

جغرافیا و توسعه شماره ۳۳ زمستان ۱۳۹۲

وصول مقاله : ۱۳۹۰/۱۲/۲۰

تأیید نهایی : ۱۳۹۱/۹/۱۴

صفحات : ۱۳۸ - ۱۳۱

## بررسی لرزه‌خیزی و نشانه‌های دال بر فعالیت‌های آتشفشانی در منطقه‌ی آتشفشانی تفتان

بهار رضائی نهال<sup>۱</sup>، دکتر مهدی زارع<sup>۲</sup>، دکتر منوچهر قرشی<sup>۳</sup>، دکتر رضا نوزعیم<sup>۴</sup>

### چکیده

جهت بررسی فعالیت‌های آتشفشانی تفتان و تبیین ارتباط آن با لرزه‌خیزی منطقه، با در نظر گرفتن کارهای تقریباً مشابه انجام شده با موضوع مورد نظر ما در دنیا، نیاز به بررسی پارامترهای لرزه‌خیزی منطقه در زمان رخداد آتشفشانی و کل بازه زمانی مورد مطالعه وجود دارد. اطلاعات مورد نیاز پس از جمع‌آوری و تدوین کاتالوگ لرزه‌ای و رخداد‌های آتشفشانی تفتان از پایگاه‌ها و مراکز معتبر در دنیا، تلفیق و با کمک فرمول‌های معتبر موجود پارامترهای لرزه‌خیزی منطقه در زمان رخداد هر واقعه آتشفشانی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این مطالعه ضمن تهیه کاتالوگی از فعالیت‌های لرزه‌خیزی و آتشفشانی ثبت شده در منطقه و بررسی پارامترهای لرزه‌خیزی آن سعی در بررسی تأثیر فعالیت‌های کنونی این آتشفشان بر لرزه‌خیزی آن شد. تلفیق اطلاعات به‌دست آمده و نتیجه‌گیری کلی، ناهنجاری خاصی را در مورد این آتشفشان نشان نداد اما تجزیه و تحلیل داده‌های لرزه‌ای موجود از منطقه تفتان، بیانگر رابطه گوتنبرگ-ریشتر به‌صورت  $\log N = -0.3975 M + 2.7489$  می‌باشد که اوج فعالیت‌های لرزه‌ای منطقه تفتان طی سال‌های ۱۹۹۴-۱۹۹۰ بوده است. اطلاعات آتشفشان‌شناسی در منطقه کافی نمی‌باشد با این حال بین فعالیت‌های آتشفشانی سال‌های ۱۹۷۰، ۱۹۰۲ و ۱۹۹۳ با فعالیت‌های لرزه‌ای ارتباط زمانی مشاهده می‌شود. بنابراین با توجه به اهمیت منطقه تفتان از دیدگاه مخاطرات طبیعی و کمبود اطلاعات موجود جهت بررسی‌های لازم، پایش‌های جامع لرزه زمین‌ساختی و آتشفشان‌شناسی در منطقه‌ی تفتان ضروری به نظر می‌رسد. کلیدواژه‌ها: لرزه‌خیزی، آتشفشان، پارامترهای لرزه، تفتان.

baharrezaeinahal@yahoo.com

Mehdi.zare.iran@gmail.com

Ghorashi\_manouchehr@yahoo.com

rezanozaem@yahoo.com

۱- دانشجوی دکتری تکنونیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال (نویسنده مسؤل)

۲- دانشیار زلزله‌شناسی مهندسی، هیات علمی و معاون پژوهشی پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

۳- دکترای تکنونیک و هیات علمی پژوهشکده علوم زمین سازمان زمین‌شناسی

۴- دکترای تکنونیک استادیار زمین‌شناسی، دانشگاه بین‌المللی قزوین

## مقدمه

در حدود ۹۹/۹ درصد از زلزله‌ها، روی گسل‌های موجود و شناخته شده رخ می‌دهند و ۹۸ درصد از فوران‌های آتشفشانی در مناطقی اتفاق می‌افتند که در آنجا آتشفشان‌های قدیمی فعالیت داشته‌اند (قربانی، ۱۳۸۲: ۳۲۷). در اثر فعالیت‌های آتشفشانی خطرات مختلفی متوجه جوامع بشری می‌گردد. با بررسی پیشینه‌ی این فعالیت‌ها متوجه می‌شویم که گاه این خطرات اثرات وسیع و گسترده‌ای بر روی زمین، محیط زیست و زندگی انسان‌ها دارد. البته قابل ذکر است که شرط آنکه آتشفشان‌ها حادثه‌زا باشند باید، فعالیت انفجاری داشته و فوران در مناطق مسکونی باشد. برخی از این خطرات که بر اثر فعالیت‌های آتشفشانی ایجاد می‌شوند عبارتند از جریان گدازه، جریان‌های گلی آتشفشانی، فوران‌ها و خاکسترهای آتشفشانی، پرتاب قطعات و بمب‌های گدازه‌ای، ابرها و بهمن‌های سوزان، باران‌های فوران، فوران در زیر آب دریا، یخچال‌ها و خطرات لرزه‌ای. خطرات لرزه‌ای در مناطق آتشفشانی عموماً با رخداد‌های آتشفشانی همراه می‌باشند و تعامل متقابلی نیز بر یکدیگر دارند که با توجه به آن می‌توان به بررسی اثرات آن‌ها بر یکدیگر و چگونگی این تعامل پرداخت. این بررسی‌ها می‌تواند راه‌گشایی در کشف این روابط و بهره‌برداری مناسب از آن به نفع انسان و محیط زیست آن باشد.

## روش بررسی

در بررسی رابطه‌ی موجود بین فعالیت‌های آتشفشان‌ها و رخداد‌های لرزه‌ای از روش‌های مختلفی استفاده می‌گردد که اکثراً مبتنی بر کشف این روابط با استفاده از بررسی مشاهدات جمع‌آوری شده از تغییرات آتشفشان‌ها و اطلاعات لرزه‌خیزی منطقه می‌باشد که نهایتاً منجر به کشف فرمول نمایانگر این رابطه و عامل

تناسب و همخوانی بین صورت مسأله، اطلاعات جمع‌آوری شده و پاسخ می‌گردد. در این مطالعه اقدام به جمع‌آوری و تدوین کاتالوگی از رخداد‌های لرزه‌ای و نیز نشانه‌های دال بر فعالیت‌های آتشفشانی (نظیر خروج گاز و تغییر رنگ و ترکیب شیمیایی چشمه‌های آبگرم و...) شد. با توجه به کارهای مشابه انجام‌شده‌ی دنیا لمارچ، گراسو و زالیاپین<sup>۱</sup> (۲۰۰۴)، گراسو<sup>۲</sup> (۲۰۰۷)، ام سی نوت<sup>۳</sup> (۲۰۰۵)، سباستین چستین و ای آن جی مین<sup>۴</sup> (۲۰۰۳)، توماس<sup>۵</sup> (۲۰۰۶)، تراورسا پاولو و جین روبرت گراسو<sup>۶</sup> (۲۰۰۶)، والتر، آکوسلا، آکوسلا، نری و آملونگ<sup>۷</sup> (۲۰۰۵)، والتر<sup>۸</sup> (۲۰۰۷)، جونز جونز دوتییر و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۰۷) در این زمینه از لحاظ تشابه تیپ فعالیت‌های آتشفشانی و هدف مورد نظرمان، محاسبات مربوطه جهت بررسی پارامترهای لرزه‌ای منطقه در زمان رخداد آتشفشان، به طور متوسط ۱۴ سال (۷ سال قبل از تاریخ رخداد آتشفشان و ۷ سال بعد از تاریخ رخداد آتشفشان) در نظر گرفته شده است. با محاسبه و تجزیه و تحلیل پارامترهای لرزه‌خیزی منطقه در کل سال‌های آرامش و در سال‌های مرتبط با رخداد آتشفشانی و با بررسی رابطه‌ی گوتنبرگ-ریشتر به نتیجه‌گیری در خور توجهی به‌دست آمد.

## مشخصات آتشفشان

آتشفشان تفتان از تیپ آتشفشان‌های استراتوولکان بوده و و با ارتفاع 4050 متر در موقعیت جغرافیایی 28.60°N و 61.13°E قرار دارد.

1-Lemarchand, Grasso & Zaliapin  
2-Grasso  
3-McNutt  
4-Sebastien. Chastin, Ian G. Main  
5-Thomas  
6-Traversa Paola, Jean-Robert Grasso  
7-Walter, Acocella & Neri  
8-Walter  
9-Jonsdottir et al

جدول ۱: مشخصات آتشفشان تفتان

نام آتشفشان	ارتفاع (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نوع آتشفشان	آخرین فعالیت
تفتان	۴۰۵۰	61.13E	28.60N	استراتوولکان	نامشخص

مأخذ: (WWW.USGS.gov)، قریانی، ۱۳۸۲: ۳۲۷



شکل ۱: موقعیت منطقه آتشفشانی تفتان

مأخذ: نرم‌افزار Google Earth

را که با بزرگای بیش از ۴ ریشتر و در شعاع ۱۰۰ کیلومتری از قله رخ داده را نشان می‌دهد. بیشترین نرخ رخدادهای لرزه‌ای این منطقه دارای بزرگایی بین ۵-۴/۶ می‌باشد (آمبرسیز، ملویل، ۱۳۷۰)، (میرزایی، ۱۳۸۱) (WWW.USGS.gov)(WWW.IIEES.com)

**زمین‌شناسی و لرزه زمین ساخت منطقه**  
بررسی تاریخچه لرزه‌خیزی جنوب شرقی ایران در منطقه آتشفشانی تفتان نشانگر رخ دادن زلزله‌های با بزرگای متوسط تا بزرگ در منطقه می‌باشد. جدول (۲) لیستی از مهم‌ترین زمین‌لرزه‌های تاریخی و دستگاهی

جدول ۲: زمین‌لرزه‌های تاریخی و دستگاهی

No.	Year	Mo.	Da.	Latitude	Longitude	Depth	Magnitude	Reference
1	1935	9	22	29	61		4/5 mb	ISS
2	1936	9	7	29	61		4/7 mb	ISS
3	1943	12	31	28	61		4/5 mb	ISS
4	1947	10	29	28	61		4/5 mb	ISS
5	1967	3	25	28.57	60.36	36	4/9 mb	ISC
6	1982	1	3	28.62	60.33	33	4/7 mbGS	PDE
7	1983	10	9	28.91	61.29	33	4/6 mbGS	PDE
8	1985	6	22	29.45	61.15	13	5 mb	EHB
9	1990	9	26	29.15	60.91	33	5/4 mbGS	PDE
10	1990	9	27	28.98	60.76	33	4/8 mbGS	PDE
11	1990	9	29	28.89	60.97	33	4/7 mbGS	PDE
12	1990	9	29	28.9	60.85	33	4/8 mbGS	PDE
13	1990	9	30	29.03	60.85	33	4/9 mbGS	PDE
14	1990	10	12	29.08	60.98	28	4/8 mbGS	PDE
15	1994	9	8	28.03	61.84	77	5/1 mbGS	PDE
16	2007	8	14	28.62	61.28	18	4/3 LgTEH	PDE
17	2009	4	30	27.74	61.42	69	5/2 MwGS	PDE

مأخذ: آمبرسیز، ملویل، ۱۳۷۰؛ میرزایی، ۱۳۸۱ و (WWW.IIEES.com) و (WWW.USGS.gov)

بر اساس نقشه‌ی لرزه‌زمین ساخت ایران (Berberian, 1976) و باتوجه به ویژگی‌های لرزه‌زمین‌ساختی، منطقه دارای زمین‌لرزه‌های با ژرفای متوسط است. گسل‌های اصلی و بنیادین با راستای شمال- جنوب

مهم‌ترین راستاهای شکل‌دهنده‌ی ساختارهای ناحیه می‌باشند (آقنابتی، ۱۳۸۳: ۵۴۵-۵۴۳)، (WWW.Ngdir.ir)، (WWW.GSI.ir)، (غلامی و همکاران، ۱۳۸۶: ۲)، (نصیری، ۱۳۸۵). (جدول ۳).

جدول ۳: گسل‌های منطقه

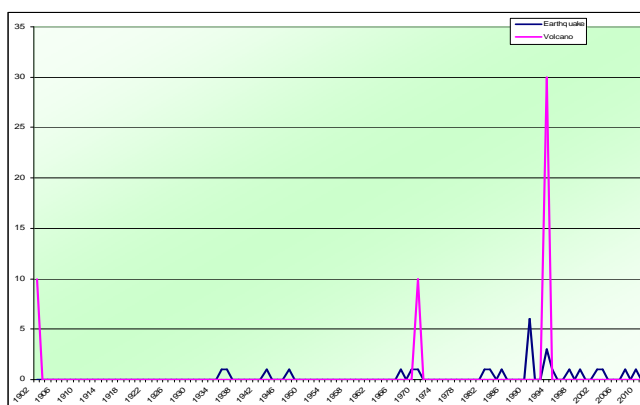
ردیف	نام گسل	طول گسل (Km)	امتداد گسل	شیب گسل	ساز و کار گسل	زمان آخرین حرکت
۱	نهبندان	750	N-S	-	امتداد لغز راستگرد	قدیمی‌تر از تریاس
۲	خاور نه	-	N-S	-	امتداد لغز	-
۳	باختر نه	-	N-S	-	امتداد لغز	-
۴	نصرت آباد	250	N-S	70-80	امتداد لغز راستگرد	-
۵	کهورک	-	NE-SW	-	راستبر با مؤلفه شیب لغز معکوس	-
۶	کسراب	-	NW-SE	-	راندگی- فشاری	-
۷	ترشاب	-	N,NW-S,SE	-	امتداد لغز راستگرد با مؤلفه فشاری	-
۸	آساکوهک	-	NW-SE	-	فشاری	-
۹	هریرود	825	N-S	-	چپگرد (۴)	-
۱۰	بشاگرد	-	E-W	-	ابتدا نرمال و بعد راندگی به سمت شمال	-
۱۱	فنوج	-	E-W	-	-	-
۱۲	جنوب جازموریان	-	E-W	-	-	-

مأخذ: آقنابتی، ۱۳۸۳: ۵۴۵-۵۴۳ (WWW.Ngdir.ir)(WWW.GSI.ir) (غلامی و همکاران، ۱۳۸۶: ۲) (نصیری، ۱۳۸۵)

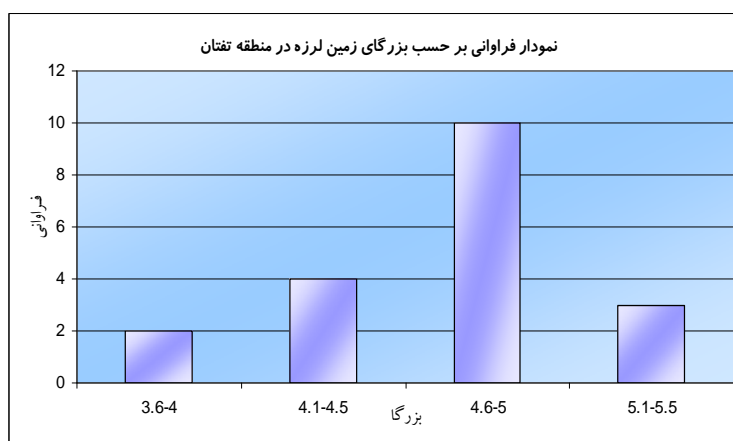
### رخدادهای لرزه‌ای و آتشفشانی منطقه

با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده از منابع معتبر ثبت رخدادهای لرزه‌ای و آتشفشانی- نظیر سایت دانشگاه هاروارد (www.globalcmt.org)، منطقه لرزه‌خیزی جنوب شرق و تفتان تا ۲۰۱۰/۰۹/۱۱ حدود ۲۶ رخداد لرزه‌ای و سه مرتبه نشانه‌های مشکوک به فعالیت‌های آتشفشانی (خروج گاز، بخار، تغییرات رنگ و ترکیب شیمیایی... و چشمه‌های آبگرم ...) داشته

است (آمبرسیز، ملویل، ۱۳۷۰)، (میرزایی، ۱۳۸۱)، (مطالب مندرج در آرشیو روزنامه اطلاعات)، (WWW.IIEES.com) و (WWW.USGS.gov) (شکل ۲). بیشترین نرخ رخدادهای لرزه‌ای این منطقه دارای بزرگایی بین ۴/۶-۵ می‌باشد (آمبرسیز، ملویل، ۱۳۷۰)، (میرزایی، ۱۳۸۱)، (مطالب مندرج در آرشیو روزنامه اطلاعات)، (WWW.IIEES.com) و (WWW.USGS.gov) (شکل ۳).



شکل ۲: رخداد‌های لرزه‌ای و آتشفشانی منطقه تفتان ( رخداد‌های آتشفشانی ده برابر شده‌اند)  
مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹



شکل ۳: نمودار فراوانی بر حسب بزرگای زمین لرزه - تفتان  
مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹

رابطه (۱) به رابطه گوتنبرگ- ریشتر معروف است، که  $N$  تعداد زمین‌لرزه‌های با بزرگی بیش از  $M$ ،  $\alpha$  و  $\beta$  ضرایب ثابت هستند (زارع، ۱۳۸۴: ۱۳۲-۱۳۰). طی محاسبات انجام شده پارامترهای لرزه‌خیزی منطقه‌ی مورد مطالعه به شرح جدول (۴) می‌باشد. لازم به ذکر است که به دلیل کمبود داده‌های لرزه‌خیزی موجود، محاسبه پارامترهای لرزه‌خیزی در طی دو سال از سال‌های با نشانه‌های دال بر فعالیت‌های آتشفشانی (سال‌های ۱۹۰۲ و ۱۹۷۰) ممکن نشد.

### پارامترهای لرزه‌خیزی

به منظور دستیابی به پارامترهای لرزه‌خیزی مناطق مورد مطالعه در این بررسی از روش کیکو- سلوول (K-S) استفاده شده است. زیرا روش‌های استفاده شده توسط کیکو- سلوول (۱۹۹۲) امکان می‌دهد عدم قطعیت بزرگی زمین‌لرزه و ناکامل بودن داده‌ها در تخمین پارامترهای زلزله‌خیزی دخالت داده شود.

$$\text{Log}N=\alpha-\beta M \quad (1)$$

جدول ۴: پارامترهای لرزه‌خیزی منطقه تفتان - نرم افزار Kijko

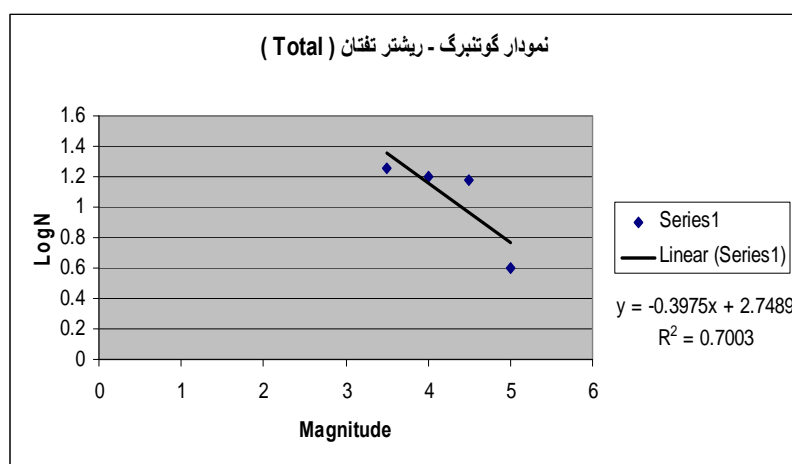
Mmax	Mmin	b	a	$\lambda$	$\beta$	بازه زمانی
5/48	3/59	0/44	0/39	0/85	1/01	Total
5/75	3/69	0/43	0/33	2/16	0/99	1993

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹

رابطه‌ی گوتنبرگ- ریشتر برای شعاع ۱۰۰ کیلومتری  
از طول و عرض جغرافیایی مذکور در منطقه تفتان برابر

با رابطه (۲) می‌باشد:

$$\log N = -0.3975 M + 2.7489 \quad (2)$$



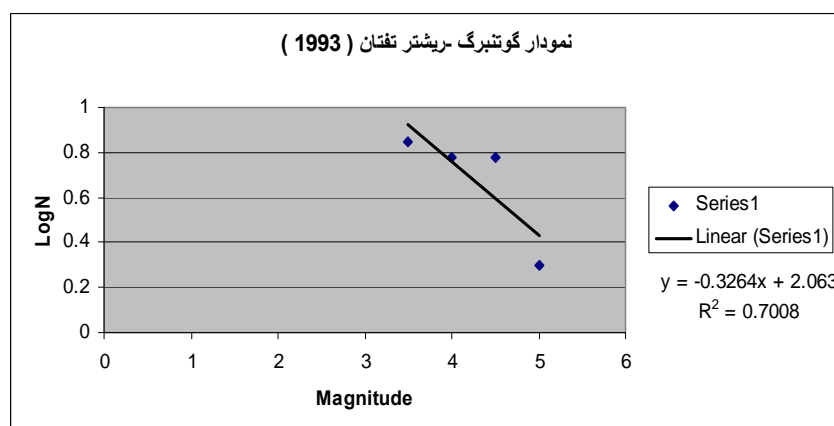
شکل ۴: نمودار گوتنبرگ- ریشتر تفتان (Total)

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹

رابطه‌ی گوتنبرگ- ریشتر و نمودار مربوط به سال ۱۹۹۳ (۳)

$$\log N = -0.3264 M + 2.063$$

در منطقه تفتان به شرح تصویر (۵) می‌باشد.



شکل ۵: نمودار گوتنبرگ- ریشتر تفتان (1993)

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹

**بحث و نتیجه**

فعالیت‌های آتشفشانی و رخداد‌های لرزه‌ای معمولاً در تعامل متقابل با یکدیگر بوده و رخداد هر یک باعث تشدید دیگری می‌گردد. این بر هم کنش متقابل به نقش آتشفشان‌ها در یک سیستم زمین ساختی فعال و احتمال اثر فعالیت‌های سامانه‌ی آتشفشانی در تحریک و چکانش جنبش در گسل‌های بنیادی منطقه و در نتیجه اثرگذاری غیرمستقیم آن بر رخداد یک زمین‌لرزه و یا تأثیر رخداد‌های لرزه‌ای در تحریک آتشفشان و آشیانه ماگمایی، حرکت ماگما و غیره و تشدید فعالیت‌های آتشفشانی در منطقه مربوط می‌شود. بر اساس اطلاعات موجود و تجزیه و تحلیل آن‌ها با رابطه گوتنبرگ- ریشتر و کیکو- سلوول، نتایج زیر حاصل گردید:

منطقه‌ی تفتان با سه رخداد آتشفشانی (سال‌های ۱۹۰۲، ۱۹۷۰ و ۱۹۹۳)، روند لرزه‌خیزی کم و بیش ثابتی را دارد. در آخرین رخداد آتشفشانی ثبت شده، نرخ لرزش‌ها در هنگام وقوع فعالیت‌های آتشفشانی روند کاهشی را نشان می‌دهد. به عبارتی دیگر، بیشترین لرزش مربوط به سال‌های قبل از رخداد آتشفشانی می‌باشد و پس از آن به روند ثابت قبلی خود باز می‌گردد. اوج فعالیت‌های لرزه‌ای منطقه‌ی تفتان طی سال‌های مورد مطالعه (۲۰۱۰-۱۹۰۰) در سال‌های ۱۹۹۴-۱۹۹۰ رخ داده است. در دیگر سال‌ها، نرخ لرزه‌خیزی منطقه کم و بیش ثابت بوده است.

نشانه‌های دال بر فعالیت‌های آتشفشانی در منطقه از نظر ارتباط زمانی آن با وقوع بیشترین رخداد‌های لرزه‌ای به شرح ذیل می‌باشند:

در سال ۱۹۰۲ فعالیت‌های آتشفشانی قبل از اوج رخداد‌های لرزه‌ای رخ داده است.  
در سال ۱۹۷۰ فعالیت‌های آتشفشانی همزمان با اوج رخداد‌های لرزه‌ای رخ داده است.

در سال ۱۹۹۳ فعالیت‌های آتشفشانی بعد از اوج رخداد‌های لرزه‌ای رخ داده است.  
علی‌رغم سکون لرزه‌ای منطقه تفتان در سال‌های قبل از ۱۹۳۰، این منطقه در سال ۱۹۰۲ شاهد نشانه‌هایی دال بر فعالیت آتشفشانی بوده است. با توجه به نمودارهای فراوانی بر حسب بزرگای زمین‌لرزه در منطقه تفتان (شکل ۳) بیشترین فراوانی لرزه‌ای بزرگایی بین ۵-۴/۶ دارند و فراوانی زلزله‌های با  $M < 4$ ، کمتر یا مساوی دو رخداد در بازه زمانی مورد بررسی (تا ۲۰۱۰/۰۹/۱۱) می‌باشد.

در پایان تأکید می‌شود که نتایج حاصله بر اساس اطلاعات موجود و ثبت شده به دست آمده است و کمبود داده‌ها و انجام نشدن مطالعات کافی، دال بر فعالیت کم منطقه نخواهد بود. با توجه به کمبود و نبود اطلاعات کافی، انجام نشدن پایش زمین و بررسی تغییرات منطقه و...، از طرفی نزدیک بودن مناطق آتشفشانی به مراکز جمعیتی، ادامه مطالعات بیشتر و به کارگیری روش‌های جدید در این زمینه لازم و ضروری است.

**منابع**

- آمبرسیز، نیکلاس؛ ملویل چارلز (۱۳۷۰). تاریخ زمین‌لرزه‌های ایران، ترجمه رده. انتشارات آگاه.
- آقائاتی، علی (۱۳۸۳). زمین‌شناسی ایران، چاپ اول. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- زارع، مهدی (۱۳۸۴). مقدمه‌ای بر زلزله‌شناسی کاربردی، چاپ اول. پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
- غلامی، ابراهیم؛ میرعلی‌اکبر نوگول‌سادات؛ محمد مهدی خطیب؛ علی یساقی (۱۳۸۶). شواهد ساختاری از تأثیر گسل‌های شمالی- جنوبی در توسعه دگربرخی‌های جنوب خاوری بیرجند، پهنه سیستان، علوم زمین. شماره ۷۱. تهران.

- Sánchez, J.J., McNutt, S. R (2004). Unexpected Response Of MT. Wrangell Volcano, Alaska , to the Shaking From a Large Regional Earthquake : A Puzzle For Intermediate-Term Earthquake-Volcanoes Interactions , Earth Sci. Res. J. , Vol. 8, No. 1.
- Sebastien F. M. Chastin and Ian G. Main, (2003). Statistical analysis of daily seismic event rate as a precursor to volcanic eruptions, Geophysical research letters , Vol. 30 , No.13.
- Thomas W. R (2006). How a tectonic earthquake may wake up volcanoes: Stress transfer during the 1996 earthquake-eruption sequence at the Karymsky Volcanic Group Kamchatka, ScienceDirect, Earth and Planetary Science Letters 264 (2007) 347-359.
- Traversa Paola and Jean-Robert Grasso (2006). Brittle creep damage as the seismic signature of dyke propagations within volcanoes, CNRS, OSUG, LGIT, BP 53, 38041, Grenoble, France.
- Walter ,T. R (2007). How a tectonic earthquake may wake up volcanoes: Stress transfer during the 1996 earthquake eruption sequence at the Karymsky Volcanic Group, Kamchatka, ScienceDirect , Earth and Planetary Science Letters 264.
- Walter ,T. R. , and Acocella , V. , and Neri , M., and Amelung , F (2005). Feedback processes between magmatic events and flank movement at Mount Etna (Italy) during the 2002-2003 eruption , Journal Of Geophysical Research , Vol. 110 .
- Google Earth, 5.2.1.1547, 2010, Software .
- WWW.USGS.gov
- WWW.IIEES.com
- WWW.GSI.ir
- WWW.Ngdir.ir
- قربانی، منصور (۱۳۸۲). مبانی آتشفشان‌شناسی با نگرشی بر آتشفشان‌های ایران، چاپ اول. انتشارات آریزمین.
- مطالب مرتبط مندرج در آرشیو روزنامه اطلاعات سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۰۵.
- میرزایی، نوربخش (۱۳۸۱). پارامترهای مبنای زمین‌لرزه‌های ایران، نشر دانش نگار .
- نصیری، عیسی (۱۳۸۵). مورفوتکتونیک و نفوتکتونیک گسل کهورک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه سیستان و بلوچستان. چکیده .
- Berberian, M (1976 ) . An explanatory note on the first seismotectonic map of Iran; A seismotectonic review of the Contry. In Contribution to the seismotectonics of Iran (Part II). Geological Survey of Iran.
- Grasso , J. and Zaliapin , I (2004). Predictability of volcano eruption: Lessons from a basaltic effusive volcano , Geophysical research letters , Vol. 31.
- Jonsdottir , K. , and Tryggvason ,a., and Roberts , R. , and Lund ,B. , and Soosalu , H., and Bodvarsson , R (2007). Habits of a glacier-covered volcano: Seismicity patterns and velocity structure of Katla volcano, Iceland , Annals of Glaciology, Annals of Glaciology, Vol. 45.
- Kijko-Slevolle - Bayes, (Kijko&Graham, 1998) Seismic hazard, Software.
- Lemarchand , N. , and Grasso, G .R (2007). Interactions between earthquakes and volcano activity , Geophysical research letters , Vol. 34.
- McNutt , S. R (2005). Volcanic Seismology , Annu. Rev. Earth Planet. Sci.
- Ritz. J.-F, et al (2006). Active transtension inside central Alborz: A new insight into northern Iran-southern Caspian geodynamics” Geology, v. 34; no. 6.