلومتر و طول قوس داخلی آن حدود ۴۰ کیلومتر است. این توده ماسه‌ای از امتداد جنوبی به رشته ماسه‌ای ریگ اردستان می پیوندد [۲۶]. مجموعه ماسه‌ای بند ریگ در طول ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۵ دقیقه و عرض ۳۳ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۵ دقیقه قرار گرفته است براساس اندازه‌گیری از روی نقشه توپوگرافی، مساحت این توده ماسه‌ای در حدود ۸۳۱ کیلومتر مربع تعیین شده است و ارتفاع پست‌ترین نقطه آن ۷۸۳ متر و بلندترین نقطه آن حدود ۱۱۰۰ متر است. با این حساب دامنه ارتفاعی آن حدود ۱۷۰ متر است با توجه به ارقام ارتفاعی مذکور حجم تقریبی ماسه موجود با فرض مسطح بودن بستر آن حدود ۶ میلیارد متر مکعب برآورد می‌شود. در شکل ۱ قلمرو جغرافیایی بند ریگ و در شکل ۲ موقعیت نظام‌های سکونتگاه‌های در برابر بند ریگ مشاهده می‌شود.



شکل ۱. منطقه تحقیق

همان‌طور که در شکل زیر مشاهده می‌شود، سیستم‌های روستایی تحت تسلط بند ریگ به‌طور نامنظم پراکنده شده‌اند و الگوی نامنظم، از نامنظم‌ترین الگوهای سکونتگاه‌های روستایی محسوب می‌شود که در برابر مخاطرات درجه آسیب‌پذیری زیادی دارد.



شکل ۲. پراکندگی نقطه‌ای روستاهای منطقه تحقیق در معرض فرایندهای بادی منطقه

### روش‌شناسی

در فرایند روش‌شناسی مطالعه حاضر، ابتدا آمار ۳۰ ساله هواشناسی شامل عناصر اقلیمی مؤثر بر وقوع خشکسالی و محاسبه شاخص‌های آن از ایستگاه سینوپتیک شهرستان کاشان اخذ شد. این ایستگاه به این علت انتخاب شد که نزدیک‌ترین ایستگاه به پهنه ماسه‌ای ریگ بلند آران و بیدگل است. سپس با استفاده از نرم‌افزار اکسل، داده‌ها مرتب شد و شاخص‌های خشکسالی از قبیل شاخص ناهنجاری بارش، شاخص درصد نرمال بارش، شاخص بارش استاندارد شده و شاخص Z-Score برای محاسبه میزان خشکسالی و نوع آن تعیین شد. سپس برای مشخص شدن تغییرات در مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای آمار سریع‌ترین بادهای ایستگاه اخذ، مرتب و میانگین سالانه آن محاسبه شد. از سوی دیگر به دلیل اینکه مقیاس متغیرهای تحت مطالعه یکسان نبود، از روش همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن پس از رتبه‌بندی نتایج به منظور کاوش حد همبستگی بین متغیرهای تحقیق استفاده شد و با مشخص شدن رابطه مستقیم بین متغیر مستقل و وابسته به محاسبه احتمال وقوع از طریق محاسبه رگرسیون خطی اقدام شد.

در بخش پهنه‌بندی مخاطرات حرکت ماسه‌ای، روش کلی مبتنی بر روش تحلیل مکانی بر پایه سیستم اطلاعات جغرافیایی و مطابقت آن با شواهد مستندات میدانی براساس روش ارزش اطلاعات است در این راستا، در ابتدا با بررسی‌های نظری به مطالعه کلیات و ادبیات تحقیق پرداخته شد. سپس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نرم‌افزار Google Earth به تهیه لایه‌های مورد نیاز برای حرکت ماسه‌ها پرداخته شد. برای پهنه‌بندی محدوده‌های خطر، روش تجربی

ارزش اطلاعات به کار گرفته شد. مدل ارزش اطلاعات در الگوی اجرایی خود، عمدتاً مبتنی بر مجموعه‌ای از داده و اطلاعات رقومی از واحدهای ارضی، الگوی باد، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، شیب، جهت شیب و... و انتخاب فاکتور و عوامل محوری و تأثیرگذار در ناپایداری برای هم‌نهادسازی و تحلیل است. براساس این مدل ارزیابی، وزن و سهم هر یک از طبقات واحدهای پارامتر مؤثر در شکل‌گیری مورفولوژی ارگ طبق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$WI = \log(\text{Dens class} / \text{Densmap}) \quad (1)$$

$$\text{Log} [(Npix(Si) / (Npix(Ni)) / (Npix(Si) / Npix(N))]$$

$WI$  = وزن نهایی هر واحد یا طبقه از لایه عامل

$Npix(Si)$  = تعداد پیکسل‌های ارگ در هر واحد یا طبقه از لایه عامل

$Npix(Ni)$  = تعداد کل پیکسل‌های هر واحد از لایه عامل

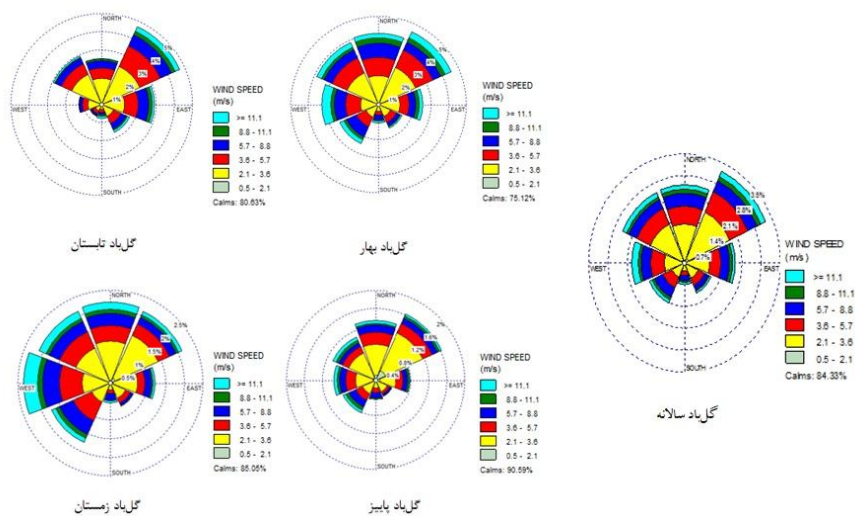
$Npix(Si) = \sum_{i=1}^n$  = تعداد کل پیکسل‌های ارگ در محدوده

$Npix(N) = \sum_{i=1}^n$  = تعداد کل پیکسل‌های محدوده

در مرحله پایانی به کمک داده‌های خشکسالی و مخاطرات حرکت ماسه‌ای، پرسشنامه‌های مبتنی بر تحلیل پایداری سکونتگاه‌های روستایی و واکنش‌های سیستم‌های روستایی تکمیل شد. در نهایت به همراه مطالعات کتابخانه‌ای، واکنش پایداری سیستم‌های روستایی در برابر مخاطرات خشکسالی با رویکرد تشدید حرکت ماسه‌ای مطالعه شد.

### بحث و یافته‌ها

اثر سرعت و جهت باد غالب، مهم‌ترین عامل جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای است. بررسی‌های حاصل از داده‌های ایستگاه سینوپتیک کاشان به‌عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه به بند ریگ نشان می‌دهد که گلباد سالانه ترسیم‌شده، بیانگر وزش باد غالب از جهت شمال شرقی به جنوب غربی است و بادهای با سرعت بیش از ۹۲۶۰ متر بر ساعت معادل ۵ گره قادر به تغییر شکل اشکال ماسه‌ای هستند (شکل ۳). در بررسی حاضر فراوانی بادهای دارای توفان‌های ماسه در طول سال‌های آماری تحلیل شد (جدول ۱).

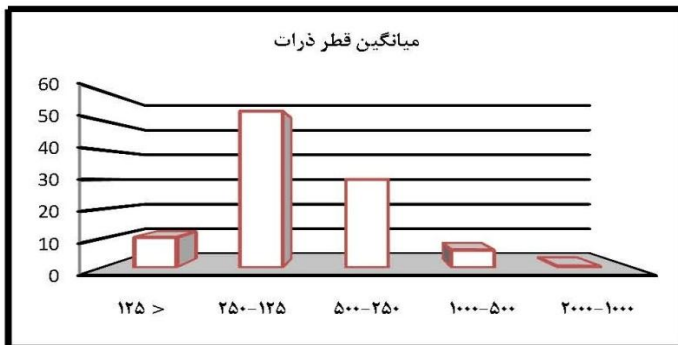


شکل ۳. گلباد فصلی و سالانه ایستگاه سینوپتیک کاشان طی سال‌های ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۵

جدول ۱. فراوانی توفان‌های ماسه و میانگین سالانه و فراوانی خشکسالی در دوره ۳۰ ساله (منبع: ایستگاه سینوپتیک کاشان)

سال	فراوانی توفان‌های ماسه	میانگین سالانه	فراوانی خشکسالی	سال	فراوانی توفان‌های ماسه	میانگین سالانه	فراوانی خشکسالی
۱۹۷۵	۲	۲	۱	۱۹۹۱	۲	۳	۱
۱۹۷۶	۲	۴	۲	۱۹۹۲	۲	۲	۲
۱۹۷۷	۲	۲	۲	۱۹۹۳	۲	۰	۲
۱۹۷۸	۱	۱۸	۲	۱۹۹۴	۱	۴	۲
۱۹۷۹	۱	۱۷	۱	۱۹۹۵	۱	۷	۱
۱۹۸۰	۱	۹	۲	۱۹۹۶	۱	۳	۲
۱۹۸۱	۱	۱۵	۲	۱۹۹۷	۱	۰	۲
۱۹۸۲	۱	۷	۲	۱۹۹۸	۱	۱	۲
۱۹۸۳	۱	۵	۲	۱۹۹۹	۱	۳	۲
۱۹۸۴	۲	۳	۱	۲۰۰۰	۲	۹	۲
۱۹۸۵	۱	۷	۱	۲۰۰۱	۱	۰	۲
۱۹۸۶	۲	۳	۲	۲۰۰۲	۲	۱	۲
۱۹۸۷	۱	۵	۱	۲۰۰۳	۱	۰	۲
۱۹۸۸	۱	۱۷	۱	۲۰۰۴	۱	۱	۲
۱۹۸۹	۲	۲	۱	۲۰۰۵	۲	۰	۲
۱۹۹۰	۲	۴	۱	-	-	-	-

مطالعات یمانی درباره مقایسه نمونه‌برداری‌های انجام‌گرفته در حاشیه بند ریگ و بلندی‌های آن به‌وضوح نشان می‌دهد که ذرات درشت‌تر در بخش‌های پایینی بند ریگ از نسبت بیشتری برخوردارند [۲۶، ۲۷]، درحالی که هر قدر از حاشیه ریگ به سمت بخش‌های مرتفع‌تر و نیز بخش‌های مرکزی پیش می‌رویم، ذرات ماسه همگن‌تر می‌شود و دامنه اختلافات قطر کاهش می‌یابد. این دامنه به‌طور قطع در تمامی پهنه بند ریگ همبستگی کامل را نشان می‌دهد. با توجه به اختلاف دانه‌بندی قطر ذرات ماسه می‌توان نتیجه گرفت که امکان عدم انتقال ذرات درشت‌تر از ۱۲۵ میکرون به بلندی‌های ریگ موجب می‌شود که ذرات درشت‌تر در حاشیه، تقریباً متوقف می‌شود. بنابراین با اینکه نمونه‌برداری‌ها از بخش سطحی حاشیه ریگ و در شرایط مورفولوژی تقریباً یکسان برداشت شده‌اند، تراکم ذرات درشت‌تر نمی‌تواند مربوط به مقطع زمانی دوره وزش باشد و می‌تواند همانند فرایند تشکیل دشت ریگی اما در مقیاس کوچک‌تر، ذرات درشت‌تر را با فاصله زمانی بیشتری تحمل کرده باشند [۲۷].



شکل ۴. نمودار میانگین قطر ذرات ریگ بلند [۲۷]

استفاده از شاخص‌های خشکسالی در تحلیل خشکسالی اقلیمی بند ریگ

#### شاخص ناهنجاری بارش

اساس شاخص ناهنجاری بارندگی، محاسبه انحراف مقادیر بارندگی از نرمال است [۷]. مراحل محاسبه این شاخص به‌صورت زیر است:

۱. محاسبه میانگین درازمدت بارندگی در ایستگاه‌های مورد نظر ( $\bar{P}$ )
۲. استخراج میانگین ۱۰ مورد از بزرگ‌ترین مقادیر بارندگی اتفاق‌افتاده در دوره مطالعاتی (m)
۳. استخراج میانگین ۱۰ مورد از کمترین مقادیر بارندگی اتفاق‌افتاده در دوره مطالعاتی (x)



۴. مقایسه داده‌های بارندگی ( $P$ ) با میانگین درازمدت بارندگی  $\bar{P}$ ، چنانچه  $\bar{P} < P$  یا ناهنجاری مثبت باشد، شاخص ناهنجاری بارندگی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$RAI = 3[(P - \bar{P}) / (m - \bar{P})] \quad (2)$$

۵. و اگر  $\bar{P} < P$  یا ناهنجاری منفی باشد، شاخص ناهنجاری بارندگی به صورت رابطه زیر خواهد بود:

$$RAI = 3[(P - \bar{P}) / (x - \bar{P})] \quad (3)$$

۶. نسبت دادن آستانه‌های  $+3$  و  $-3$  بهتر نسبت به میانگین  $10$  مورد از شدیدترین ناهنجاری‌های مثبت و منفی به دست آمده از شاخص ناهنجاری بارندگی.

۷. در نهایت، با مقیاس‌گذاری بر روی مقادیر حاصل از شاخص ناهنجاری بارندگی،  $9$  طبقه ناهنجاری با دامنه‌ای از شرایط ترسالی بسیار شدید تا خشکسالی بسیار شدید تعیین می‌شود.

#### شاخص درصد نرمال بارش

این شاخص از ساده‌ترین روش‌های تعیین خشکسالی است و برای بیان اولیه خشکسالی مفید است. در این روش، بارش نرمال برای هر منطقه  $100$  درصد در نظر گرفته می‌شود [۷]. شاخص PNPI از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$PNPI = P_i * 100 / \bar{P} \quad (4)$$

$P_i$ : بارش سال مورد نظر و  $\bar{P}$ : بارش نرمال سال مورد نظر است.

#### شاخص بارش استاندارد شده

این شاخص از جامع‌ترین و در عین حال ساده‌ترین روش‌های مطالعه خشکسالی و ترسالی و خصوصیات آنها محسوب می‌شود. اساس این شاخص انحراف از میانگین نسبت به انحراف معیار داده‌های آماری است. به عبارت دیگر در این روش علاوه بر انحراف از میانگین بارش‌های رخ داده در طی یک دوره آماری، انحراف معیار داده‌ها نیز مورد استفاده است، به طوری که نسبت اختلاف میانگین جامعه یا نمونه از مقدار بارندگی هر سال آماری به انحراف معیار جامعه یا نمونه محاسبه می‌شود. و معادله آن به صورت زیر است:

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD} \quad (5)$$

$P_i$  بارندگی سال  $i$  و  $SD$  انحراف معیار بارش در طول دوره آماری،  $\bar{P}$  میانگین بارندگی بلندمدت است.

شاخص (ZSI) Z-Score

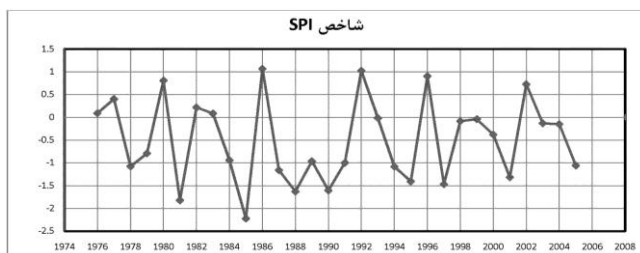
اساس این شاخص انحراف از میانگین نسبت به انحراف معیار داده‌های آماری است و معادله آن به صورت زیر است [۷].

$$ZSI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD} \quad (۶)$$

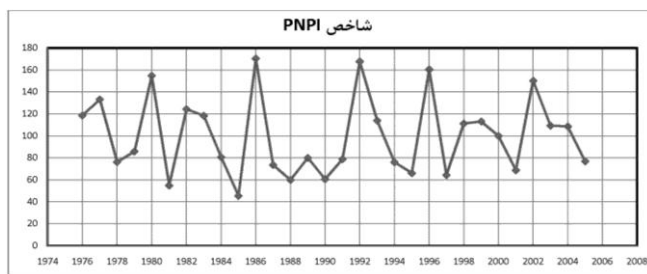
که در آن  $P_i$  بارندگی سال  $i$  و  $SD$  انحراف معیار بارش در طول دوره آماری،  $\bar{P}$  میانگین بارندگی بلندمدت است. در ادامه نتایج محاسبات داده‌های مورد بحث به دست آمد (جدول ۲ و شکل‌های ۵ تا ۸).

جدول ۲. نتایج محاسبات شاخص‌های خشکسالی در داده‌های ۳۰ ساله

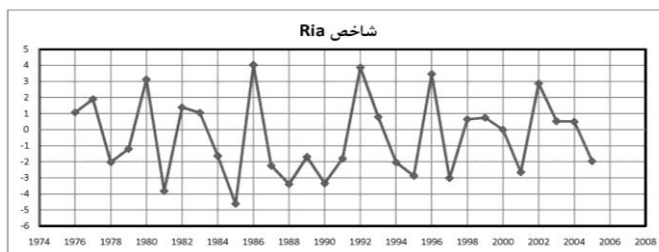
تاریخ	شاخص SPI	سختی خشکسالی	شاخص PNPI	سختی خشکسالی	شاخص Ria	سختی خشکسالی	شاخص Z-Score	سختی خشکسالی
۱۹۷۶	-۰/۹	نزدیک نرمال	۱۱۸/۵۸	نرمال	۱/۰۶	نرمال	-۰/۵۱	ترسالی متوسط
۱۹۷۷	-۰/۴	نزدیک نرمال	۱۳۳	نرمال	۱/۸۹	نرمال	۰/۹۲	ترسالی متوسط
۱۹۷۸	-۱/۰۷	خشکسالی متوسط	۷۶/۱۱	خشکسالی خفیف	-۲/۰۱	خشکسالی متوسط	-۰/۶۶	خشکسالی متوسط
۱۹۷۹	-۰/۷۹	نزدیک نرمال	۸۵/۷۴	نرمال	-۱/۱۲	خشکسالی متوسط	-۰/۳۹	نزدیک نرمال
۱۹۸۰	-۰/۸۰	نزدیک نرمال	۱۵۴/۷۰	نرمال	۳/۱۲	نرمال	۱/۵۲	بسیار مرطوب
۱۹۸۱	-۱/۸۲	به شدت خشک	۵۲/۸۰	خشکسالی شدید	-۲/۸۱	خشکسالی شدید	-۱/۳۶	خشکسالی متوسط
۱۹۸۲	-۰/۲۱	نزدیک نرمال	۱۲۴/۲۰	نرمال	۱/۳۸	نرمال	۰/۶۷	ترسالی متوسط
۱۹۸۳	-۰/۸	نزدیک نرمال	۱۱۸/۲۹	نرمال	۱/۰۴	نرمال	-۰/۵۱	ترسالی متوسط
۱۹۸۴	-۰/۹۴	نزدیک نرمال	۸۰/۶۳	نرمال	-۱/۶۳	خشکسالی متوسط	-۰/۵۴	خشکسالی متوسط
۱۹۸۵	-۲/۲۲	خشکسالی شدید	۴۵/۳۹	خشکسالی شدید	-۴/۶۱	خشکسالی شدید	-۱/۵۲	به شدت خشک
۱۹۸۶	۱/۰۶	خشکسالی متوسط	۱۷/۳۲	نرمال	۴/۰۲	نرمال	۱/۹۶	بسیار مرطوب
۱۹۸۷	-۱/۱۶	خشکسالی متوسط	۷۲/۴۸	خشکسالی خفیف	-۲/۲۴	به شدت خشک	-۰/۷۴	خشکسالی متوسط
۱۹۸۸	-۱/۶۲	به شدت خشک	۵۹/۸۲	خشکسالی متوسط	-۲/۳۹	خشکسالی شدید	-۱/۱۲	خشکسالی متوسط
۱۹۸۹	-۰/۹۶	نزدیک نرمال	۷۹/۹۰	خشکسالی خفیف	-۱/۶۹	خشکسالی متوسط	-۰/۵۶	خشکسالی متوسط
۱۹۹۰	-۱/۶	به شدت خشک	۶۰/۴۹	خشکسالی متوسط	-۲/۳۳	خشکسالی شدید	-۱/۱۱	خشکسالی متوسط
۱۹۹۱	-۰/۹۹	نزدیک نرمال	۷۸/۷۳	خشکسالی خفیف	-۱/۷۹	خشکسالی متوسط	-۰/۵۹	خشکسالی متوسط
۱۹۹۲	۱/۰۲	خشکسالی متوسط	۱۶۷/۶۲	نرمال	۳/۸۶	نرمال	۱/۸۹	بسیار مرطوب
۱۹۹۳	-۰/۰۱	نزدیک نرمال	۱۱۳/۹۱	نرمال	-۰/۷۹	نرمال	-۰/۳۸	نزدیک نرمال
۱۹۹۴	-۱/۰۸	خشکسالی متوسط	۷۵/۰۹	خشکسالی خفیف	-۲/۰۳	خشکسالی متوسط	-۰/۶۷	خشکسالی متوسط
۱۹۹۵	-۱/۴	خشکسالی متوسط	۶۶/۰۴	خشکسالی متوسط	-۲/۸۶	به شدت خشک	-۰/۹۴	خشکسالی متوسط
۱۹۹۶	-۰/۹	نزدیک نرمال	۱۶/۳۹	نرمال	۳/۴۵	نرمال	۱/۶۸	بسیار مرطوب
۱۹۹۷	-۱/۴۶	خشکسالی متوسط	۶۴/۲۹	خشکسالی متوسط	-۲/۰۱	خشکسالی شدید	-۰/۹۹	خشکسالی متوسط
۱۹۹۸	-۰/۰۸	نزدیک نرمال	۱۱۱/۱۴	نرمال	-۰/۶۳	نرمال	-۰/۳۱	نزدیک نرمال
۱۹۹۹	-۰/۰۳	نزدیک نرمال	۱۱۳/۰۳	نرمال	-۰/۷۴	نرمال	-۰/۳۶	نزدیک نرمال
۲۰۰۰	-۰/۳۷	نزدیک نرمال	۹۹/۹	نرمال	-۰/۰۰	نزدیک نرمال	-۰/۰۰	نزدیک نرمال
۲۰۰۱	-۱/۳۱	خشکسالی متوسط	۶۸/۶۶	خشکسالی متوسط	-۲/۶۴	به شدت خشک	-۰/۸۷	خشکسالی متوسط
۲۰۰۲	-۰/۷۲	نزدیک نرمال	۱۵/۱۸	نرمال	۲/۸۷	نرمال	۱/۴	ترسالی متوسط
۲۰۰۳	-۰/۱۳	نزدیک نرمال	۱۰۹/۲۴	نرمال	-۰/۵۲	نرمال	-۰/۲۵	نزدیک نرمال
۲۰۰۴	-۰/۱۵	نزدیک نرمال	۱۰۸/۵۱	نرمال	۰/۴۸	نرمال	-۰/۲۳	نزدیک نرمال
۲۰۰۵	-۱/۰۵	خشکسالی متوسط	۷۶/۷۶	خشکسالی خفیف	-۱/۹۶	خشکسالی متوسط	-۰/۶۴	خشکسالی متوسط



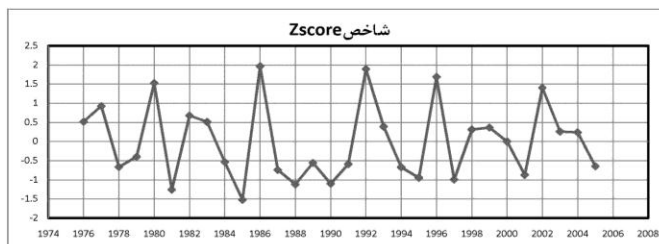
شکل ۵. نمودار شاخص خشکسالی SPI در ایستگاه کاشان



شکل ۶. نمودار شاخص خشکسالی PNPI در ایستگاه کاشان

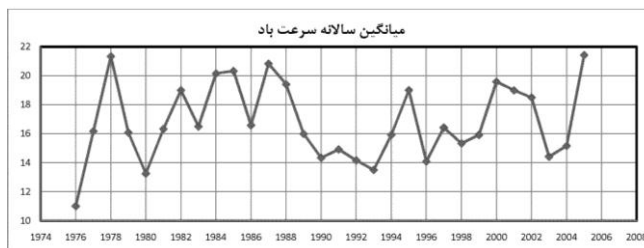


شکل ۷. نمودار شاخص خشکسالی RIA در ایستگاه کاشان



شکل ۸. نمودار شاخص خشکسالی Z-Score در ایستگاه کاشان

در ادامه میانگین حاصل از شاخص‌های چهارگانه تحت مطالعه به دست آمد (شکل ۹):



شکل ۹. میانگین توزیع سالانه سرعت باد در ایستگاه کاشان

اثرات خشکسالی بر جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن برای تحلیل اثرهای خشکسالی بر مخاطرات ماسه‌های روان ابتدا اقدام به رتبه‌بندی اعداد به‌دست‌آمده از شاخص‌های تحت مطالعه شد (جدول ۳).

جدول ۳. رتبه‌بندی اعداد به‌دست‌آمده از شاخص‌ها

سال	رتبه‌بندی Spi	رتبه‌بندی Z score	رتبه‌بندی Pnpi	رتبه‌بندی Ria	میانگین رتبه‌بندی	میانگین سالانه متوسط بادهای سریع
۱۹۷۶	۳	۵	۵	۴	۴/۲۵	۱
۱۹۷۷	۳	۳	۳	۳	۳	۵
۱۹۷۸	۷	۸	۸	۷	۷/۵	۱۰
۱۹۷۹	۶	۷	۷	۷	۶/۷۵	۵
۱۹۸۰	۱	۲	۲	۲	۱/۷۵	۳
۱۹۸۱	۹	۱۰	۱۰	۱۰	۹/۷۵	۶
۱۹۸۲	۳	۴	۴	۴	۳/۷۵	۸
۱۹۸۳	۳	۵	۵	۴	۴/۲۵	۶
۱۹۸۴	۷	۸	۸	۷	۷/۵	۶
۱۹۸۵	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۶
۱۹۸۶	۱	۱	۱	۱	۱	۶
۱۹۸۷	۷	۸	۸	۸	۷/۷۵	۱۰
۱۹۸۸	۹	۹	۹	۹	۹	۹
۱۹۸۹	۷	۸	۸	۷	۷/۵	۵
۱۹۹۰	۹	۹	۹	۹	۹	۴
۱۹۹۱	۷	۸	۸	۷	۷/۵	۴
۱۹۹۲	۱	۱	۱	۱	۱	۳
۱۹۹۳	۴	۵	۵	۴	۴/۵	۳
۱۹۹۴	۷	۸	۸	۸	۷/۷۵	۵
۱۹۹۵	۸	۹	۹	۸	۸/۵	۸
۱۹۹۶	۱	۱	۱	۱	۱	۳
۱۹۹۷	۸	۹	۹	۹	۸/۷۵	۶
۱۹۹۸	۶	۵	۵	۴	۵	۵
۱۹۹۹	۴	۵	۵	۴	۴/۵	۵
۲۰۰۰	۵	۶	۶	۵	۵/۵	۹
۲۰۰۱	۸	۹	۹	۸	۸/۵	۸
۲۰۰۲	۲	۲	۲	۲	۲	۸
۲۰۰۳	۴	۵	۵	۵	۴/۷۵	۴
۲۰۰۴	۴	۵	۵	۵	۴/۷۵	۴
۲۰۰۵	۷	۸	۸	۷	۷/۵	۱۰

جدول ۴. ضریب همبستگی شاخص‌های خشکسالی در ارتباط با بادهای سریع به روش رتبه‌ای اسپیرمن

		SPI	باد
SPI	ضریب همبستگی	۱،۰۰۰	.۴۸۰**
	Sig. (۲-tailed)	.	.۰۰۷
	تعداد داده‌ها	۳۰	۳۰
باد	ضریب همبستگی	.۴۸۰**	۱،۰۰۰
	Sig. (۲-tailed)	.۰۰۷	.
	تعداد داده‌ها	۳۰	۳۰
		PNPI	باد
PNPI	ضریب همبستگی	۱،۰۰۰	.۴۷۶**
	Sig. (۲-tailed)	.	.۰۰۸
	تعداد داده‌ها	۳۰	۳۰
باد	ضریب همبستگی	.۴۷۶**	۱،۰۰۰
	Sig. (۲-tailed)	.۰۰۸	.
	تعداد داده‌ها	۳۰	۳۰
		RIA	باد
RIA	ضریب همبستگی	۱،۰۰۰	.۴۵۹*
	Sig. (۲-tailed)	.	.۰۱۱
	تعداد داده‌ها	۳۰	۳۰
باد	ضریب همبستگی	.۴۵۹*	۱،۰۰۰
	Sig. (۲-tailed)	.۰۱۱	.
	تعداد داده‌ها	۳۰	۳۰
		Z score	باد
Z score	ضریب همبستگی	۱	.۴۶۰*
	Sig. (۲-tailed)	.	.۰۱۱
	تعداد داده‌ها	۳۰	۳۰
باد	ضریب همبستگی	.۴۶۰*	۱
	Sig. (۲-tailed)	.۰۱۱	.
	تعداد داده‌ها	۳۰	۳۰

باید توجه داشت که در بین پدیده‌ها به‌خصوص پدیده‌های جغرافیایی، همبستگی کامل امری نادر است؛ ولی گاهی رابطه همبستگی بین دو پدیده به‌نسبت معنادار است. شدت خشکسالی‌های مشاهده‌شده در همه شاخص‌های تحت مطالعه تا حدی با هم هماهنگ‌اند. به‌طوری که در جدول‌های زیر دیده می‌شود، عدد فراوانی‌های به‌دست‌آمده از شدت‌های مختلف خشکسالی برای شاخص‌ها نزدیک به هم و در مواردی کاملاً بر هم منطبق‌اند. بیشترین خشکسالی از نوع بسیار شدید و شدید مربوط به شاخص RAI بوده و نشان‌دهنده حساسیت بیشتر این شاخص نسبت به دو شاخص دیگر است. شاخص PNPI شامل ملایم‌ترین خشکسالی‌ها بوده و بیشترین حالت‌های نرمال و خشکسالی ضعیف را داراست. همه روش‌های یادشده به‌جز روش Z-Score بیشترین میزان

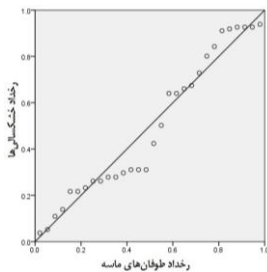
همپوشی در خشکسالی‌های شدید و فراگیر را داشته‌اند. نتایج حاصل از همبستگی به روش رتبه‌ای اسپیرمن نشان داد که رابطه بین خشکسالی و بادهای سریع، مثبت، مستقیم ناقص و به نسبت معنادار است. (جدول ۴).

در نهایت نتایج حاصل از به کارگیری روش رتبه‌ای اسپیرمن در جدول‌های بالا یعنی ضریب همبستگی میان سرعت باد و خشکسالی به دست آمد. در جدول ۵، میانگین این اعداد نیز محاسبه شد (جدول ۵).

به طور کلی هدف از هر مطالعه جغرافیایی، پیش‌بینی وقایع از لحاظ مکانی و زمانی است. نتایج حاصل از رگرسیون خطی به پیش‌بینی ارتباط بین خشکسالی و وقوع بادهای سریع می‌پردازد و رابطه را به صورت کمی بیان می‌دارد. در زیر نمودارهای رگرسیون خطی بر هر کدام از شاخص‌های تحت بررسی ارائه شده است (شکل‌های ۱۰ و ۱۱).

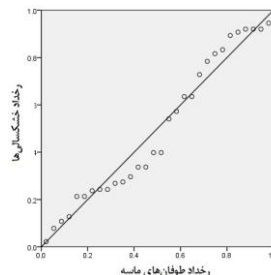
جدول ۵. ضریب همبستگی شاخص خشکسالی میانگین شاخص‌ها در ارتباط با بادهای سریع

		dry	باد
روش رتبه‌ای اسپیرمن	DRY	ضریب همبستگی	۱,۰۰۰
		Sig. (۲-tailed)	.
		تعداد داده‌ها	۳۰
	باد	ضریب همبستگی	.۴۷۲**
		Sig. (۲-tailed)	.۰۰۸
		تعداد داده‌ها	۳۰



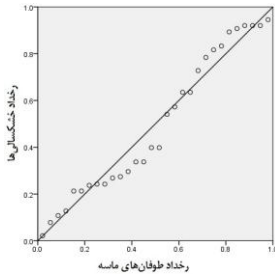
$$y = .41x + 3.55$$

شکل ۱۱. نمودار پراکندگی رگرسیون خطی برای متغیر شاخص PNPI در ارتباط با باد



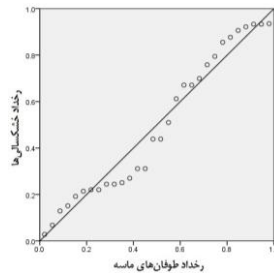
$$y = .44x + 3.66$$

شکل ۱۰. نمودار رگرسیون خطی برای متغیر شاخص SPI در ارتباط با باد



$$y = .409x + 3.714$$

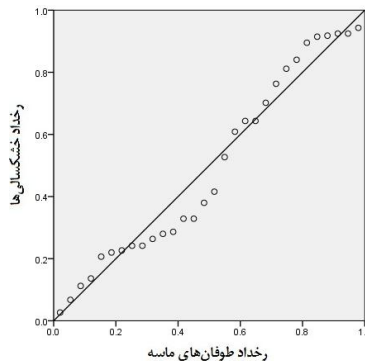
شکل ۱۳. نمودار رگرسیون خطی برای متغیر شاخص Z در ارتباط با باد



$$y = .408x + 3.546$$

شکل ۱۲. نمودار رگرسیون خطی برای متغیر شاخص RIA در ارتباط با باد

نمودارهای بالا نشان می‌دهد که با تغییر رخداد خشکسالی چه اتفاقی برای روند باد و رخداد توفان‌های ماسه‌ای خواهد افتاد و رابطه بین این دو برای بررسی احتمال وقوع بادهای سریع را بیان می‌کند. در انتها میانگین شاخص‌ها برای درک کمی از ارتباط نتایج شاخص‌ها و ارتباط آن با سرعت باد و مخاطرات ماسه‌های روان به دست آمد (شکل‌های ۱۲ و ۱۳):



$$y = .499x + 3.581$$

شکل ۱۴. نمودار رگرسیون خطی برای متغیر میانگین شاخص‌ها در ارتباط با باد

واکنش سیستم‌های روستایی به خشکسالی‌های منطقه با رویکرد مخاطرات جابه‌جایی ماسه‌های روان

۱. واکنش سیستم‌های روستایی در سطح تعادل و وضع عادی (سازگاری درازمدت) واژه تعادل بیانگر دو حالت تعادلی در فرایندهای محیطی است. تعادل دینامیک و تعادل

ایستایی [۱۰]. اساساً گرایش به تعادل دینامیک در همه سیستم‌ها، به نوعی بازخورد منفی بین فرایندها در جهت جبران شرایط به سمت حالت پایداری است. پاسخ‌های خطی و غیرخطی سیستم‌ها در مقیاس زمانی، دگرگونی محیط را در چشم‌اندازهای جغرافیایی به‌همراه دارد. چنین دگرگونی‌هایی که بازتاب واکنش سیستم‌ها به سمت حفظ پایداری است، واکنش سیستم‌های روستایی در برابر فرایند خشکسالی در حالت تعادلی به نوعی ایمن‌سازی و مقاوم کردن نظام سکونتگاهی روستایی به‌همراه مشارکت روستاییان در سازگاری درازمدت است. به‌طور کلی هر اقدامی برای کاهش خطر، کم‌هزینه‌تر از اقداماتی است که برای بهبود وضعیت بعد از خطر صورت می‌گیرد. این بینش هم‌اکنون در کشورهای توسعه‌یافته به‌کار گرفته می‌شود، چراکه پیش‌بینی و پیشگیری نتایج مطلوب‌تری دارد. افزایش هزینه بهبود وضعیت محیط یا افزایش هزینه بهبود آسیب‌دیدگی افراد و جوامع، به شکست برنامه‌ها و اقدامات کاهش آسیب و در پی آن افزایش فقر منجر می‌شود [۲۵]. بینش مقاوم‌سازی همراه با پیش‌بینی و پیشگیری در خصوص آسیب‌های کالبدی و جمعیتی فرایند خشکسالی و حرکت ماسه‌های روان در منطقه تحقیق به‌شرط شناسایی سازوکار خشکسالی و پهنه‌های شکننده حرکت ماسه‌های روان نتایج مطلوبی دارد؛ زیرا در غیر این صورت افزایش هزینه بهبود وضعیت محیط یا بهبود آسیب‌دیدگی مراکز جمعیتی و جوامع، به شکست برنامه‌ها و اقدامات کاهش آسیب و در پی آن به افزایش فقر، مهاجرت و تخلیه مراکز روستایی منجر می‌شود (از آستانه‌های خطر تا بلایا). زمانی که منطقه‌ای با مخاطرات مواجه می‌شود و سپس در معرض بلایای طبیعی قرار می‌گیرد، تصمیم برای بازیابی هر نوع مخاطره‌ای مانند بازسازی سکونتگاه‌های آسیب‌دیده با تردیدها و شکست‌های فراوانی روبه‌رو می‌شود، زیرا مناطق تحت تأثیر بلایای طبیعی با آسیب‌های اساسی و پایداری ساختاری روبه‌رو شده است.

ساختار مقاومت و پایداری دو معنا دارد: یکی تاب‌آوری در برابر رویدادها و دیگری مقاوم‌سازی سازه‌ها و روابط. بنابراین مقاوم‌سازی و پایداری‌سازی در سکونتگاه‌های روستایی و دهستان‌های منطقه تحقیق از آن نظر مفید است که به‌کارگیری آن مؤثرتر، سریع‌تر و کم‌هزینه‌تر از دیگر اقدامات است. از سوی دیگر توجه به نوع مصالح و سازه‌ها که موضوعی نسبی است و به وضعیت خطرپذیری منطقه بستگی دارد، در رویکرد مقاوم‌سازی در اولویت قرار دارد. بدین ترتیب آسیب‌های انسانی ناشی از مخاطرات محیطی به‌خصوص چالش‌های خشکسالی و مخاطرات حرکت ماسه‌های روان به سمت سکونتگاه‌های روستایی را می‌توان با مطالعه و ارزیابی جامع آن با روش‌های اصولی، کنترل و مهار کرد [۲۵]. ایجاد مراکز ایمنی و



امداد و نجات در مراکز روستایی و آگاهی از نحوه کار با تجهیزات و همچنین آگاهی از تدارک امکانات کافی برای ارائه خدمات مناسب به هنگام بروز مخاطرات طبیعی می‌تواند موفقیت سیستم مدیریت بحران را در پی داشته باشد [۱۲].

در زمینه مشارکت جوامع روستایی می‌توان گفت گروه‌های مردمی منابع ارزشمندی برای اجرای مراحل مدیریت بحران‌اند. همچنین نقش تسهیل‌گرایی دولت در زمینه فرهنگ‌سازی در شرایط بحران، در کنار مشارکت آگاهانه روستاییان منطقه می‌تواند به مناسب‌ترین شکل ممکن به مقابله با مخاطرات توفان ماسه بند ریگ و آسیب‌های ناشی از آن در اراضی زراعی و... منجر شود. اگر این مشارکت اتفاق بیفتد، روستاییان به اقدامات پیشگیرانه همچون تشکیل صندوق‌های همیاری بحران‌ها و بیمه مبادرت خواهند کرد و در نهایت واکنشی در سطح تعادل و پایداری محیط خواهند داشت [۱۴]. به کمک این رویه می‌توان پیش از تحقق مخاطرات و آستانه‌های بحران، مقاومت‌سازی سکونتگاه‌های روستایی در منطقه تحقیق را نهادینه کرد. مطابق با نقشه خطرپذیری توفان ماسه‌ای منطقه تحقیق، دهستان‌های پیرامون شهرستان ابوبیدآباد، نوش‌آباد و روستاهای اطراف آن از جمله حسین‌آباد، یزدلان، امین‌آباد، محمدآباد، فخره و... از جمله سکونتگاه‌های روستایی‌اند که در حال حاضر تحت تأثیر هجوم توفان ماسه‌ای قرار نگرفته‌اند و می‌توان با مقاومت‌سازی از خسارات احتمالی در آینده پیشگیری کرد.

۲. واکنش سیستم‌های روستایی در سطح آستانه‌های بحرانی (مرز تغییرات بحران و نقطه اوج) آستانه‌های محیط را می‌توان در دو بخش اصلی مطالعه کرد [۸]: ۱. آستانه‌های تغییر، که در مطالعات تعادل و طبقه‌بندی انواع تعادل استفاده می‌شود. به‌طور کلی با مفهوم تغییر حالت یک فرایند تعادلی به فرایند تعادلی دیگر می‌توان آن را بیان کرد؛ ۲. آستانه‌های بحرانی، که در حال حاضر به دلیل اغتشاشات محیطی ناشی از عامل آنتروپوژنیک و مداخلات ناشی از تغییرات انسانی سبب تغییر فرایند یک حالت تعادلی به فرایندهای مخاطره‌زا و به‌عبارت دیگر تغییر از منابع محیطی به مخاطرات محیطی می‌شود. آنچه بیشتر در زمینه پایداری محیط مطرح شده است، اغلب مربوط به آستانه‌های بحرانی و مرز وقوع مخاطرات محیطی است. به‌طور کلی فرایندهای طبیعی و تغییرات ناشی از مداخلات ناآگاهانه انسان در محیط‌های انسانی نظیر روستاها به‌گذر از حد تعادل در سیستم‌ها می‌انجامد و بحران‌های محیطی یا حوادث ناگوار غیرمترقبه‌ای را به‌وجود می‌آورد. بررسی و تحلیل آستانه‌های بحرانی به درک بیشتر مخاطرات محیطی در سیستم‌ها کمک فراوانی می‌کند [۱۵].

شناسایی سطح کلی ظرفیت سازگاری سکونتگاه‌های روستایی منطقه تحقیق به مخاطرات

محیطی از جمله خشکسالی و حرکت ماسه‌ای، به‌منظور مدیریت اثربخش روستاها از اهمیت خاصی برخوردار است، چراکه با شناسایی و رتبه‌بندی توان سازگاری دهستان‌ها از جمله دهستان سفیدآباد، اتخاذ راهبردهای مدیریتی متناسب برای کاهش آسیب‌های ناشی از خشکسالی میسر می‌شود [۱۳]. از طرفی کارکرد نهادهای متولی مدیریت محلی روستاها نظیر دهیاری‌ها در کاهش اثرها و آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات خشکسالی و ماسه‌ای نیز، تأثیر مهمی در تحقق اهداف توسعه پایدار روستاها دارند. این امر به‌واسطه عملکرد و کارایی دهیاری‌ها و شوراهای اسلامی در فرایند مدیریت توسعه روستایی در چهار بُعد پایداری اجتماعی، اقتصادی، محیطی و کالبدی اهمیتی مضاعف می‌یابد [۱۸]. چراکه روستاها به‌منزله مکان‌هایی خاص با شیوه زندگی متفاوت نسبت به شهرها، نیازمند الگوی مدیریتی مجزا و مطابق با شرایط اقتصادی، اجتماعی و بوم‌شناختی خود در حوزه مدیریت مخاطرات خشکسالی و توفان‌های ماسه‌ای در سکونتگاه‌های روستایی محدوده بیابانی و کویری ارگ بلند یعنی دهستان‌های کاشان، آران و بیدگل و ابوزیدآباد هستند. از این‌رو اعمال راهبردهای سازگاری نسبت به خشکسالی، با جلب مشارکت و همکاری شوراهای اسلامی روستاها و دهیاری‌ها، بستر سازش و تطابق روستاییان با مخاطرات طبیعی مذکور را هموارتر می‌کند. ظرفیت سازگاری در واقع، توانایی برنامه‌ریزی و استفاده از راهبردهای سازگاری، برای تعدیل اثرهای نامطلوب تغییرات اقلیمی است [۲۹]. بنابراین در مدیریت آستانه‌های بحران، تحکیم ظرفیت سازگاری سکونتگاه‌های روستایی منطقه در واکنش به مخاطرات خشکسالی و حرکت ماسه‌های روان می‌تواند در جلوگیری از ورود به مرحله مخاطرات فرایند بادی و تسلط توفان‌های ماسه‌ای مؤثر باشد. روستاهای پیرامون شهرستان آران و بیدگل به‌ویژه دهستان کویر و کویرات با جمعیتی بالغ بر ۴۰۰۱ نفر و ۱۰۵۶ خانوار<sup>۱</sup> از جمله مناطقی است که در آستانه هجوم توفان ماسه‌ای قرار دارد و بخشی از این مناطق در محدوده کمی خطرناک استقرار یافته‌اند. بدین منظور باید با شناخت بیشتر رفتارهای توفان ماسه را با ظرفیت‌های سکونتگاه‌های روستایی سازگار کنند و نگرش مقاوم‌سازی و محافظت از سازه‌های انسانی را ارتقا دهند. در غیر این صورت، تسلط مخاطرات ماسه‌ای ممکن است مهاجرت‌های اجباری و تحمیل خسارات را در پی داشته باشد.

### ۳. واکنش سیستم‌های روستایی در سطح مخاطرات محیطی (ناسازگاری روستاها و بحران‌های نزدیک)

وقوع مخاطرات محیطی به درجه آسیب‌پذیری کشورها و واکنش انسان‌ها در برابر مخاطرات محیطی بستگی دارد [۲۲]. هدف از کاهش خطر، تلاش به‌منظور ایجاد روندی برای کاستن از

۱. مطابق سرشماری سال ۱۳۸۵

دوره‌های بلندمدت مخاطرات بر سیستم‌های انسانی و نیز رسیدن به توانایی پیشگیری معقولانه مخاطرات است [۳۱]. بر این اساس، مخاطرات محیطی حاصل ناسازگاری فرایندهای طبیعت با سیستم‌های انسانی است. ناسازگاری سیستم‌های روستایی و بحران‌های نزدیک در منطقه تحقیق حاصل حرکت تشدید یافته ماسه‌های روان در اثر خشکسالی‌هاست (شکل‌های ۱۳ و ۱۴).

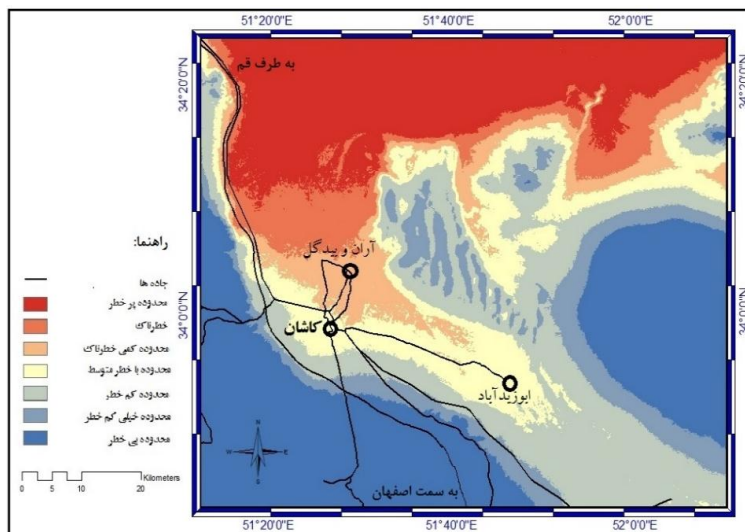
با توجه به روحیه خودکفایی در جامعه روستایی، آگاهی و برخورداری از دانش لازم در هنگام وقوع بحران‌ها و بلایای مختلف، می‌تواند تأثیر زیادی در کاهش خسارات ناشی از وقوع مخاطرات داشته باشد و سبب موفقیت سیستم مدیریت بحران شود [۲]. روستاییان منطقه براساس آموزش و دانش، راهبردهای جمع‌آوری آب، کاهش تبخیر آب، کاهش هدررفت آب، مدیریت زمین و الگوی کشت و... را با هدف کلان مدیریت بهینه آب به منظور کاهش خسارت‌های محیطی مانند فرسایش، کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش پوشش گیاهی و کاهش خسارت‌های اقتصادی شامل کاهش تلفات دامی، کاهش مقدار محصول‌های کشاورزی و... به کار برده‌اند [۱۷].

[۶]. اولین گام برای مقابله با بحران‌های مذکور در نواحی روستایی و تعدیل اثرهای آن، آگاهی، شناخت و درک واقعیت مخاطرات، به‌ویژه علل وقوع و اثرهای متقابل پیامدها و علل چندگانه آن و گام بعدی، اتخاذ راهبردها و انتخاب راهکارهایی است که براساس آن بتوان با پیامدهای این پدیده، مقابله کرد و اثرهای زیانبار آن را مهار کرد یا کاهش داد. بنابراین استفاده از آموزش و دانش بومی جوامع روستایی برای کاهش آسیب‌پذیری نظام سکونتگاه‌های روستایی در چارچوب مخاطره‌شناسی می‌تواند از مهم‌ترین راهبردهای کاهش خطر قلمداد شود [۱۶].

منطقه تحقیق، روستاهای بخش شهرستان آران و بیدگل به‌ویژه در محدوده پرخطر و خطرناک قرار گرفته است. با توجه به نتایج حاصل از نقشه پهنه‌بندی خطرپذیری (شکل ۱۶) و مطالعات میدانی از منطقه (شکل ۱۳)، می‌توان پیشروی احتمالی توفان ماسه‌ای را در آینده‌ای نزدیک ردیابی کرد؛ هجوم توفان ماسه‌ای علاوه بر اینکه زندگی ساکنان روستایی را دچار اختلال خواهد کرد، مشکلات زیادی را برای گردشگران نواحی بیابانی و کویری یعنی ژئوتوریسم و گردشگری روستایی مناطق مجاور مانند مرنجاب به وجود خواهد آورد و در نهایت چالش‌های اقتصادی، مهاجرت بیشتر و تخلیه جمعیت را به همراه خواهد داشت. از این رو می‌توان گفت با توجه به راهبردهای مدیریت مخاطرات محیطی، باید به کمک دانش بومی ساکنان منطقه و حمایت مالی و اختصاص بودجه به بخش دولتی به‌ویژه در اقدامات سخت‌افزاری نظیر احداث مانع در هجوم ماسه‌ها، فرایند درجه کاهش مخاطرات را بررسی کرد و از تحقق بلای طبیعی توفان ماسه‌ای جلوگیری به عمل آورد.



شکل ۱۵. پیشروی تپه‌های ماسه‌ای به سازه‌های انسانی و روستاهای مناطق آران و بیدگل مجاور بند ریگ

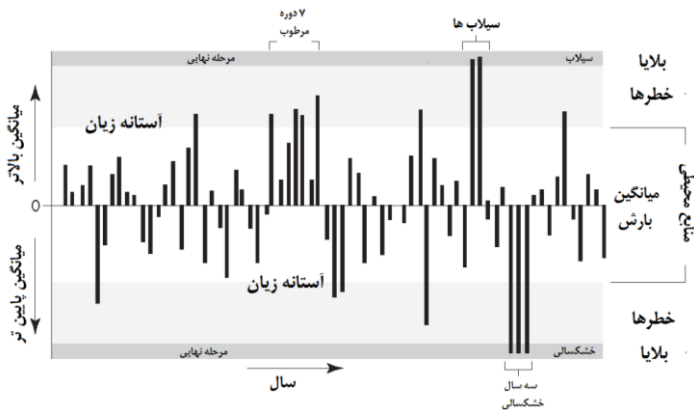


شکل ۱۶. پهنه‌بندی درجه خطر و مسیر حرکت تپه ماسه‌ای با استفاده از مدل ارزش اطلاعات و نمایش خطرهای بادی

۴. واکنش سیستم‌های روستایی در سطح بلایای طبیعی (تجارب برای بازسازی سیستم‌های روستایی آینده)

در آخرین مرحله، بلایای طبیعی، وقوع خطر و تحمیل خسارات توفان‌های ماسه‌ای حاصل از خشکسالی در ساختار سکونتگاه‌های روستاهای منطقه تحقیق، در حالی است که سیر تعادل،

آستانه‌های بحران و مخاطره‌شناسی که در بالا به آنها پرداخته شد با شکست مواجه شود. بنابراین ضروری است مراحل یادشده در واکنش سیستم‌های روستایی در چارچوب مدیریت فعال مخاطرات طبیعی روستاهای منطقه تحقیق، مورد ارزیابی مسئولانه قرار گیرد و ضمانت اجرایی پیدا کند تا به این سطح که متحمل هزینه‌های بسیار برای جوامع روستایی، دولت و مسئولان اجرایی مانند دهیاران، فرماندار و... است، منجر نشود (شکل ۱۷).



شکل ۱۷. حساسیت به خطر محیطی؛ از مرحله تعادل یا منابع محیطی، آستانه‌های بحران، خطر و بلایا به عنوان مرحله نهایی [۳۱]

### نتیجه‌گیری

با توجه به شرایط آسیب‌پذیر اقلیمی مناطق خشک، احتمال وقوع پدیده خشکسالی در این مناطق بیش از دیگر مناطق آب‌وهوایی است. از سوی دیگر خشکسالی‌های مکرر این مناطق، فرایندهای مخاطره‌زای دیگری نظیر تشدید حرکت ماسه‌های روان را برای سکونتگاه‌های شهری و روستایی و سایر سازه‌های انسانی به‌همراه دارد. در این نوشتار بند ریگ منطقه آران و بیدگل و کاشان با توجه به تحلیل‌های آماری خشکسالی منطقه، از جمله تحلیل شاخص‌های متعدد، بررسی شد که حکایت از درجه خشکسالی متوسط تا شدید در این منطقه دارد و نیز قرار گرفتن این منطقه در طبقه مناطق خشک و احتمال وقوع خشکسالی در سال‌های مختلف، از دیگر مسائلی است که احتمال وقوع این بحران را در این منطقه نشان می‌دهد. بدین منظور با توجه به مقادیر حاصل از رگرسیون خطی، شاخص‌های خشکسالی SPI، PNPI، RIA و ZScore، جدول ضریب همبستگی و در نهایت پراکندگی مقادیر توفان ماسه‌ای در منطقه تحقیق، می‌توان گفت که ارتباط معناداری میان

خشکسالی و وقوع بادهای سریع در نتیجه جابه‌جایی و تغییر در مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای در تشدید حرکت ماسه‌ای وجود دارد. از این رو با افزایش خشکسالی در منطقه که دارای مقادیر خشکی متوسط تا شدیدی است، تپه‌های ماسه‌ای جابه‌جایی بیشتری را بر اثر وقوع خشکسالی داشته و به یک مخاطره در سطح سکونتگاه‌های روستایی منطقه تبدیل شده‌اند. در نتیجه نیازمند مدیریت و برنامه‌ریزی پایدار در زمینه توسعه فعالیت‌ها و مسائل مختلف مدیریت محیط در این منطقه خواهیم بود. در این راستا به‌منظور پایدارسازی سکونتگاه‌های روستایی منطقه تحقیق، واکنش‌های سیستم‌های روستایی شهرستان‌های آران و بیدگل، کاشان و ابوزیدآباد در سطوح مختلف تعادل، آستانه‌های بحران، مخاطرات و بلایای طبیعی در عملکرد توفان‌های ماسه‌ای ناشی از خشکسالی بررسی شده و راهبردهای هرکدام از مراحل بالا در جایگاه روستاهای تحت مطالعه نظیر بهره‌گیری از دانش بومی، آگاهی‌رسانی و آموزش، مشارکت روستاییان، ظرفیت‌سازی و... مطالعه شد. نتایج تحقیق، بیانگر شناسایی سطح مواجهه با تغییرات محیطی (از منابع محیطی تا مخاطرات محیطی) در روستاهای تحت مطالعه و بیانگر لزوم اتخاذ راهبردهای متناسب با درجه خطرپذیری هجوم توفان‌های ماسه‌ای و حاکمی از تسلط سطح مخاطرات در سیستم‌های روستایی منطقه تحقیق است. به این ترتیب برخی مناطق تحت مطالعه مانند روستاهای منطقه ابوزیدآباد و کاشان نیازمند پیشگیری در سطح تعادل اند و در آستانه بحران قرار دارند و برخی دیگر مانند روستاهای شهرستان آران و بیدگل در مرحله مخاطرات قرار دارند. در مجموع، این نتایج بهره‌گیری بیش از پیش از دانش بومی درباره رفتارشناسی تپه‌های ماسه‌ای و خشکسالی‌های شدید برخی سال‌ها و در نهایت لزوم آموزش جوامع روستایی را آشکار کرده است؛ به این ترتیب می‌توان در نهایت از وقوع مرحله بلایا در سیستم‌های روستایی منطقه تحقیق جلوگیری کرد.

## منابع

- [۱]. اسمیت، کیت (۱۳۹۴). *مخاطرات محیطی*، ترجمه ابراهیم مقیمی و شاپور گودرزی‌نژاد، چ هفتم، تهران: سمت.
- [۲]. افراخته، حسن؛ عزیزپور، فرهاد؛ طهماسبی، اصغر؛ و سلیمانی، عادل (۱۳۹۴). «راهبردهای سازگاری روستایی در برابر مخاطرات خشکسالی (مطالعه موردی: روستای پشتنگ شهرستان روانسر)»، *دانش مخاطرات*، دوره ۲، ش ۳، ص ۳۵۴-۳۴۱.
- [۳]. امیدوار، کمال (۱۳۹۵). «بررسی و تحلیل سینوپتیکی طوفان‌های ماسه در دشت یزد- اردکان»، *تحقیقات جغرافیایی*، ش ۸۱، ص ۵۸-۴۳.

- [۴]. اهلرس، اکارت (۱۳۹۲). «بازگشت به زمین جغرافیا در عصر انسان»، ترجمه عباس سعیدی، *جغرافیا*، سال یازدهم، ش ۳۷، ص ۲۱-۷.
- [۵]. ایمانی، بهرام؛ و عمران‌زاده، بهزاد (۱۳۸۸). «راهکارهای رفع نارسایی مدیریت بحران در نواحی روستایی ایران»، *مسکن، محیط روستا*، ش ۱۲۵، ص ۳۲-۱۲.
- [۶]. آیالا، الف (۱۳۸۹). «کاربردهای علم ژئومورفولوژی، مخاطرات طبیعی در آسیب‌پذیری و جلوگیری از بلایای طبیعی در کشورهای در حال توسعه»، ترجمه رضا خوش‌رفتار، رشد آموزش جغرافیا، دوره بیست‌وپنجم، ش ۲، ص ۲۳-۱۴.
- [۷]. حجازی‌زاده، زهرا؛ و جوی‌زاده، سعید (۱۳۹۶). *مقدمه‌ای بر خشکسالی و شاخص‌های آن*، چ سوم، تهران: سمت.
- [۸]. رحیمی هرآبادی، سعید؛ و هدائی آرانی، مجتبی (۱۳۹۳). «آسیب‌شناسی مطالعات ژئوسیستم‌ها در ایران و ضرورت آن در پایداری محیط (مورد: ریگ بلند آران و بیدگل)، مؤسسه جغرافیای دانشگاه تهران، مجموعه مقالات اولین همایش ملی علوم جغرافیایی ایران، ۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۳.
- [۹]. رکن‌الدین افتخاری، عبدالرضا؛ و وزین، نرگس (۱۳۹۴). «مطالعه تعیین تفاوت اثر بخشی دو دانش بومی و نوین در کاهش آسیب‌پذیری جوامع روستایی در برابر بلایای طبیعی (مطالعه موردی: روستاهای بخش خورش رستم شهرستان خلخال)»، *پژوهش‌های جغرافیایی انسانی*، دوره ۴۷، ش ۴، ص ۷۴۲-۷۲۷.
- [۱۰]. سپهر، عادل (۱۳۹۴). «وراثت ژئومورفولوژیک: مخاطرات محیطی و تنوع زمینی»، همایش ملی ژئومورفولوژی و زیستگاه انسان، انجمن ایرانی ژئومورفولوژی.
- [۱۱]. سعیدی، عباس (۱۳۸۹). «محیط، فضا و توسعه، بحثی در ضرورت توسعه یکپارچه روستایی- شهری»، *مسکن و محیط روستا*، ش ۱۳۱، ص ۱۳-۳.
- [۱۲]. سلمانی، محمد؛ و ایمانی، بهرام (۱۳۸۷). «راهکارهای رفع نارسایی مدیریت بحران در نواحی روستایی ایران»، *مدیریت بحران*، ش ۲۷، ص ۷۰-۵۰.
- [۱۳]. سلیمانی، عادل؛ افراخته، حسن؛ عزیزپور، فرهاد؛ و طهماسبی، اصغر (۱۳۹۵). «تحلیل فضایی ظرفیت سازگاری سکونتگاه‌های روستایی شهرستان روانسر در مواجهه با خشکسالی»، *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، سال سوم، ش ۲، ص ۷۸-۶۵.
- [۱۴]. صادقلو، طاهره؛ عرب تیموری، یاسر؛ و شکوری‌فرد، اسماعیل (۱۳۹۶). «سنجش سطح دانش و آگاهی روستاییان درباره مدیریت بحران خشکسالی (مطالعه موردی: روستاهای دهستان میان خواف شهرستان خواف)، *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ش ۲۲، ص ۱۰۰-۷۳.

- [۱۵]. صفاری، امیر؛ رحیمی هرآبادی، سعید؛ گودرزی مهر، سعید؛ و کریمی، هادی (۱۳۹۳). «پایداری محیط در ژئوسیستم‌ها؛ با رویکرد به کاهش مخاطرات و تحلیل داده‌های ماهواره‌ای (مورد: سیستم دریاچه‌ای ارومیه)»، دانش مخاطرات، سال اول، ش ۱، ص ۶۴-۴۳.
- [۱۶]. عزمی، آئیژ؛ میرزایی قلعه، فرزاد؛ و درویشی، سبأ (۱۳۹۴). «جایگاه دانش بومی در مدیریت مخاطرات طبیعی در روستاها، مطالعه موردی: دهستان شیزر هرسین»، *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، دوره ۴، ش ۱۳، ص ۳۹-۲۳.
- [۱۷]. فاضل‌نیا، غریب؛ و رکن‌الدین افتخاری، عبدالرضا (۱۳۸۲). «تبیین نظریه‌ای عوامل مؤثر بر شناخت و آگاهی روستاییان از توانش‌های خود و محیط پیرامون»، *مدرس علوم انسانی*، ش ۱، ص ۱۵۰-۱۱۱.
- [۱۸]. فراهانی، حسین؛ و آیین‌مقدم، فاطمه (۱۳۹۱). «ارزیابی عملکرد و کارایی دهیاری‌ها و شوراهای اسلامی در فرایند مدیریت توسعه روستایی؛ مطالعه موردی: دهستان سررود جنوبی در شهرستان بویراحمد، نشریه چشم‌انداز جغرافیایی، ش ۱۸، ص ۱۲۷-۱۱۸.
- [۱۹]. فرج‌زاده، منوچهر (۱۳۹۲). *مخاطرات اقلیمی ایران*، تهران: سمت.
- [۲۰]. کاویانی محمدرضا؛ و علیجانی، بهلول (۱۳۹۵). *مبانی آب‌وهواشناسی*، چ نوزدهم، تهران: سمت.
- [۲۱]. کردوانی، پرویز (۱۳۸۰). *خشکسالی و راه‌های مقابله با آن در ایران*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- [۲۲]. کرم، امیر؛ رحیمی هرآبادی، سعید؛ احمدی، مهدی؛ و هدائی آرانی، مجتبی (۱۳۹۲). «مفهوم تعادل، آستانه‌های بحرانی و مخاطرات محیطی در سیستم‌های ژئومورفولوژی»، دانشگاه رازی کرمانشاه، مجموعه مقالات اولین همایش ملی جغرافیا و پایداری محیط.
- [۲۳]. محمدی، حسین (۱۳۹۱). *مخاطرات جوی، چ سوم*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- [۲۴]. مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۳). *دانش مخاطرات (برای زندگی با کیفیت بهتر و محیط پایدارتر)*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- [۲۵]. نصیری، علی (۱۳۹۵). «پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه منطقه شهری ارومیه»، *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، سال شانزدهم، ش ۴۰، ص ۱۳۲-۱۱۵.
- [۲۶]. یمانی، مجتبی (۱۳۷۹). ارتباط قطر ذرات ماسه و فراوانی سرعت‌های آستانه باد در منطقه بند ریگ کاشان، *پژوهش‌های جغرافیایی*، ش ۳۸، ص ۱۳۲-۱۱۵.



[۲۷]. یمانی، مجتبی (۱۳۸۱). «نقش سلول‌های کم‌فشار محلی در استقرار مجموعه‌های ماسه‌ای ایران (مطالعه موردی بند ریگ کاشان)»، *مدرس علوم انسانی*، دوره ۶، ش ۴، ص ۱۵۵-۱۳۳.

- [28]. Ayala, I. A. (2002). "Geomorphology, Natural Hazards, Vulnerability and Prevention of Natural Disasters in Developing Countries", *Geomorphology*, No. 47, pp: 107-124.
- [29]. Corney, D. (1998). Implementing the Sustainable Rural Livelihoods Approach Sustainable Rural Liveihoods: What Contribution Can We make, pp: 3-23.
- [30]. Huggett, R.J. (2007). *Fundamentals of Geomorphology*, Routledge pub, Second Edition.
- [31]. Smith, K.; & Petley, N. (2009). *Environmental Hazards Assessing and Reducing Disaster*, Routledge Pub, Fifth Edition.
- [32]. Nicholas P.; Webb, Hamish A.; McGowan, Stuart R. Phinn & Grant H. Mc Tainsh. (2006). "AUSLEM (Australian Land Erodibility Model): A Tool for Identifying wind Erosion Hazard in Australia", *Geomorphology*, volume 78, pp: 179-200.