

زمان وقوع زلزله و فازهای قمری در ایران

ملیحه خاکشور^{۱*}، ناصر حافظی مقدس^۲، فرزاد دلجانی^۳

۱ و ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی دانشگاه صنعتی شاهرود،

۲- استادیار دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود

E-mail: Mkh_geo2004@yahoo.com

چکیده

در بررسی حاضر اثر کشش ماه و خورشید در تحریک زمین لرزه های دستگاهی ایران در بازه زمانی ۱۹۰۰-۲۰۰۷م. مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور زمان وقوع زلزله های مورد بررسی از میلادی به قمری تبدیل شده و فراوانی زلزله ها در روزهای قمری، فصول مختلف سال و در طول شبانه روز بررسی شده است. همچنین ساعت وقوع زلزله با ساعت حداکثر کشش ماه و خورشید در سه مولفه شرقی-غربی، شمالی-جنوبی و مولفه قائم مقایسه شده است. نتایج این بررسی نشان می دهد که ساعت وقوع زمین لرزه ها در ایران تصادفی نبوده و کاملاً تابع کشش ماه و خورشید می باشد. مثلاً بیشترین تعداد زمین لرزه ها در فصل بهار و در اوایل و اواخر ماه قمری اتفاق افتاده است. همچنین زمان اوج زلزله در بهار و پاییز (اعتدالین) بعد از ظهر (۱۶ و ۱۷) است در حالی که در تابستان و زمستان (انقلابین) شب هنگام (۲۱ و ۱۹) می باشد. واژگان کلیدی: زمین لرزه های ایران، فازهای قمری، نیروی گرانش ماه و خورشید، زمان وقوع زلزله

مقدمه

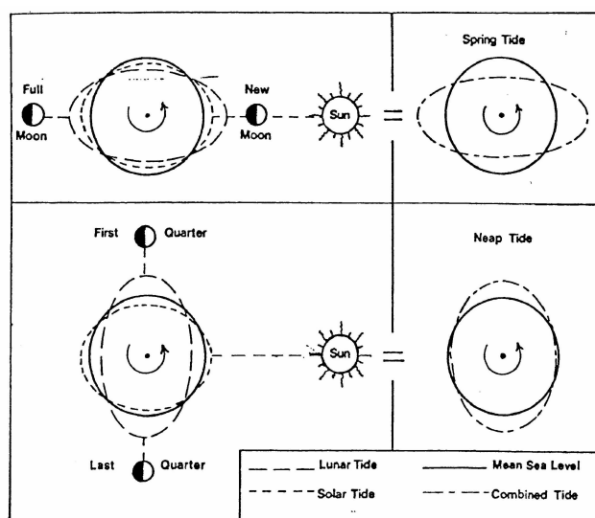
برآورد زمان وقوع زمین لرزه ها در بحث مدیریت بحران زلزله اهمیت بسیار زیادی دارد. وقوع زلزله تابعی از نسبت انرژی ذخیره شده در سطح گسل به مقاومت آن می باشد و تغییر در زمان زلزله مستلزم تغییر در میدان تنش یا مقاومت سطح گسل است. پدیده های مختلفی ممکن است در تغییرات میدان تنش مؤثر باشد که از جمله آنها وقوع زلزله های دیگر، تغییرات سطح آب زیر زمینی، حرکت توده ماگمایی در عمق زمین، نیروی گرانش ماه، خورشید و سایر سیارات، طوفانهای مغناطیسی، لکه های خورشیدی، تغییرات دمایی و انفجارات هسته ای را می توان نام برد. از بین موارد فوق زلزله های اطراف یک منطقه اثر بزرگتر و مشهودتری دارند. وقوع زمین لرزه در روی یک گسل خاص از طرفی سبب تخلیه تنش و از طرف دیگر منجر به کاهش زبری و مقاومت سطح گسل شده و در نتیجه نقش اساسی در تأخیر یا جلو انداختن زمان وقوع زلزله های بعدی خواهد داشت. تغییرات تنش ایجاد شده از سایر پدیده ها معمولاً نسبت به تنش های زلزله ناچیز بوده و بیشتر نقش تحریک کننده دارند. یکی از پدیده هایی که نقش تحریک کننده در وقوع زلزله ها دارد اثر جاذبه ماه و خورشید می باشد. نقش جاذبه ماه و خورشید در وقوع زلزله از دیر باز مورد علاقه محققین لرزه شناسی بوده و تحقیقات متعددی در این خصوص انجام شده است (Du et. al. 1989, Palumbo et. al. 1989, Ding et. al. 1994). در مطالعه حاضر اثر احتمالی این پدیده در وقوع زمین لرزه های ایران مورد بررسی قرار گرفته است.

اثر جذر و مد در وقوع زلزله

جذر و مد در سطح زمین متأثر از دو پدیده شتاب خارج از مرکز و کشش ماه و خورشید می باشد (شکل ۱). ماه و زمین همدیگر را جذب نموده و به دور مرکز همدیگر چرخش می کنند. چرخش زمین به دور خودش شتاب خارج از مرکز با مقدار



ثابت ایجاد می کند که به طرف خلاف جهت ماه است. همچنین جاذبه ماه و خورشید شتاب ثقلی در سطح زمین ایجاد می کند که به طرف خارج از زمین است و مقدار آن تابعی از موقعیت زمین نسبت به ماه و خورشید می باشد. براین دو نیرو، جزر و مد را در کره زمین شامل اقیانوسها، اتمسفر و پوسته جامد زمین ایجاد می کند. نیروی جاذبه خورشید به علت فاصله زیاد آن از زمین حدود ۴۵ درصد نیروی جاذبه ماه است. زمان یک دور کامل ماه به دور زمین ۲۷ روز است و زمان تناوب مولفه اصلی جزر و مد ۱۲ ساعت و ۲۵ دقیقه می باشد، لذا دو سیکل جزر و مد در روز وجود دارد. حداکثر کشش ماه در حالت قرص کامل ماه یا شب چهارده (بدر) و در ماه نو (محاق) که ماه بین زمین و خورشید واقع می شود، اتفاق می افتد. کشش ماه منجر به بالا آمدگی حداکثر چند متری آب در اقیانوسها و ۱۰-۱۵ سانتیمتری در خشکی ها می گردد. مطالعات مختلف نشان داده است که در زمان جزر و مد و نیز در غروب و طلوع خورشید فراوانی وقوع زمین لرزه ها بیشتر می باشد (Ren et. al., 1982, Hua chen et. al., 1997). همچنین زلزله های شدید عمده تاً در اوایل و اواخر ماه (بدر و محاق)، بهار و پاییز (اعتدالین) رخ داده است. پیشینیان به تأثیرات حالات بدر و محاق بر روی زمین پی برده بودند و اعتقاداتی در این زمینه داشتند تا جایی که بعضی از اقوام باستانی پانزدهم هر ماه را تعطیل می کردند (پورکرمانی، آرین؛ ۱۳۷۶). Zhang و همکاران (۱۹۸۳) بیان داشتند که جزر و مد در حالتی که سیستم لرزه ای به حالت ناپایدار رسیده و یا در آستانه وقوع زلزله باشد می تواند به عنوان محرک زمین لرزه عمل نماید. Hua chen و همکاران (۱۹۹۷) خاطر نشان کردند که اثر کشش ماه و خورشید در وقوع زلزله وابسته به امتداد گسل می باشد.



شکل ۱) تصویری شماتیک از نحوه ایجاد جزر و مدهای بزرگ و خفیف توسط ماه و خورشید

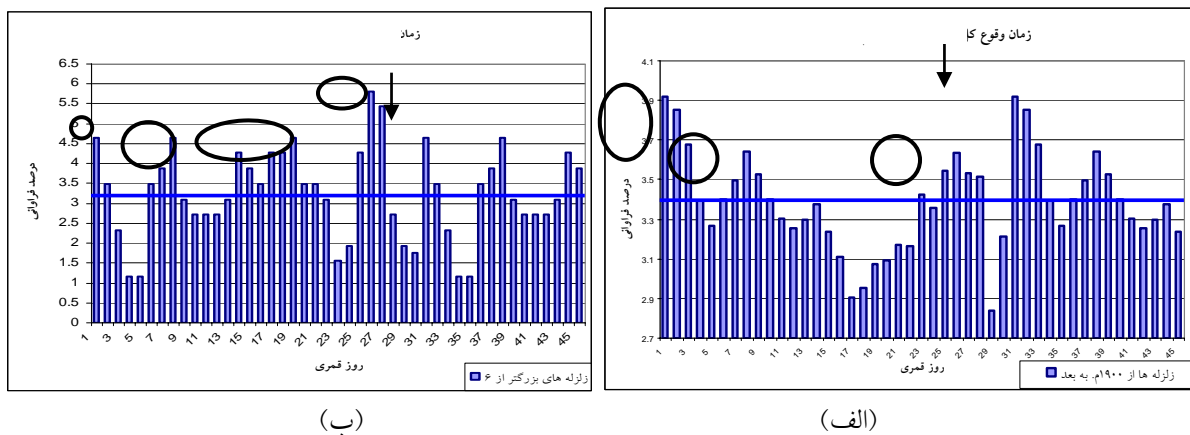
آماده سازی و تحلیل داده ها

جهت بررسی اثر جاذبه ماه و خورشید در وقوع زمین لرزه های ایران تمامی داده های دستگاهی ثبت شده از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۷ میلادی (۷۷۸۹ داده) در محدوده جغرافیایی ایران مورد بررسی قرار گرفته است. در اولین اقدام جهت مقایسه فراوانی وقوع زلزله ها با روزهای قمری، داده های فوق به زمان قمری تبدیل گردید. سپس فراوانی وقوع زمین لرزه ها در طی روز، ماه و فصول مختلف بررسی شد. همچنین زمان حداکثر جاذبه ماه و خورشید در زلزله های اصلی برای سه مولفه شرقی-غربی،

شمالی-جنوبی و مولفه قائم در روز وقوع زلزله با توجه به مختصات کانونی آن تعیین گردید و نتایج حاصله با ساعت وقوع زلزله و امتداد گسل زمین لرزه‌ای درمورد زلزله‌های اصلی مقایسه گردید. در ادامه نتایج حاصله به تفکیک مورد بحث قرار گرفته است.

توزیع فراوانی زمین لرزه‌ها در طول ماه

در شکل (۲) درصد فراوانی وقوع زمین لرزه‌ها در روزهای مختلف قمری برای تمام زلزله‌ها (۷۷۸۹ مورد) و زلزله‌های بزرگتر یا مساوی با ۶ (۸۶ مورد) رسم شده است. ملاحظه می‌شود که بیشترین تعداد زمین لرزه‌ها در اوایل و اواخر ماه صورت گرفته است. خط افقی موجود در منحنی مقدار میانگین فراوانی را نشان می‌دهد که به وضوح اوایل و اواخر ماه با تعداد زلزله‌های بیشتر از حد متوسط و اواسط ماه در حد متوسط بحرانی بودن این روزها را نشان می‌دهند. البته فراوانی نسبتاً بالای زلزله‌ها در سایر روزها حاکی از بالا بودن پتانسیل لرزه‌خیزی ایران است که متأثر از جایگاه تکتونیکی کشور می‌باشد.



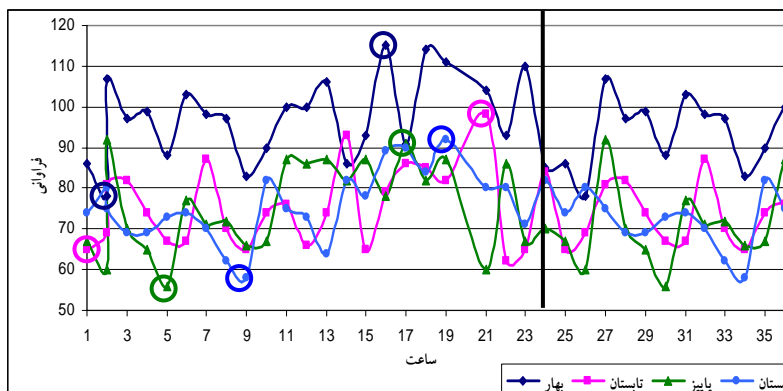
شکل ۲) در صد فراوانی زلزله‌ها از ۱۹۰۰م. به بعد (الف) و زلزله‌های بزرگتر از ۶ (ب) را نشان می‌دهد (روزها تا ۱۵ روز بعد تکرار شده‌اند).

فراوانی زمین لرزه‌ها در طی فصول

بزرگترین جزر و مدها در محاق، بدر و اعتدالین (بهار و پاییز) دیده می‌شود. بنابراین انتظار می‌رود فراوانی زمین لرزه‌ها در این زمان‌ها نیز بیشتر باشد. این پدیده را به وضوح در مورد زمین لرزه‌های ایران مشاهده می‌کنیم (شکل ۲). ملاحظه می‌گردد تعداد زمین لرزه‌های فصل بهار با فراوانی ۲۹/۹۶ درصد بیشترین فراوانی را نسبت به سایر فصول داراست. سایر فصول از نظر فراوانی زلزله‌ها تقریباً در یک سطح می‌باشند (تابستان: ۲۳/۳۱ درصد، پاییز: ۲۳/۲۷ و زمستان: ۲۳/۴۴ درصد).

فراوانی ساعت وقوع زمین لرزه‌ها

در شکل ۲ فراوانی ساعت وقوع زمین لرزه‌ها در طی ۲۴ ساعت شبانه روز به تفکیک در فصول مختلف سال نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود بیشترین زمین لرزه‌ها از بعدازظهر تا ساعات اولیه بامداد اتفاق افتاده و اوج منحنی برای فصلهای بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب در ساعات ۱، ۲۴، ۲۳، ۲۲ است. کمترین تعداد زلزله‌ها نیز در این فصول به ترتیب در ساعات ۵، ۴، ۸ و ۱۲ واقع شده است.



شکل ۳) مقایسه فرآوانی ساعت وقوع زلزله‌ها در فصول مختلف سال (ساعت تا ظهر روز بعد تکرار شده است).

زمان وقوع زلزله‌ها و زمان حداکثر جاذبه ماه و خورشید

پتانسیل جزر و مدی یک جرم سماوی در یک نقطه مشخص از زمین به صورت زیر بیان می‌شود:

$$(۱) \quad \Psi = \frac{Gm}{R_0} \sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{a}{r_0} \right)^n P_n(\cos Z)$$

که در اینجا G ثابت گرانش نیوتن، m جرم جسم سماوی، R_0 فاصله از مرکز جسم سماوی تا مرکز زمین، a بردار شعاعی از نقطه مشاهده به مرکز زمین، $P_n(\cos Z)$ کره منظمی با درجه n ، Z بالاترین فاصله زمینی از جرم سماوی در ارتباط با نقطه مشاهده است (Fang, 1984). با توجه به رابطه ۱ پتانسیل جزر و مدی درجه دوم خورشید و درجه سوم ماه به صورت زیر خواهد بود:

$$(۲) \quad \Psi_2 = \frac{3 Gma}{4 r_0^3} \left(\cos 2Z + \frac{1}{3} \right)$$

بنابراین پتانسیل کل ماه و خورشید برابر است با:

$$(۳) \quad \Psi_3 = \frac{5 Gma}{8 r_0^4} \left(\cos 3Z + \frac{3}{5} \cos Z \right)$$

$$(۴) \quad \Psi_{ms}(i) = \Psi_{m2}(i) + \Psi_{s2}(i) + \Psi_{m3}(i)$$

در اینجا m یعنی ماه، و s نشانه خورشید است.

بر این اساس، مؤلفه سوم نیروی جزر و مدی خورشید - ماه، مؤلفه شعاعی (F_r)، مؤلفه شمالی - جنوبی (F_{sn})، و مؤلفه شرقی - غربی (F_{ew})، به ترتیب به صورت زیر بیان می‌شود:

$$(۵) \quad F_r = \frac{\partial \Psi}{\partial a} \quad \text{مؤلفه شعاعی}$$

$$(۶) \quad F_{sn} = -\frac{\partial \Psi}{a \partial \phi} \quad \text{مؤلفه شمالی - جنوبی}$$

$$(۷) \quad \dots \dots \dots F_{ew} = -\frac{\partial \Psi}{a \cos \phi \partial \lambda} \quad \text{مؤلفه شرقی - غربی}$$

F_T در جهت عمودی و F_{sn} موازی با تانژانت دایره طولی (جنوب، جهت مثبت است)، F_{ew} موازی با تانژانت دایره عرضی (شرق، جهت مثبت) است.

مقدار این سه مولفه بسته به موقعیت جغرافیایی یک نقطه در طول روز و در ساعت های مختلف تغییر می کند. لذا انتظار می رود که رابطه مستقیمی بین امتداد گسل لرزه‌زا و امتداد حداکثر و حداقل نیروی کشش وجود داشته باشد. به عبارت دیگر خطوط گسلی باید در زاویه خاصی باشند تا نیروهای گرانشی ماه و خورشید بتوانند روی وقوع زمین لرزه بیشترین تأثیر را داشته باشد. به عنوان مثال در مورد گسلهای نرمال و فشاری در صورتی که امتداد گسل عمود بر جهت بیشترین یا کمترین کشش باشد تأثیر جاذبه ماه و خورشید بیشتر خواهد بود. همچنین در گسلهای امتداد لغز جهت نیروهای موازی با خط گسل بیشترین تأثیر را خواهد داشت. به این دلیل انتظار می رود فازهای مختلف ماه بر روی گسلهای مختلف اثرات متفاوتی داشته باشند.

در جدول (۱) مقادیر زمان بیشترین و کمترین مقدار هر یک از سه مؤلفه شرقی-غربی، شمال-جنوبی و قائم در روز وقوع زلزله برای زلزله های اصلی (با حذف پیش لرزه و پس لرزه‌ها) با استفاده از نرم افزار آنلاین Tidal force vector calculator محاسبه شده است. در جدول ۲ اختلاف زمانی بین وقوع زلزله با زمان اوج و کمترین مقدار کشش در سه مولفه آورده شده است. مشاهده می گردد که زلزله های اصلی عموماً ۲ ساعت قبل یا بعد از بیشترین یا کمترین مقدار کشش به وقوع پیوسته اند. همچنین بیشترین وقوع زمین لرزه های اصلی در ارتباط با مؤلفه شمالی - جنوبی (N-S) و شرقی - غربی (E-W) می باشد.

نتیجه گیری

بررسی حاضر نشان می دهد که زمان وقوع زمین لرزه های مختلف در ایران وابستگی زیادی به روز های قمری، فصول سال و همچنین ساعت طلوع و غروب خورشید دارد. به طوری که بیشترین وقوع زمین لرزه ها در اوایل و اواخر ماه (از نظر روز)، در فصل بهار (اعتدال بهاری)، و از بعد از ظهر تا ساعات اولیه بامداد است. بررسی ساعت وقوع زلزله و ساعت حداکثر و حداقل نیروی کشش ماه و خورشید نشان می دهد که عمدتاً زلزله ها ۲ ساعت قبل یا بعد از حداکثر یا حداقل مقدار کشش اتفاق افتاده اند. همچنین بیشترین تطابق را با مؤلفه های افقی (شرقی - غربی و شمالی - جنوبی) کشش ماه و خورشید نشان می دهند.



جدول ۱) زلزله‌های بزرگتر از ۶ رخ داده در گسلهای معکوس و نزدیکترین مؤلفه به آنها

تاریخ	روز قمری	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	امتداد گسل	بزرگی	ساعت وقوع (UTM)	نزدیکترین مؤلفه		ساعت وقوع نزدیکترین مؤلفه
							بیشترین کشش	کمترین کشش	
5/6/1930	7	38.15	44.65	شمالی جنوبی	7	22.57	EW		20
8/23/1930	28	27.5	55	شمال غرب-جنوب شرق	6.2	10.89	EW		11
4/11/1935	7	36.3	53.5	شرقی-غربی	6.6	23.25		Z	23.5
11/27/1945	21	24.9	63.5	شرقی - غربی	7.8	21.95	NS		22
8/5/1947	18	24.9	63.5	شرقی - غربی	7	14.4	EW		13
4/24/1949	25	27.2	56.2	شرقی - غربی	6.4	4.37		EW	3
10/31/1956	26	27.2	54.4	شرقی - غربی	6	14.06		NS	13
7/2/1957	4	36.21	52.72	شرقی-غربی	6.4	0.71		NS	0
6/11/1961	26	27.93	54.51	شرقی - غربی	6.4	5.17		EW	4
4/12/1971	15	28.3	55.6	شمال غرب جنوب شرق	6	19.06		NS	21
4/10/1972	25	28.4	52.8	شمال غرب - جنوب شرق	6.1	2.11	EW		3.5
4/1/1977	11	27.545	56.329	شمال غرب-جنوب شرق	6.2	13.61	NS		15
4/6/1977	16	31.983	50.683	شمال غرب -جنوب شرق	5.8	13.61	EW		13
12/19/1977	8	30.954	56.473	شمال غرب -جنوب شرق	5.8	23.58	NS		22
9/16/1978	13	33.386	57.434	شمالی - جنوبی	7.4	15.6		Z	14
12/14/1978	13	32.139	49.646	شمال غرب -جنوب شرق	6.2	7.09		NS	8.5
12/7/1979	17	34.033	54.817	شمالی جنوبی	6	4.4		Z	5
7/28/1981	26	30.013	57.794	شمالی-جنوبی	7.1	17.37		NS	18.5
10/29/1985	14	36.681	54.75	شمال غرب جنوب شرق	6	13.23		Z	13.5
8/11/1988	27	29.974	51.679	شمال غرب - جنوب	6.1	16.08		Z	15

				شرق					
6/20/1990	26	36.957	49.409	شمال غرب - جنوب شرق	7.7	21		NS	19.5
11/6/1990	17	28.251	55.462	شمال غرب - جنوب شرق	6.7	18.76		EW	19.5
2/23/1994	12	30.853	60.596	شمالی - جنوبی	6.1	8.03		NS	6.5
6/20/1994	11	28.968	52.614	شمال غرب - جنوب شرق	5.8	9.15	EW		10
2/4/1997	26	37.66	57.29	شرقی - غربی	6.8	10.63		Z	11
3/4/1999	16	28.34	57.19	شمال غرب - جنوب شرق	6.7	5.64	Z		3.5
5/6/1999	20	29.5	51.88	شمال غرب - جنوب شرق	6.2	23.01		Z	20
6/22/2002	11	35.62	49.05	شمال غرب - جنوب شرق	6.5	2.97		EW	3.5
12/26/2003	2	29.08	58.38	شمالی - جنوبی	6.5	1.95	EW		1.5
5/28/2004	8	36.371	51.643	شرقی - غربی	6.3	12.65	NS		10.5
10/7/2004	22	37.35	54.56	شرقی - غربی	6	21.77	NS		23
2/22/2005	13	35.62	49.05	شمال غرب - جنوب شرق	6.5	2.42		Z	2
3/13/2005	2	27.32	61.54	شرقی - غربی	6.2	3.52		Z	3.5
11/27/2005	26	26.83	55.82	شرقی - غربی	6	10.37		Z	11
12/7/1979	17	34.033	54.817	شمالی - جنوبی	6	4.4	NS		3.5

جدول ۲) زلزله‌های بزرگتر از ۶ رخ داده در گسل‌های نرمال و نزدیکترین مؤلفه به آنها

تاریخ	روز قمری	عرض جغرافیا یی	طول جغرافیا یی	امتداد گسل	بزرگی	ساعت وقوع (UTM)	نزدیکترین مؤلفه		ساعت وقوع نزدیکترین مؤلفه
							بیشتر ین کشش	کمتر ین کشش	
22/09/19 23	10	29.5	56	شمال غرب جنوب شرق	6.6	20.79	NS		19.5
22/07/19 27	22	34.7	54	شمال شرق - جنوب غرب	6.4	3.92	Z		3.5
28/11/19 33	10	32	56.1	شمال غرب-جنوب شرق	6.2	11.16		Z	11
05/10/19 48	1	37.9	58.6	شمال غرب-جنوب شرق	7	20.2	Z		22
09/05/19 50	21	38.4	58.4	شمال غرب-جنوب شرق	6.2	11.28		EW	11.5
24/11/19 76	2	39.12	44.03	شمال غرب-جنوب شرق	7.3	12.37		NS	11
27/11/19 79	7	33.962	59.726	شرقی - غربی	7.1	17.18		NS	15
18/04/19 83	5	27.793	62.054	شمال غرب-جنوب شرق	6.4	10.98	Z		11
11/24/19 76	2	39.12	44.03	نرمال، شمال غرب جنوب شرق	7.3	12.37		NS	11
4/18/198 3	5	27.793	62.054	نرمال، شمال غرب جنوب شرق	6.4	10.98	Z		11
28/02/19 97	20	38.08	48.05	شمال شرق - جنوب غرب	6.1	12.96	Z		13



جدول ۳) زلزله‌های بزرگتر از ۶ رخ داده در گسل‌های امتداد لغز و نزدیکترین مؤلفه به آنها

تاریخ	روز قمری	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	امتداد گسل	بزرگی	ساعت وقوع (UTM)	نزدیکترین مؤلفه		ساعت وقوع نزدیکترین مؤلفه
							بیشترین کشش	کمترین کشش	
23/01/1909	1	33.41	49.13	شمال غرب - جنوب شرق	7.2	2.8	NS		3
15/07/1917	25	33	46.5	شمال غرب - جنوب شرق	6	17.98		NS	19
04/02/1934	19	30.5	51.7	شمال غرب - جنوب شرق	6	13.46	Z		11
23/09/1947	8	33.3	58.7	شمالی - جنوبی	6.8	12.47	Z		12
10/05/1997	2	33.83	59.81	شمالی - جنوبی	7.3	7.96	EW		7
31/03/2006	1	33.65	48.91	شمال غرب - جنوب شرق	6.1	1.28		Z	3

منابع

- پورکرمانی، محسن؛ آرن، مهران، ۱۳۷۶، سایزمو تکتونیک (لرزه زمین‌ساخت)، انتشارات شرکت مهندسی مشاور دزآب.
- بیرشک، احمد، ۱۳۷۳، گاهنامه تطبیقی سه هزار ساله، انتشارات بنیاد دانشنامه بزرگ فارسی.
- سایت انجمن دانش پژوهان آماتور نیوجرسی <http://www.njsas.org>
- Chen, Lin, Yeh, 2003, Earthquake Clustering Relative to lunar Phases in Taiwan, TAO, vol. 14, No. 3, 1-10, September 2003.
- Ding, Zhongyi, Renkang; Wang, Ren, 1983, Tidal Stress as a Triggering Mechanism for Earthquakes, Acta Seismol. Sin 5, 172.
- Ding, Z., J. Jia, R. Wang, 1983, Seismic Triggering Effect of Tidal Stress, Tectonophysics, 93, 319- 335.
- Du, P. and Xu, D.: 1989, Astroseismologic Introduction, Seismological Press, pp. 100-240, in Chinese
- Juan, Zhao; Yanben, Han; Zhian, Li, 2002, Variation of Lunar- Solar Tidal Force and Earthquakes in Taiwan Island Of China, Earth, Moon and Planets, 88: 123-129.

<http://www.islsm.com>