

## مفهوم زمان و تکنیک‌های پیش‌بینی مخاطرات طبیعی



سوسن دلسوز\*

دانشجوی دوره دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه اصفهان

طیبه محمودی (Email: Taybeh.Mahmoodi@gmail.com)

دانشجوی دوره دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه اصفهان

محمدحسین رامشت (Email: mh.raamesht@gmail.com)

استاد دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی دانشگاه اصفهان

مژگان انتظاری (Email: entezary54@yahoo.com)

استادیار دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی دانشگاه اصفهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۸/۱۳ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۹/۲۶)

### چکیده

مخاطره‌شناسی از جمله علمی است که اگرچه بشر از گذشته دور با آن مواجه بوده و حتی تکنیک‌هایی نیز برای پیش‌بینی آن در دست داشته است، در چرخه دانش جدید سابقه چندان طولانی ندارد. مفهوم مخاطره و ریسک وقتی معنا پیدا می‌کند که رخدادها دو ویژگی خاص از خود بروز دهند: اول آنکه غیرمنتظره باشند، و دوم آنکه آسیب‌زننده و زیان‌آور باشند. وضعیت عمومی کره زمین را باید در زمره دوره‌های گرم تلقی کرد و آنچه به صورت دوره‌های سرد رخ داده، فراتر از نوعی شوک برودتی نبوده است، به‌صورتی که از ۷۵۰ هزار سال گذشته تا کنون، مجموع دوره‌های گرم ۶۳۰ هزار سال و مجموع دوره‌های سرد ۱۲۰ هزار سال بوده است.

تشخیص غیرمنتظره بودن حوادث به‌سادگی امکان‌پذیر نیست و نیازمند به‌کارگیری تکنیک‌های خاصی است که از آن جمله می‌توان از روش‌های آماری نام برد. در این شیوه‌ها پیش‌فرض‌های خاصی برای داده‌ها در نظر گرفته می‌شود، مانند اینکه متغیر عامل، از زمان تبعیت نکند یا به‌تعبیری تصادفی باشد. پس از اثبات چنین فرضی، با بررسی رابطه یک یا چند ویژگی متغیر عامل، می‌توان الگوی وقوع رخداد مخاطره‌آمیز را تحلیل کرد.

در این مقاله که برگرفته از یک طرح تحقیقاتی در دانشگاه اصفهان است، با واکاوی روش‌های آماری مانند آزمون چرخشی عطف، تصادفی بودن پدیده اثبات شده و با تمسک به روش تحلیل چهارگانه شدت-فرکانس، نحوه وقوع آن تحلیل می‌شود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که:

- نحوه وقوع رخدادها سبب مخاطره‌آمیز تلقی شدن آنها می‌شود؛
  - مفهوم فرکانس-شدت در ژئومورفولوژی، بیانگر نحوه وقوع حوادث غیرمنتظره و به‌عبارتی نوعی پیش‌بینی مشروط است که ما را در مدیریت مواجهه با این رخدادها یاری می‌دهد.
- واژه‌های کلیدی:** آزمون چرخشی عطف، زمان، فرکانس - شدت، کاتاستروف، مخاطره‌شناسی.

### مقدمه

یکی از مفاهیم بنیادین در ژئومورفولوژی که بسیاری از نظریه‌پردازان و مدلسازی‌ها براساس آن استوار شده، مفهوم زمان است. از دیدگاه ژئومورفولوژیست‌ها، زمان، ابزار بیان مفهوم تغییر و زبان تشریح الگوی وقوع یک رخداد به‌شمار می‌آید و می‌توان آن را مادر نظریه‌ها و برداشت‌های عمده در ژئومورفولوژی تعبیر کرد [۱]. به‌همین علت نحوه وقوع یک رخداد طبیعی، برای رصدکننده آن مفاهیمی چون دوره بازگشت، مخاطره، بلیه و کاتاستروف را معنا می‌کند. این دسته از محققان سعی کردند با طرح ژئومورفولوژی فرایندی، زمان را از تحلیل رخدادها و پیوستگی پدیده‌ها به زمان رهایی و مستقل از آن تلقی کنند. آنان اصطلاح Time Less Model را در برابر Time Bound Model به کار می‌برند [۲]. از این‌رو برای تحلیل پدیده‌ها و نحوه وقوع آنها تکنیک‌هایی را جایگزین روش‌های زمان‌مدار کرده‌اند.

بر همین اساس، بسیاری از اصول و مفاهیم تکنیکی در این دیدگاه مانند اصل ناگهانی، تعادل، و آستانه‌ها در قالب همین مدل توضیح داده می‌شود [۳]. در این شیوه تحلیل وقایع که نزد روش‌شناسان به روش آماری موسوم است، به تحلیل وقوع پدیده‌ها و الگوریتم حدوث و تکرار آنها پرداخته و تأثیر این دو متغیر بر تغییر و تحول محیط ارزیابی می‌شود. در الگوریتم تغییر، هرگز اجباری در وقوع پدیده و وجود سیر تعینی دیده نمی‌شود و برای تحلیل یک حادثه، شدت و تواتر آن مبنای تحلیل قرار می‌گیرد. بنابراین نباید از این نکته غافل بود که وقتی از این روش صحبت می‌شود، منظور تنها بیان مراحل الگوریتمی یک رخداد است و تحول تاریخی و تغییر دنباله‌دار یک پدیده منظور نیست. به‌عبارتی در این روش، زمان در بررسی‌ها حذف و به‌جای توالی و تحول<sup>۱</sup> در مدل‌های زمانی، تغییر<sup>۲</sup> و تکرار<sup>۳</sup> دو مفهوم مهم در این تحلیل‌ها جایگزین شده و به‌تعبیری، یک پدیده، مستقل از زمان و تاریخ رخداد، تحلیل می‌شود [۴].

اگرچه برای بیان ریاضی این مفاهیم که صرفاً اصطلاحاتی در حوزه ژئومورفولوژی است به دانش ریاضی و آمار نیاز است، جغرافیدانان به‌خوبی از عهده این کار بر می‌آیند و شاید بتوان گفت آنها با توجه به آشنایی و اشراف به این مفاهیم، بهتر از ریاضیدانان و آماردانان به تشریح و تبیین صورت ریاضی این مفاهیم پرداخته‌اند.

**میلر و ولمن** از جمله محققانی‌اند که به‌خوبی از عهده این کار برآمده‌اند و در مورد پدیده‌های جغرافیایی و معکوس بودن رابطه فرکانس و شدت، آثار ماندگاری از خود به یادگار

- 
1. Succession
  2. Change
  3. Repeat

گذاشته‌اند [۵]. گاردنر در مورد کنترل تواتر و نحوه آن، به تفصیل سخن گفته است [۶]، ولی چنین نگاهی در تحلیل‌های آماری آشناسان بیشتر با استقبال مواجه شده و توزیع گمبل در واقع تحلیل فارغ از زمان پدیده‌های اقل و اکثر و نحوه وقوع آنها در طبیعت است

**تورکت** این مفاهیم را در فراکتال‌ها بیان کرده و معتقد است وقتی رویدادی مستقل از زمان تلقی می‌شود، مفاهیمی چون stationary<sup>۱</sup> می‌تواند ما را در درک بهتر آن یاری دهد [۷].

برای مثال اگر رودخانه‌ای در روز اول در ساعت ۱ بامداد دارای دبی حد باشد و در روز دوم در ساعت ۷ صبح و در روز سوم در ساعت ۴ بامداد و در روز چهارم در ساعت ۱۱ و ... و نتوان بین دبی‌های حد و زمانی که بین دو رخداد حد وجود دارد ارتباط معناداری برقرار کرد، به این مجموعه رخدادهای stationary یا مستقل از زمان اطلاق می‌شود، یعنی بین رخدادهای و زمانی که بین آنها قرار می‌گیرد رابطه معناداری وجود ندارد.

مبنای فلسفی کاتاستروفیست‌ها در تحلیل رخدادهای، به این معنا اصالت داد و به همین دلیل، رخدادهای مستقل از زمان، تابع فرایندی خاص تعریف می‌شوند. بسیاری از پدیده‌های طبیعی، چنین ویژگی‌ای دارند و کسانی که تحلیل رخدادهای را در چنین فضایی انجام می‌دهند در دانش ژئومورفولوژی کاتاستروفیست یا تصادفی خوانده می‌شوند. به تعبیری آنها وقایع را نوعی تصادف می‌پندارند که وقوعشان با زمان رابطه معناداری ندارد. از جمله ویژگی‌های حوادث مخاطره‌آمیز وجود چنین خصیصه‌ای است.

این مقاله که برگرفته از یک طرح تحقیقاتی در دانشگاه اصفهان است، سعی دارد ضمن واکاوی ماهیت پدیده‌های نادر و حدوث آنها، به تحلیل آماری نحوه وقوع و نقش آنها در تغییر محیط پردازد و روش‌های ریاضی بیان‌کننده ماهیت مفاهیم حدوث و تکرار آنها را بدون اتکا به زمان نجومی بازشناسد.

## روش‌شناسی

در این تحقیق از روش‌شناسی آماری برای اثبات غیرمنتظره و تصادفی بودن طول استمرار زمانی دوره‌های گرم و سرد از ۷۵۰ هزار سال قبل تاکنون استفاده شده و با استخراج این داده‌ها از یک نمونه برداشت شده از یخچالی در تیان‌شان (مرکز تحقیقاتی اوهایو) و تبدیل ارقام نسبت اکسیژن هجده به شانزده (O18/O16) به رقوم دمایی (با فرمول جوزل و همکاران، ۲۰۰۲)<sup>۲</sup> به

۱. این واژه به صورت خلاصه بدان مفهوم است که میانگین و واریانس داده‌های ما در طول زمان نباید تغییری نشان دهد. مفهوم Stationary به زبان ژئومورفولوژی معادل با اصل یونی فرمی تاریانسیسم است.

نسبت اکسیژن ۱۸ به ۱۶  $\delta 18O = 16$  دما  $T = 0.35$   $m = 0.35$   $\delta 18O = (m * T) - 11.8\%$

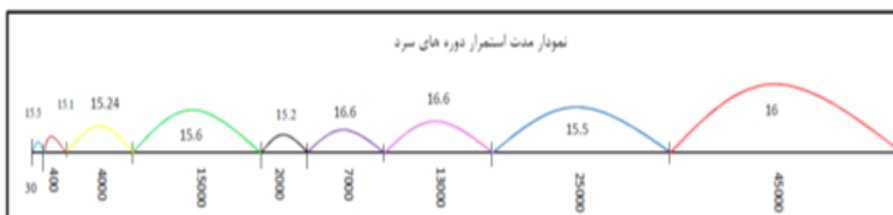
تحلیل آن مبادرت شده است. در این تحلیل ۳۹۱ رقم برداشت شده از تغییرات استمرار زمانی در طول دوره (۷۵۰ هزار سال گذشته) ارزیابی و برای تغییرات آن در دوره‌های گرم و سرد، آزمون نقاط عطف (چرخشی) اجرا شد. بعد از به دست آمدن نتایج این آزمون که ماهیت تصادفی از خود بروز می‌دادند سعی شد با تحلیل فرکانس- شدت نسبت به تبیین الگوهای احتمالی رخدادهای تصادفی مبادرت شود.

### اندازه‌گیری، مشاهده و محاسبه

مبنای تحلیل این پژوهش، داده‌های یک مرکز پژوهشی در دانشگاه دولتی اوهایو است که موفق به برداشت یک نمونه<sup>۱</sup> از یخ‌های یخچالی واقع در کوهستان‌های تیان‌شان تبت در عرض جغرافیایی ۳۳ شده بود. آنها با استفاده از این نمونه توانستند با ارزیابی نسبت اکسیژن هجده به شانزده، تغییرات دمایی در این محدوده جغرافیایی را از ۷۵۰ هزار سال قبل تاکنون مشخص کنند [۸]. داده‌های به دست آمده از این نمونه استثنایی شامل ۳۹۱ داده اقل و اکثر اخذ شد و با مبنا قرار دادن رقم ۱۴/۵- (نسبت O18/O16) دوره‌های سرد و گرم از یکدیگر تفکیک شدند (شکل‌های ۱ و ۲) [۹].



شکل ۱. فازهای برودتی و طول مدت آنها مستخرج از مغزه یخی تیان‌شان تبت [۹]



شکل ۲. فازهای گرمایی و طول مدت آنها مستخرج از مغزه یخی تیان‌شان تبت [۹]

با توجه به مجموع سال‌هایی که دوره‌های گرم و دوره سرد تلقی شده‌اند، می‌توان به‌طور تلویحی نتیجه گرفت که تغییرات دمایی ۷۵۰ هزار سال گذشته در ۱۹ دوره دمایی سرد و گرم رخ داده است که ۱۰ دوره آن در فاز گرم و ۹ دوره در فاز سرد قرار می‌گیرند. همان‌گونه که در جدول ۱ مشخص شده، استمرار حاکمیت دوره‌های نه‌گانه سرد تنها ۱۳۰ هزار سال و مجموع ده‌گانه دوره‌های گرم ۵۵۰ هزار سال را شامل می‌شود. به‌عبارت دیگر، شاید بتوان مدار اصلی دمایی در این بخش کواترنری (۷۵۰ هزار سال گذشته) را روال گرمایی و مقاطع حاکمیت دوره‌های سرد را شوک‌های بروودی به‌شمار آورد.

جدول ۱. استمرار حاکمیت دوره‌های نه‌گانه سرد و گرم

ردیف	مدت استمرار	فاصله زمانی	O18/O16 میانگین
۱	۵۰۰۰۰	۷۵۰۰۰۰ - ۲۵۰۰۰۰	۱۳/۵۷
۲	۴۵۰۰۰	۲۵۰۰۰۰ - ۲۰۵۰۰۰	۱۶
۳	۱۰۰۰۰۰	۲۰۵۰۰۰ - ۱۰۵۰۰۰	۱۳/۲
۴	۲۵۰۰۰	۱۰۵۰۰۰ - ۸۰۰۰۰	۱۵/۵
۵	۶۰۰۰	۸۰۰۰۰ - ۷۴۰۰۰	۱۳/۳
۶	۱۳۰۰۰	۷۴۰۰۰ - ۶۱۰۰۰	۱۶/۶
۷	۷۰۰۰	۶۱۰۰۰ - ۵۴۰۰۰	۱۳/۶
۸	۷۰۰۰	۵۷۰۰۰ - ۴۷۰۰۰	۱۶/۶
۹	۳۰۰۰	۴۷۰۰۰ - ۴۴۰۰۰	۱۳
۱۰	۲۰۰۰	۴۴۰۰۰ - ۴۲۰۰۰	۱۵/۲
۱۱	۳۰۰۰	۴۲۰۰۰ - ۳۹۰۰۰	۱۲/۲
۱۲	۱۵۰۰۰	۳۹۰۰۰ - ۲۴۰۰۰	۱۵/۶
۱۳	۱۰۰۰۰	۲۴۰۰۰ - ۱۴۰۰۰	۱۳/۵
۱۴	۴۰۰۰	۱۴۰۰۰ - ۱۰۰۰۰	۱۵/۲۴
۱۵	۱۰۰۰	۱۰۰۰۰ - ۹۰۰۰	۱۳/۸
۱۶	۴۰۰	۹۰۰۰ - ۸۶۰۰	۱۵/۱
۱۷	۲۵۰	۸۶۰۰ - ۸۳۵۰	۱۳/۲
۱۸	۳۰	۸۳۵۰ - ۸۳۲۰	۱۵/۵
۱۹	۶۰۰	تا کنون - ۸۳۲۰	۱۳/۴

اگر استمرار دوره‌های سرد و گرم به چنین تعبیری تفسیرپذیر باشد، می‌توان گفت آنچه به‌عنوان دوره‌های سرد رخ داده است یک اتفاق است که جریان اصلی دمای گرمایی را منقطع کرده است. تأثیرات شگرف و ژرف تغییرات این رویدادهای اقلیمی بر محیط گیاهی و جانوری را می‌توان در تحقیقات گودی به‌دست آورد [۱۰]. برای اثبات این موضوع، ضمن مرتب کردن داده‌های استمرار زمانی برحسب سال وقوع، نقاط چرخشی عطف همه تغییرات - چه آنها که در دوره گرم و چه آنها که در دوره سرد رخ داده بودند- شمارش شد (جدول ۲) و سپس مقدار Z محاسبه شد.

جدول ۲. تعداد نقاط عطف چرخشی دوره‌های گرم و سرد

ردیف	مذک استمرار	نقطه عطف	ردیف	مذک استمرار	نقطه عطف	ردیف	مذک استمرار	نقطه عطف	ردیف	مذک استمرار	نقطه عطف
۱	۳۳۱۱/۲۸	۱۰۱	۷۶	۰/۸۱۶۴۹۵	۲۰۱	۱۲۹	۴۴۹/۷۶۹۱	۳۰۱	۶/۹۹۵۹۶۴	۱۹۲	
۲	۷۷۸۵/۵۳۴	۱۰۲		۱۰۶۱/۷۷۳	۲۰۲	۱۳۰	۳۲۴/۸۲۲	۳۰۲	۱/۱۶۸۰۲۵	۱۹۳	
۳	۵۴۷۳/۶۲۵	۱	۷۷	۲۰۳۵/۰۷۳	۲۰۳	۱۳۱	۳۷۴/۸۰۳۴	۳۰۳	۲۲/۰۳۱۹۷	۱۹۴	
۴	۸۴۰۰/۲۲۴	۱۰۴		۱۳۲۷/۲۳۹	۲۰۴		۱۹۹/۸۸۷۵	۳۰۴	۰/۱۲۸۱۸۴	۱۹۵	
۵	۱۱۴۸۸/۵۷	۲	۷۸	۷۹۶/۳۵۲۴	۲۰۵		۱۷۴/۹۱۵۹	۳۰۵	۳۲/۶۵۶۵۵	۱۹۶	
۶	۶۱۶۸/۹۷	۳	۷۹	۸۸۴/۸۲۶	۲۰۶		۱۷۴/۹۰۳۲	۳۰۶	۱/۱۶۶۲	۱۹۷	
۷	۸۴۱۶/۰۷۱	۱۰۷		۶۱۹/۳۶۰۳	۲۰۷		۱۷۴/۹۰۳۲	۳۰۷	۳۷/۳۳۱۹۴	۱۹۸	
۸	۱۰۵۰۲/۸۶	۱۰۸		۵۳۰/۸۸۶۶	۲۰۸	۱۳۲	۲۷۴/۸۶۶	۳۰۸	۱۲/۸۲۹۳۸		
۹	۸۰۶۰/۰۵۹	۱۰۹		۵۳۰/۸۸۶۶	۲۰۹	۱۳۳	۲۲۴/۸۷۱۹	۳۰۹	۸/۱۶۴۵۸۱		
۱۰	۱۶۵۳۴/۴۷	۱۱۰	۸۰	۴۴۲/۴۱۳	۲۱۰	۱۳۴	۲۹۹/۸۵۰۳	۳۱۰	۴/۶۶۷۷۹۸	۱۹۹	
۱۱	۶۰۰۶/۰۹۳	۱۱۱		۵۳۰/۹۳۱۵	۲۱۱	۱۳۵	۹۹/۹۳۷۴۳	۳۱۱	۶/۹۹۷۷۸۹		
۱۲	۶۰۰۶/۳۷۲	۱۱۲		۳۵۳/۸۹۴۵	۲۱۲	۱۳۶	۳۹۹/۸۸۷۷	۳۱۲	۸/۱۶۴۵۸۱		
۱۳	۲۶۷۵/۱۴۴	۱۱۳	۸۱	۷۹۶/۳۵۲۴	۲۱۳	۱۳۷	۱۹۹/۹۰۰۲	۳۱۳	۱۲/۸۲۹۳۸	۲۰۰	
۱۴	۹۹۳۷/۴۳۶	۱۱۴	۸۲	۳۵۳/۹۳۹۴	۲۱۴	۱۳۸	۲۴۸/۵۴۳۶	۳۱۴	۹/۳۳۰۱۸۹		
۱۵	۴۶۴۷/۶۰۴	۱۱۵		۶۱۹/۳۶۰۳	۲۱۵		۱۱۴/۲۶۸۶	۳۱۵	۸/۱۶۴۵۸۱	۲۰۱	
۱۶	۱۹۳۱۶/۲۹	۱۱۶	۸۳	۱۹۴۶/۵۹۹	۲۱۶		۹۱/۴۱۷۲	۳۱۶	۱۱/۶۶۳۱۸	۲۰۲	
۱۷	۱۹۱۳۵/۴۳	۱۱۷	۸۴	۷۹۶/۳۵۲۴	۲۱۷		۷۹/۹۸۵۷	۳۱۷	۶/۹۹۷۷۸۹	۲۰۳	
۱۸	۱۹۳۳۲/۹۵	۱۱۸	۸۵	۲۴۷۷/۴۸۶	۲۱۸	۱۳۹	۵۷/۱۳۴۳	۳۱۸	۱۳/۹۹۵۵۸	۲۰۴	
۱۹	۹۸۳۷/۲۴۹	۱۱۹		۷۰۷/۳۷۸۸	۲۱۹		۶۸/۵۶	۳۱۹	۱۰/۴۹۶۹۸		
۲۰	۱۲۸۶۵/۳۷	۱۲۰	۸۶	۳۵۳/۹۳۹۴	۲۲۰	۱۴۰	۱۸۲/۸۲۸۶	۳۲۰	۰/۵۲۴۷۶۵	۲۰۵	
۲۱	۱۳۶۵۲/۹۵	۱۲۱	۸۷	۲۲۱/۷۳	۲۲۱		۹۱/۴۱۷۲	۳۲۱	۳/۸۶۴۴۳	۲۰۶	
۲۲	۵۸۹۶/۵۰۱	۱۲۲		۵۳/۶۴۶۳۴	۲۲۲	۱۴۱	۶۸/۵۶	۳۲۲	۵/۷۹۳۰۹۶	۲۰۷	
۲۳	۱۱۳۴۰/۴۲	۱۲۳	۸۸	۵۸۹/۸۶۴۹	۲۲۳		۷۹/۹۸۵۷	۳۲۳	۵/۲۶۶۵		
۲۴	۱۹۰۲/۷۹۷	۱۲۴	۸۹	۳۲۱/۷۴۲	۲۲۴		۷۹/۹۹۱۵	۳۲۴	۴/۲۱۳۳۰۷	۲۰۸	
۲۵	۸۷۰۴/۶۰۱	۱۲۵	۹۰	۵۸۹/۸۶۴۹	۲۲۵		۱۰۲/۸۳۷۱	۳۲۵	۴/۲۱۳۰۴		

ادامه جدول ۲. تعداد نقاط عطف چرخشی دوره‌های گرم و سرد

۲۰۹	۵/۷۹۳۰۹۶	۲۲۶	۱۴۲	۱۱۴/۲۶۸۶	۲۲۶	۹۱	۴۲۹/۰۷۵	۱۲۶	۲۱	۴۵۳/۶۱۴	۲۶
۲۱۰	۳/۱۵۹۸۴۷	۲۲۷	۱۴۳	۵۷/۱۳۴۳	۲۲۷	۹۲	۱۳۴/۰۵۸۷	۱۲۷	۲۲	۱۲۶۹/۳	۲۷
۲۱۱	۴/۷۳۹۹۰۳	۲۲۸		۷۹/۹۸۵۷	۲۲۸	۹۳	۱۵۰/۱۴۹۹	۱۲۸		۸۷۴۲/۰۴۷	۲۸
۲۱۲	۱/۵۸۰۰۰۵۷	۲۲۹	۱۴۴	۱۴۸/۵۵۱۵	۲۲۹		۱۵۰/۱۴۷۲	۱۲۹		۸۴۹۲/۹۸۸	۲۹
	۲/۶۳۳۲۵	۲۳۰	۱۴۵	۱۱/۴۲۵۷	۲۳۰	۹۴	۵۲۶/۲۴۵۷	۱۳۰	۲۳	۷۲۷۱/۶۵۱	۳۰
	۴/۲۱۳۰۴	۲۳۱	۱۴۶	۱۰۲/۸۴۲۹	۲۳۱	۹۵	۲۶۸/۱۲۲۹	۱۳۱	۲۴	۷۳۱۳/۳۹	۳۱
	۶/۸۴۶۴۵۷	۲۳۲	۱۴۷	۶۸/۵۶	۲۳۲		۷۵۰/۷۲۳۳	۱۳۲	۲۵	۵۹۲۹/۸۲۵	۳۲
۲۱۳	۷/۸۹۹۴۸۳	۲۳۳	۱۴۸	۳۶۵/۶۵۷۲	۲۳۳		۱۱۷۹/۸۵۷	۱۳۳	۲۶	۱۷۹۳۶/۷۳	۳۳
۲۱۴	۱/۰۰۵۳۴۶	۲۳۴		۱۳۷/۱۲	۲۳۴	۹۶	۱۵۵۵/۰۹۱	۱۳۴	۲۷	۷۹۱۹/۰۶۴	۳۴
	۴/۷۳۹۹۰۳	۲۳۵	۱۴۹	۴۵/۷۰۸۶	۲۳۵		۱۳۴/۰۵۸۷	۱۳۵		۶۶۶۶/۰۹۳	۳۵
۲۱۵	۸/۹۵۲۹۶۳	۲۳۶		۱۵۹/۹۷۷۲	۲۳۶	۹۷	۳۲۱/۷۴۲	۱۳۶	۲۸	۵۳۱۵/۸۵۳	۳۶
	۶/۳۱۹۶۹۳	۲۳۷	۱۵۰	۱۷۱/۴۰۲۹	۲۳۷	۹۸	۱۰۰۱۸/۸۷۲	۱۳۷	۲۹	۱۹۸۷۶/۵۹	۳۷
	۳/۶۸۶۴۴۳	۲۳۸	۱۵۱	۹۱/۴۱۱۴	۲۳۸		۳۷۵/۳۶۱	۱۳۸		۱۲۹۱۶/۰۸	۳۸
	۲/۶۳۳۲۵	۲۳۹	۱۵۲	۱۰۲/۸۴۲۹	۲۳۹		۳۲۱/۷۴۲	۱۳۹	۳۰	۹۶۲۴/۴۸۳	۳۹
	۲/۶۳۳۲۵	۲۴۰		۶۸/۵۶	۲۴۰		۲۶۸/۱۲۲۹	۱۴۰	۳۱	۱۴۹۷۰/۰۰۴	۴۰
۲۱۶	۹/۴۷۹۸۰۷	۲۴۱	۱۵۳	۴۵/۷۰۸۶	۲۴۱		۲۶۸/۱۲۲۹	۱۴۱	۳۲	۷۵۷۰/۶۳۳	۴۱
	۶/۸۴۶۲۹	۲۴۲		۷۹/۹۸۵۷	۲۴۲	۹۹	۷۵۰/۷۴۹۵	۱۴۲		۱۰۰۰۸۶/۹۱	۴۲
	۶/۳۱۹۹۶	۲۴۳	۱۵۴	۹۱/۴۱۷۲	۲۴۳	۱۰۰	۵۳۶/۹۱۲۳	۱۴۳	۳۳	۲۱۷۳۵/۱۷	۴۳
	۳/۶۸۶۴۴۳	۲۴۴	۱۵۵	۵۷/۱۳۴۳	۲۴۴	۱۰۱	۸۵۷/۹۸۷۸	۱۴۴		۶۰۱۲/۵۳۴	۴۴
۲۱۷	۰/۵۲۶۵۷	۲۴۵		۶۸/۵۶	۲۴۵	۱۰۲	۵۳۶/۲۴۵۷	۱۴۵		۵۹۲۰/۶۲۸	۴۵
	۳/۱۵۹۸۴۷	۲۴۶	۱۵۶	۱۰۲/۸۳۷۱	۲۴۶	۱۰۳	۶۹۷/۱۳۰۳	۱۴۶	۳۴	۴۸۰۰/۰۰۴۸	۴۶
۲۱۸	۵/۷۹۳۰۹۶	۲۴۷	۱۵۷	۵۷/۱۳۴۳	۲۴۷	۱۰۴	۴۸۲/۵۹۹	۱۴۷		۵۸۰۷/۳۴۹	۴۷
۲۱۹	۳/۶۸۶۷۱	۲۴۸		۷۹/۹۹۱۵	۲۴۸		۵۳۶/۲۴۵۷	۱۴۸	۳۵	۱۰۵۸۸/۹۲	۴۸
۲۲۰	۲/۶۳۳۲۵	۲۴۹	۱۵۸	۳۴/۷۴۰۹	۲۴۹		۸۰۴/۳۶۸۶	۱۴۹	۳۶	۷۳۱۰/۹۳۶	۴۹
۲۲۱	۳/۶۸۶۴۴۳	۲۵۰	۱۵۹	۱/۰۵۹۱۱۳	۲۵۰	۱۰۵	۸۴۸/۰۵۳۱	۱۵۰	۳۷	۱۵۸۸۶/۱۳	۵۰
	۳/۱۵۹۸۴۷	۲۵۱		۷۹/۹۹۱۵	۲۵۱	۱۰۶	۱	۱۵۱	۳۸	۱۳۵۰/۹۰۷	۵۱
۲۲۲	۲/۶۳۳۲۵	۲۵۲	۱۶۰	۱۶۱/۱۱۳۵	۲۵۲	۱۰۷	۷/۹	۱۵۲	۳۹	۱۵۱۴۷/۲۴	۵۲
۲۲۳	۱۰/۵۳۱۴۷	۲۵۳		۱۰/۴۹۶۹۸	۲۵۳		۰/۵	۱۵۳	۴۰	۱۱۹۳۳/۹	۵۳
۲۲۴	۲/۲۱۴۹۷۳	۲۵۴	۱۶۱	۵۸۳/۱۵۹	۲۵۴	۱۰۸	۰/۲	۱۵۴	۴۱	۱۳۲۵۹/۹۷	۵۴
۲۲۵	۴/۴۳۰۰۰۷	۲۵۵		۱۱/۶۶۳۱۸	۲۵۵		۰/۴	۱۵۵	۴۲	۶۶۲۹/۸۷	۵۵
	۲/۸۴۷۷۷۷	۲۵۶		۱۵/۱۶۱۷۸	۲۵۶	۱۰۹	۴۲۸	۱۵۶	۴۳	۱۱۹۳۳/۹	۵۶
	۲/۵۳۱۵۲۶	۲۵۷		۱۷/۴۹۴۷۷	۲۵۷	۱۱۰	۰/۹۴۲۱۳۹	۱۵۷	۴۴	۷۲۹۲/۹۶۱	۵۷
۲۲۶	۱/۵۸۲۱۷	۲۵۸	۱۶۲	۲۲/۱۶۰۰۱۶	۲۵۸		۳۷۵/۳۶۱۱	۱۵۸	۴۵	۷۹۵۵/۹۳۶	۵۸
۲۲۷	۲/۱۹۷۴۲۹	۲۵۹		۱۵/۱۶۱۷۸	۲۵۹		۴۲۹/۰۰۷۵	۱۵۹	۴۶	۵۹۶۶/۸۹۴	۵۹
۲۲۸	۰/۰۱۷۵۴۴	۲۶۰		۹/۳۳۰۷۸	۲۶۰	۱۱۱	۵۳۶/۲۱۸۵	۱۶۰	۴۷	۷۲۹۲/۹۶۱	۶۰
	۱/۸۹۸۵۷۱	۲۶۱	۱۶۳	۵۸۳/۱۵۹	۲۶۱	۱۱۲	۳۷۵/۳۸۸۳	۱۶۱	۴۸	۵۳۰۲/۹۱۹	۶۱
	۲/۲۱۵۱۳۴	۲۶۲	۱۶۴	۱۵/۱۶۱۷۸	۲۶۲	۱۱۳	۵۸۹/۸۶۴۹	۱۶۲		۷۲۹۲/۹۶۱	۶۲
۲۲۹	۵/۶۹۵۷۱۴	۲۶۳	۱۶۵	۴/۶۶۵۳۹	۲۶۳	۱۱۴	۳۷۵/۳۶۱۱	۱۶۳	۴۹	۱۵۹۱۱/۸۷	۶۳
	۳/۱۶۴۳۳۹	۲۶۴	۱۶۶	۱۵/۱۶۲۳۷	۲۶۴	۱۱۵	۳۷۵/۳۸۸۳	۱۶۴	۵۰	۷۲۹۲/۹۶۱	۶۴
۲۳۰	۰/۶۳۳۸۰۴	۲۶۵		۸/۱۶۳۹۸۹	۲۶۵		۳۷۵/۳۶۱۱	۱۶۵	۵۱	۱۶۵۷۴/۸۵	۶۵

ادامه جدول ۲. تعداد نقاط عطف چرخشی دوره‌های گرم و سرد

۲۳۱	۳/۸۹۷۳۰۳	۳۶۶	۶/۹۹۷۷۸۹	۲۶۶	۱۱۶	۲۶۸/۱۲۲۹	۱۶۶	۱۰۱۷۳/۲۲	۶۶
	۱/۸۹۸۵۷۱	۳۶۷	۴/۶۶۵۳۹	۲۶۷	۱۱۷	۸۵۷/۹۸۷۸	۱۶۷	۱۲۳۸/۷۶۵	۶۷
۲۳۲	-۰/۳۱۶۴۰۲	۳۶۸	۹/۳۳۰۱۸۹	۲۶۸		۳۲۱/۷۴۲	۱۶۸	۷۰۷/۸۳۳۹	۶۸
	۱/۸۹۸۵۷۱	۳۶۹	۵/۸۳۱۵۹	۲۶۹	۱۱۸	۲۱۴/۵۰۳۷	۱۶۹	۵۳-۵۳/۸۸۶۶	۶۹
	۱/۸۹۸۵۷۱	۳۷۰	۸/۱۶۴۵۸۱	۲۷۰		۳۲۱/۷۴۲	۱۷۰	۹۷۳/۲۹۹۶	۷۰
۲۳۳	۶/۳۲۸۶۷۸	۳۷۱	۱۰/۴۹۶۳۹	۲۷۱		۶۴۳/۴۸۴	۱۷۱	۷۰۷/۸۷۸۸	۷۱
۲۳۴	۴/۱۱۳۷۰۵	۳۷۲	۲/۳۳۲۹۹۱	۲۷۲	۱۱۹	۸۵۷/۹۸۷۸	۱۷۲	۹۷۳/۲۹۹۶	۷۲
۲۳۵	۵۰۰۶۲۹۱۱	۳۷۳	۱۰/۴۹۶۳۹	۲۷۳		۶۴۳/۵۱۱۲	۱۷۳	۷۰۷/۸۷۸۸	۷۳
	۲/۳۱۶۹۷۳	۳۷۴	۵/۸۳۱۵۹	۲۷۴		۵۳۶/۲۱۸۵	۱۷۴	۵۳-۵۳/۸۸۶۶	۷۴
۲۳۶	۱/۵۸۲۱۷	۳۷۵	۱/۱۶۶۷۹۱	۲۷۵		۳۲۱/۷۶۹۲	۱۷۵	۱/۹۴۲۸۹۲	۷۵
۲۳۷	۳/۱۶۴۳۳۹	۳۷۶	۸/۱۶۳۹۸۹	۲۷۶	۱۲۰	۲۶۸/۱۲۲۹	۱۷۶	۱۴-۳	۷۶
	۱/۸۹۸۵۷۱	۳۷۷	۱۷/۴۹۶۷۷	۲۷۷		۴۲۸/۹۸۰۳	۱۷۷	۹۹/۲۴۳۳۹	۷۷
۲۳۸	۱/۵۸۲۱۷	۳۷۸	۱۹/۸۲۷۱۷	۲۷۸	۱۲۱	۵۳۶/۹۱۳	۱۷۸	۱۲۳۷/۷۵۷	۷۸
۲۳۹	۵/۶۹۵۷۱۴	۳۷۹	۱۰/۴۹۶۹۸	۲۷۹	۱۲۲	۲۹۹/۸۲۸۷	۱۷۹	۱/۰-۸۸۰۱	۷۹
	۲/۳۱۵۱۳۴	۳۸۰	۵/۸۳۱۵۹	۲۸۰		۴۸۳/۸۱۷۲	۱۸۰	۹۷۲/۹۹۱۲	۸۰
۲۴۰	۱/۵۸۲۱۷	۳۸۱	۱۶/۳۲۷۹۸	۲۸۱	۱۲۳	۱۲۳۶/۴۸۸	۱۸۱	-۰/۳-۸۴۴۹	۸۱
۲۴۱	۳/۱۶۴۳۳۹	۳۸۲	۱۱/۶۶۳۱۸	۲۸۲	۱۲۴	۵۳۷/۵۹۸۹	۱۸۲	۱۵۹۱/۶۹۲	۸۲
۲۴۲	۲/۸۴۷۷۷۷	۳۸۳	۱۷/۴۹۶۷۷	۲۸۳		۶۴۵/۱۰۷۸	۱۸۳	-۰/۹۶۸۳۵۷	۸۳
۲۴۳	۴/۱۱۳۷۰۵	۳۸۴	۱۶/۳۲۸۵۷	۲۸۴	۱۲۵	۱۶۱۲/۷۹۷	۱۸۴	۱۰۶۲/۰۲۳	۸۴
۲۴۴	-۰/۹۴۹۲۰۵	۳۸۵	۸/۱۶۳۹۸۹	۲۸۵		۵۹۱/۳۵۳۴	۱۸۵	۱	۸۵
	۳/۱۶۴۳۳۹	۳۸۶	۹/۳۳۰۷۸	۲۸۶		۴۳۰/۰۶۲۸	۱۸۶	۱۷۶۸	۸۶
۲۴۵	۳/۴۸۰۷۴۱	۳۸۷	۸/۱۶۳۹۸۹	۲۸۷	۱۲۶	۳۲۲/۵۵۳۹	۱۸۷	-۰/۳۹۳۶۷۵	۸۷
	۱/۸۹۸۵۷۱	۳۸۸	۲۶/۸۲۴۹۶	۲۸۸		۱۰۷۵/۱۹۸	۱۸۸	۳۶۳۷/۶۰۶	۸۸
	۱/۵۸۲۱۷	۳۸۹	۸/۱۶۴۵۸۱	۲۸۹	۱۲۷	۱۱۸۲/۷۰۷	۱۸۹	-۰/۱۷۱۳۹۲	۸۹
	-۰/۹۲۵۰۹۲	۳۹۰	۱۲/۸۲۹۳۸	۲۹۰		۵۹۱/۳۵۳۴	۱۹۰	۱۷۶۸/۸۲۹	۹۰
			۹/۳۳۰۱۸۹	۲۹۱		۴۸۳/۸۴۴۵	۱۹۱	-۰/۸۲۳۳۷	۹۱
			۱۱/۶۶۳۱۸	۲۹۲		۱۰۷۵۰۸۹	۱۹۲	۶۱۹/۳۶۰۳	۹۲
			۸/۱۶۳۹۸۹	۲۹۳		۵۳۷/۸۱۷۱	۱۹۳	۹۷۳/۲۹۹۶	۹۳
			۶/۹۹۸۳۸۱	۲۹۴		۴۸۳/۸۱۷۲	۱۹۴	۱۱۵۰/۲۹۲	۹۴
			۹/۳۳۰۱۸۹	۲۹۵		۳۸۴/۶۵۹۸	۱۹۵	۱۰۶۱/۷۷۳	۹۵
			۱۳/۹۹۵۵۸	۲۹۶		۱۲۴/۹۳۴۵	۱۹۶	۱۰۶۱/۷۷۳	۹۶
			۱۹/۸۲۷۱۷	۲۹۷		۳۲۴/۸۲۲	۱۹۷	۲۱۲۳/۵۹۱	۹۷
			۱۳/۹۹۵۵۸	۲۹۸	۱۲۸	۱۹۹/۹۰۰۲	۱۹۸	۱۲۳۸/۷۶۵	۹۸
			۱۵/۳۲۴۵۳	۲۹۹		۲۴۹/۸۶۸۹	۱۹۹	۱۹۴۶/۵۹۹	۹۹
			۱/۰۰۴۰۳۶	۳۰۰		۳۴۹/۸۰۶۴	۲۰۰	۲۲۹۹/۷۲۲	۱۰۰

## بحث

همان‌گونه که در جدول دیده می‌شود از ۳۹۰ داده ثبت‌شده (N) ۲۴۵ چرخش عطف



(P) حاصل آمده که با محاسبه مقادیر Ep و  $\text{var}(p)$  نسبت به محاسبه Z اقدام شد و رقم  $1/63$ - برای آن به دست آمد [۱۱].

$$EP = 2(N - 2) / 3 \quad (1)$$

Ep = نقاط عطف مورد انتظار

$$EP = 2(390 - 2) / 3 = 258 / 66 \quad \text{نقاط عطف} = P$$

N = تعداد نقاط داده‌ها

$$\begin{aligned} \text{var}(p) &= (16N - 29) / 90 && \text{واریانس نقاط عطف} \\ \text{var}(p) &= [(16 * 390) - 29] / 90 = 69 / 0.1 && (2) \\ \text{var}(p) &= 69 / 0.1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= (P - Ep) / \text{var}(p)^{0.5} \\ Z &= (245 - 258 / 6) / 69 / 0.1^{0.5} && (3) \\ Z &= -1 / 64 \end{aligned}$$

این رقم به خوبی نشان می‌دهد که مجموع داده‌های استمرار زمانی دوره‌های گرم و سرد از ۷۵۰ هزار سال پیش به این طرف فاقد روند است و در نتیجه می‌توان آنها را تصادفی تلقی کرد که در روال عمومی گرمای زمین رخنه کرده‌اند.

این حقیقت بر نکته مهم دیگری تأکید دارد که اگرچه رخداد‌های بروندی از نظر استمرار زمانی بسیار اندک بوده‌اند، مانند هر رخداد تصادفی دیگر آثار عمیقی از خود برجا گذارده‌اند و تأثیرات آنها بر فرم‌ها و فرایندها به مراتب عمیق‌تر از فرایندهای مستمر و معمول شکل‌زا بوده است، به طوری که بسیاری از ژئومورفولوژیست‌ها، تغییرات چهره پوسته زمین را بیشتر ناشی از بروز چنین حوادثی دانسته‌اند [۱۲].

اکنون با مشخص شدن تصادفی بودن دوره‌های بروندی می‌توان براساس مدل زمان رخدادی و با تمسک به تکنیک فرکانس-شدت نسبت به تحلیل الگوهای وقوع داده‌های تصادفی اقدام کرد.

به طور کلی مدل‌های تاریخی به زبان ریاضی تابعی از زمان‌اند و مقدار آنها را به صورت رابطه زیر نشان می‌دهند:

$$c = aT \wedge b \quad (4)$$

در تابع بالا،  $C$  میزان تغییر؛ و  $T$  زمان است.  $a$  و  $b$  نیز ضرایبی‌اند که از برابند عوامل طبیعی تأثیرگذار بر تغییر برآورد شده‌اند. ویژگی تابع بالا آن است که می‌توان به کمترین مقدار تغییر در واحدی از زمان دست یافت. به عبارت دیگر اگر به اندازه  $\Delta$  تغییر در زمان  $T$  به وجود آید، می‌توان گفت نسبت این دو یعنی  $\Delta C/\Delta T$  می‌تواند برابر صفر یا بیشتر یا کمتر باشد و هر کدام از این حالت‌ها بیانگر مفهومی خاص در مدل‌های تاریخی است. اما حوادث تصادفی و کاتاستروف را می‌توان با توابع زمانی نشان داد، از این رو تکنیکی که برای بیان آنها پیشنهاد شده کاملاً متفاوت است. در مدل‌های فرایندی، به زبان ریاضی، رخداد، تابعی از تواتر و شدت است. به عبارت دیگر از نظر ریاضی کاتاستروفیست‌ها معتقدند فرکانس رخدادهای طبیعی با بزرگی آنها نسبت عکس دارد. این عقیده را می‌توان به صورت جبری به صورت زیر بیان داشت:

$$M = a.f \quad (5)$$

همان‌گونه که دیده می‌شود در این معادله برخلاف رابطه ۴ زمان حذف شده و  $M$  (بزرگی)،  $f$  (فرکانس بروز پدیده) و  $a$  که یک ضریب کوچک‌تر از یک است جایگزین می‌شود [۱۳]. در تحلیل رخدادهای تصادفی یا مستقل از زمان سعی می‌شود به جای برقراری رابطه بین وقوع یک پدیده و زمان، بین خصوصیات متعدد یک پدیده رابطه برقرار شود و در تحلیل مخاطرات طبیعی این کار بین شدت رخداد و فرکانس وقوع انجام می‌گیرد. اکنون این سؤال مهم نیز مطرح است که آیا رخدادهای کوچک و بزرگ دارای اهمیت یکسان‌اند و در ایجاد تغییر، کدام یک از آنها اهمیت بیشتری دارد؟

همه این پرسش‌ها در دستگاه فرایندی پاسخ‌های آماری و ریاضی منطقی دارد، از این رو آشنایی با این روش‌ها می‌تواند زوایای گوناگونی از پدیده‌های اتفاقی را معلوم کند. والمن و میلر [۱۴] در تحقیقات خود رابطه بین شدت یک رخداد و تأثیراتی را که می‌تواند بر محیط بگذارد به دست آوردند و ثابت کردند که دست‌کم ۵۰ درصد تغییرات در یک حادثه به وسیله رخدادی به وجود می‌آید که یک بار در سال روی داده باشد و به عبارت دیگر، بزرگی آن معادل رخداد حد سالانه باشد. برای مثال اگر در منطقه‌ای سیل خیز دبی‌های سیلابی ثبت شده در طول یک سال به قرار ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۴، ۸، ۲، ۱۵، ۱۲ و ۱۸ متر مکعب در ثانیه باشد و بدانیم که طی هر سال به طور متوسط ۱۲۰۰ تن رسوب توسط جریانات سیلابی حمل شده‌اند، می‌توان گفت دست‌کم ۵۰ درصد رسوب حمل شده توسط دبی ۲۵ متر مکعب در ثانیه صورت گرفته، زیرا این دبی بیشترین دبی رخ داده با تواتر یک در طول سال است. این مفهوم را می‌توان در معادله زیر خلاصه کرد:

$$\% \sum s = \{f \times S_x \div \sum S\} * 100 \quad (6)$$

در همین مثال دبی ۸ متر مکعب در ثانیه دارای فرکانس ۷ است و مجموع رسوبی که توسط این سیلاب حمل شده است، براساس رابطه بالا برابر ۴/۶۷ درصد کل رسوبات حمل شده توسط جریان‌های سیلابی دیگر خواهد بود.

$$(8 \times 7) / 1200 \times 100 = 4.67\%$$

این مفهوم را می‌توان حتی برای برآورد خسارات هر واقعه نیز به کار گرفت و به این ترتیب می‌توان به الگویی از پیش‌بینی مشروط دست یافت. در واقع این دو دانشمند ثابت کردند که پدیده‌هایی با بزرگی متوسط، فرکانسی متوسط هم دارند.

بنابراین کاتاستروفیست‌ها در تحلیل‌های ژئومورفولوژیک به بزرگی یا شدت<sup>۱</sup> و فرکانس<sup>۲</sup> رخدادها تأکید دارند و تغییر را تابع بزرگی و فرکانس رخدادهای طبیعی می‌دانند و نه تابعی از زمان. این موضوع در تحلیل ساختارهای عمومی در ژئومورفولوژی اهمیت فراوانی دارد، زیرا می‌توان همواره بر این سؤال تأکید داشت که چشم‌اندازهای طبیعی که برای مثال در ایران با آنها مواجهیم، نتیجه فرایندی مستمر و جاری است یا آنچه ما به‌عنوان منظر عمومی با آن روبه‌رو هستیم ناشی از رخدادهای کاتاستروف است. اگرچه می‌توان این قاعده را برای کل چشم‌اندازهای ژئومرفیک ایران صادق دانست، می‌توان ادعا کرد که بسیاری از مناطق ایران مناظر خود را از حوادث کاتاستروف به میراث برده‌اند.

به‌طور خلاصه می‌توان نتیجه گرفت که در صورتی که حوادث مخاطره‌آمیز را تصادفی فرض کنیم، مبنای کلی کار تحلیل‌ها، رابطه بین فرکانس و شدت خواهد بود و البته نباید این نکته را نیز فراموش کرد که برای تعیین الگوهای رابطه‌ای بین این دو متغیر که ویژگی تصادفی بودن پدیده‌ها را بیان می‌دارد می‌توان از پیچیدگی‌های متعدد آماری بهره گرفت.

شایان یادآوری است که برای محاسبه احتمال وقوع هر رخدادی باید از فرمول ۵ استفاده کرد:

$$P = 1 - e^{-y} - e^{-x} \quad (7)$$

p احتمال وقوع هر رویداد و y ضریبی است که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Y = (x - x + \% 45 * s) / 779vs \quad (8)$$

در اینجا x رقوم شدت رویداد؛ x میانگین شدت‌های ثبت‌شده؛ و s انحراف معیار شدت‌های

1. Magnitud
2. Frequency

ثبت شده است. بدیهی است که ترفندهای متعدد دیگر آماری نیز برای تعیین رابطه بین شدت و فرکانس وجود دارد که هر کدام برحسب موضوع و نوع رخداد مخاطره، می تواند به کار گرفته شود. دیگر نمونه بارز این روابط را می توان در به کارگیری نمونه برداری تصادفی از قلوها یا گاله های رودخانه ای مشاهده کرد که در ژئومورفولوژی به Brownian walks شهرت دارد [۱۵]. به طور معمول برای تحلیل رسوبات قلوهای از یک مسیر رودخانه ای، مقطعی انتخاب می شود و فردی با مستقر شدن در بستر رودخانه کار را آغاز می کند. او ابتدا یک گام به سمت راست برمی دارد و قلوهای را انتخاب و برداشت می کند؛ برای برداشتن گام دوم با پرتاب سکه، شیر یا خط می کند؛ اگر شیر آمد به سمت چپ و اگر خط آمد به سمت راست گام برمی دارد و سپس، قلو دیگری را انتخاب می کند. این کار ادامه می یابد تا نمونه های مورد نظر فراهم آید. نکته مورد نظر، اتفاقی بودن انتخاب قلوهاست. حال می توان رابطه فاصله گرفتن گام ها و تعداد گام ها را به صورت معادله ای بیان داشت. براساس تجارب عملی می توان گفت افزایش فاصله گام ها به نسبت ریشه دوم تعداد گام ها بستگی دارد [۱۶]. همین حالت در مورد زلزله ها و شدت آنها نیز صادق است. گوتنبرگ و ریشتر براساس کارهای تجربی متعدد اثبات کردند که رابطه بین فرکانس زلزله ها و شدت آنها، رابطه ای توانی است [۱۷].

### نتیجه گیری

رویدادهایی که به عنوان مخاطرات محیطی مطرح می شوند، اگرچه از نظر ماهیتی با رخدادهای مشابه متداول تفاوتی ندارند، شدت وقوع و الگوی تکرار آنها، عامل اصلی در افتراق و تفاوت آنها با رویدادهای متداول و رایج است. از جمله ویژگی های این پدیده ها، غیرمنتظره بودن آنها و آسیب زندگی و خطر آنها برای تجربه کنندگان است که سبب می شود آنها را مخاطره بنامیم. پدیده های مخاطره آمیز، تصادفی تلقی می شوند و روش تحلیل آنها با رویدادهای متداول و رایج کاملاً متفاوت است. از جمله روش های تحلیل این پدیده ها روش های تحلیل آماری است که ابتدا تصادفی بودن آنها با روش چرخشی عطف یا آزمون همگنی مشخص شده و سپس، با تکنیک تحلیل شدت- فرکانس، الگوی رخداد، تعیین می شود. بدیهی است مخاطره شناسی و چنین تحلیل هایی در حوزه این دانش می تواند قابلیت اطمینان تصمیم گیران به رضایت بخش بودن اقدام ها و رفتارها را در برابر این گونه حوادث ارتقا دهد [۱۸].

### تقدیر و تشکر

از حمایت پژوهشکده شاخص پژوه از این طرح پژوهشی سپاسگزاری می شود.

## منابع

- [۱]. قیومی محمدی، حمیدرضا (۱۳۸۳). فضا و نگرش فضایی در مطالعات خاک و ژئومورفولوژی (مطالعه موردی) سراب حوضه آبی زاینده‌رود، دانشگاه اصفهان: ۵.
- [۲]. سپهر، عادل (۱۳۹۳). ژئوسیستم‌های نامتعادل - تحلیل قوانین لیاپانوف در شکل‌گیری الگوها (نوآوری در حوزه دانش ژئومورفولوژی)، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی سال بیست‌وپنجم، شماره پیاپی: ۶۴-۵۳.
- [3]. Kennedy, Barbara, (1992), Hutton to Horton: views of sequence, progression and equilibrium in Geomorphology. P 235.
- [4]. Hart, M.G., (1986), Geomorphology Pure and Applied, George Allen & Unwin, p200.
- [5]. Miller, J.P. & Wolman, M.G. (1960), magnitude and frequency of forces in geomorphic process. p.54-74.
- [6]. Gardner, J.S., (1980). Frequency, magnitude, and spatial distribution of mountain rock falls and rockslides in the highwood pass area, Alberta Canada P95-276.
- [7]. Turcotte, D., (1997), Fractals and chaos in geology and geophysics, second edition, Cambridge university press, p2.
- [8]. Supplee, Curt (1998) untangling the science of climate National geographic, p44-63.
- [۹]. محمودی، طیب (۱۳۹۳). هویت آینه‌ای ایران، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی سال بیست‌وپنجم، شماره پیاپی ۷۹ - ۵۳.
- [10]. Goudi, A. 1992: Environmental change. Oxford University Press.
- [۱۱]. علیزاده، امین (۱۳۸۵). هیدرولوژی کاربردی، دانشگاه امام‌رضا: ۷۰۲-۶۹۶.
- [۱۲]. محمودی، فرج‌الله (۱۳۶۷). ژئومورفولوژی اقلیمی، انتشارات دانشگاه تهران: ۳۵۲.
- [13]. Halliday, D. & Resnik, R., (1978), Physics part I and II (New York: John Wiley & Sons), p827.
- [14]. Miller, J.P. & Wolman, M.G. (1960), magnitude and frequency of forces in geomorphic process. p.54-74.
- [15]. Turcotte, D., (1997), Fractals and chaos in geology and geophysics, second edition, Cambridge university press, p2.
- [16]. Thorne, Colin (1988), Geomorphology an introduction to theoretical, Boston university human, p 52-77.
- [17]. Gutenberg & Richter (1954) frequency and energy of earthquakes, p17-19.
- [۱۸]. مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۳). دانش مخاطرات، دانشگاه تهران: ۱۳.