

## لرزه خیزی و تخلیه انرژی لرزه‌ای در خزر جنوبی

لیلا بیات<sup>۱</sup>، دکتر بهرام عکاشه<sup>۲</sup> و دکتر محسن پورکرمانی<sup>۳</sup>

### چکیده

بلوک خزر جنوبی یک بلوک لرزه خیز در داخل کمربند کوهزایی آلپ - هیمالیا است که توسط کمربندهای فعال و لرزه‌خیزکپه داغ، تالش و خزر میانی احاطه شده است. منطقه مورد مطالعه در این بررسی در محدوده ۳۶ تا ۴۲ درجه عرض شمالی و ۴۸ تا ۵۷ درجه طول شرقی واقع شده است. در این تحقیق به دلیل رفتار لرزه خیزی متفاوت خزر جنوبی، این منطقه به ۷ ناحیه تقسیم شده است. از زمین لرزه‌های قرن جاری و همچنین زلزله‌های تاریخی برای محاسبه ضرائب گوتنبرگ - ریشتر و دوره بازگشت زلزله‌ها استفاده شده است. نمودارهای توزیع انرژی رسم و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته اند. ارزیابی مقادیر به دست آمده نشان دهنده فعالیت بالای لرزه خیزی در منطقه می‌باشد.

کلید واژه‌ها: زلزله، دریای خزر، لرزه خیزی، انرژی

### Seismicity and Seismic Released Energy in Southern of Caspian Sea

Leila Bayat, Dr. Bahram Akasheh and Dr. Mohsen Pourkermani

#### Abstract

Southern Caspian Sea is almost an active block in Alpine-Himalayan Belt that is surrounded by active and Seismic Belts such as Kopeh Dogh, Talesh and Mid-Caspian. The region that is being discussed here is located at 36 to 42 degree northern latitude and 48 to 57 degree eastern longitude. Because of various seismic activities in this region, it is divided into seven areas in this research. The data of earthquakes were used in the current century and historical earthquakes to estimate the Gutenberg-Richter parameters and the earthquake cycle (recurrence intervals). The distribution of seismic energy released have been drawn and analyzed. Evaluation of all these values has shown a high seismic activity in this region.

**Keywords:** Earthquake, Caspian Sea, Seismicity, Energy

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زلزله‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد تهران شمال

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی

## مقدمه

کیلومتر است که عریض‌ترین قسمت آن در شمال آستارا تا شمال خلیج حسینقلی (۵۶۰km) است (Mousavi Rouhbakhsh, 1369). این دریاچه بزرگ که با عنوان دریا موصوف و به اسامی مختلفی تا کنون نام‌گذاری گردیده در عرض‌های شمالی  $35^{\circ} 34' 33''$  تا  $31^{\circ} 13' 46''$  و طول‌های خاوری  $39^{\circ} 38'$  تا  $46^{\circ} 19' 33''$  واقع است (موسوی روحبخش، ۱۳۸۷). مساحت این دریا با در نظر گرفتن بالا آمدگی‌های ۱۹ ساله اخیر سطح آب آن، حدود ۴۳۸۰۰۰ کیلومتر مربع و حجم آب آن با احتساب عمق متوسط ۱۸۰ متر حدود ۷۹,۵۰۰ کیلومتر مکعب و عمیق‌ترین نقطه آن ۱۰۲۵ متر، در شمال خاوری شهر مرزی آستارای جمهوری آذربایجان قرار دارد (موسوی روحبخش، ۱۳۷۰). این دریا با توجه به شرایط ساختگاهی و جغرافیایی به سه بخش شمالی - میانی و جنوبی تقسیم شده است (شکل ۱). عمق آن از شمال به جنوب افزایش می‌یابد و میانگین ژرفای آن در ناحیه شمالی کمتر از ۱۰ متر، در بخش میانی بین ۱۸۰ تا ۷۸۸ متر و در بخش جنوبی که آب‌های کناره ایران را تشکیل می‌دهد به ۹۶۰ تا ۱۰۰۰ متر می‌رسد و به علت شیب کف دریای خزر در حدود دو سوم آب موجود در خزر در این ناحیه قرار دارد (Ambraseys, and Melville, ۱۹۸۲). طبق جدول (۱) مهم‌ترین تامین‌کننده آب دریای خزر، رودخانه ولگا در روسیه است که ۷۶/۲٪ آب آن را تامین می‌کند. به علت عدم ارتباط این دریا با آب‌های آزاد، سطح این دریا در

بلوک خزر جنوبی یک بلوک نسبتاً غیر لرزه خیز در داخل کمربند کوهزایی فعال آلپ - هیمالیا است. این بلوک توسط کمربندهای فعال و لرزه خیز همانند البرز، کپه داغ، تالش و خزر میانی احاطه شده است. وقوع زمین لرزه‌های مخرب و بزرگی همچون زمین لرزه ۳۱ خرداد ۱۳۶۹ منجیل - رودبار و خسارت‌های غیر قابل جبران ناشی از آن‌ها اهمیت مطالعه زمین ساخت، لرزه‌خیزی و میزان انرژی آزاد شده در اثر زمین لرزه‌ها را نشان می‌دهد. در این مطالعه سعی شده است بر مبنای اطلاعات زمین شناختی و لرزه زمین ساختی و تاکید بر اطلاعات زمین لرزه‌های تاریخی، دستگاهی و رقمی موجود، تحلیلی از وضعیت لرزه‌خیزی منطقه خزر جنوبی برای راهبرد برنامه‌ریزی‌های اقتصادی - صنعتی ارائه گردد. بنابراین با توجه به لرزه‌خیزی شدید منطقه از یک طرف و تراکم جمعیتی منطقه و اهمیت حیاتی استان‌های شمالی کشور در زمینه‌های کشاورزی، صنعتی، توریسم، مقاوم‌سازی سازه‌های مسکونی و تاسیسات صنعتی در مقابل آسیب‌پذیری، ضروری به نظر می‌رسد. حوضه خزر جنوبی یکی از مناطق جالب ناحیه‌ای و یامحلی است. این منطقه با بقیه بلوک‌های غیر لرزه‌ای ایران متفاوت است، زیرا خیلی پایین بوده و بیش از ۱۰۰۰-۵۰۰ متر زیر سطح دریا می‌باشد (Jackson, et al., 2002).

دریای خزر دارای جهت شمالی - جنوبی بوده و طول آن ۱۲۰۴ کیلومتر و عرض متوسط آن ۲۰۴

در حال بالا آمدن است (Yassini, 1976). این گسل‌ها عبارتند از: گسل خزر در جنوب و گسل تالش یا آستارا در مغرب. چنان که می‌دانیم کوه‌های البرز در حین کوهزایی آلپ میانی و پایانی شکل فعلی را به خود گرفته‌اند. این بخش از کشور ما لااقل در تریاس میانی (۲۲۰ میلیون سال پیش) به علت برخورد صفحه ایران با جنوب اوراسیا که باعث چین خوردگی و خروج البرز از آب شده، پدید آمده است (Stocklin, 1975). گسل‌های حاشیه‌ای در حوضه خزر هنوز هم به شدت فعال هستند زیرا بسیاری از زلزله‌های گیلان و مازندران در نتیجه جا به جایی‌ها و فعالیت این گسل‌ها به وجود آمده‌اند. مطالعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیک نشان می‌دهد که این گسل‌ها از نوع معکوس و تا حدی رو رانده‌اند (Herbig and Kuss, 1991). در این جا به طور مختصر به معرفی گسل‌های اطراف خزر می‌پردازیم.

#### - گسل البرز:

این گسل در دامنه شمالی البرز، از لاهیجان تا جنوب گنبد کاووس ادامه دارد و عمومی آن کم و بیش خاوری - باختری است و بخش میانی آن به دلیل خمش به سمت جنوب، سیمایی کمانی دارد. گسل البرز، جداکننده البرز از حوضه ترشیری حاشیه جنوبی خزر می‌باشد و این احتمال وجود دارد که این گسل نشانگر محل تقریبی زمین درز تئیس کهن باشد (آقاباتی، ۱۳۸۳). گسل البرز جدا کننده زون

زمان‌های مختلف بسیار متغیر بوده است و از ۳۱- متر تا ۲۲- مترنوسان داشته است (موسوی روح بخش، ۱۳۸۷). منطقه مورد مطالعه در این بررسی در محدوده ۳۶ تا ۴۲ درجه عرض شمالی و ۴۸ تا ۵۷ درجه طول شرقی واقع شده است و به دلیل رفتار لرزه خیزی متفاوت دریای خزر، محدوده مورد مطالعه به ۷ قسمت تقسیم شده است (روح الهی، ۱۳۷۶). در این مطالعه ضرائب گوتنبرگ - ریشتر و دوره بازگشت زلزله‌ها و همچنین ریسک احتمالی وقوع زلزله در منطقه محاسبه شده است. نمودارهای توزیع انرژی رسم و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند و به کمک این منحنی‌ها، فعالیت لرزه خیزی ۷ منطقه با هم مقایسه شده است.

#### مروری بر خصوصیات لرزه زمین ساخت منطقه

دریای خزر رami توان به صورت گودالی در پوسته قاره‌ای باقی مانده از یک پوسته اقیانوسی دریای تئیس (Tethys) دانست که در بین رشته کوه‌های چین خورد آلپ - هیمالیا قرار گرفته است. اصولاً فرورفتگی خزر تحت تأثیر عملکرد یک سری گسل‌های عادی می‌باشد که می‌توان آن را به عنوان بخشی از بزرگ ناودیس مدیترانه در نظر گرفت (Moore, 1969). کوه‌های البرز به صورت تاقدیس شکنجی بوده و در عین حال با شکستگی‌ها، گسل‌ها و رورانگی‌های مهم همراه است. این گسل‌ها با ساحل فعلی دریای خزر موازی‌اند و در امتداد همین گسل‌ها، کف دریا در حال فرونشینی و بعضاً

است. در طول تاریخ زلزله‌های مخرب شدیدی همچون زلزله منجیل در ۳۱ خرداد ۱۳۶۹ با بزرگی ۷.۷ ریشتر در کمربند البرز - کپه داغ، به وجود آمده است، اما کمربند خزر میانی از قسمتی از دریای خزر که دارای کمترین عرض است عبور می‌کند. این ناحیه دارای بیشترین پتانسیل لرزه خیزی در خزر است چرا که فصل مشترک دو صفحه اوراسیا و ایران است، بنابراین حرکت رو به شمال صفحه ایران نسبت به صفحه اوراسیا باعث ایجاد تغییر شکل‌های فشاری می‌شود، ساز و کار لرزه‌ای در این ناحیه به این صورت است که صفحه اقیانوسی خزر جنوبی توسط جنوب خزر دچار رورانگی می‌شود. بنابراین قسمت جنوبی دریای خزر روز به روز کوچک‌تر می‌شود (آمبرسیز، 1997). بین دو کمربند ذکر شده یک ناحیه غیر لرزه خیز وجود دارد، این ناحیه که در جنوب شرقی دریای خزر و در مجاورت ایران وجود دارد، کانون هیچ زلزله‌ای در طول تاریخ نبوده است، ولی در اطراف این ناحیه غیر لرزه خیز کمربندهایی با لرزه خیزی شدید وجود دارند که زلزله‌هایی با خسارت‌های بسیار را به وجود آورده‌اند (McBride, et al., 1998).

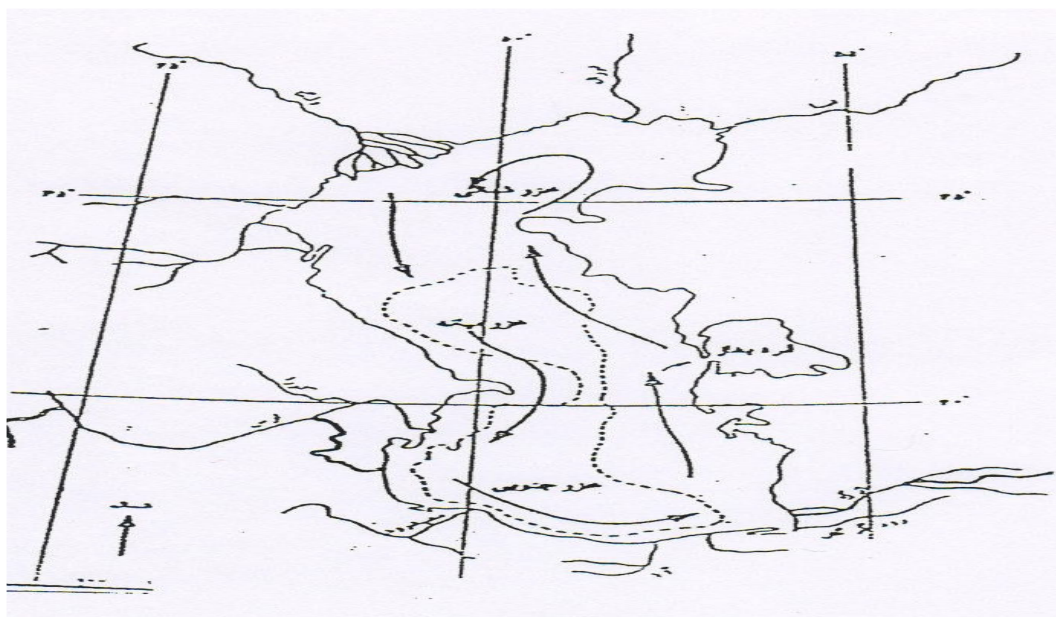
گرگان - رشت از بقیه البرز است و گودال خزر در طول این گسل در حال فرونشینی است و به نظر می‌رسد که فرورفتگی دریای خزر و ریخت‌شناسی دشت‌های گیلان و مازندران در اثر حرکت این گسل (پایین رفتن بخش شمال آن) به وجود آمده باشد (نبوی، ۱۳۵۵). در حال حاضر این گسل بسیار فعال است و احتمال آن می‌رود که بسیاری از زمین لرزه‌های گیلان و مازندران در نتیجه جا به جایی در طول این گسل باشد (درویش‌زاده، ۱۳۸۳).

#### - گسل آستارا (تالش):

این گسل در شمال باختری کشورمان و خاور آذربایجان خاوری واقع است که در ریخت‌شناسی منطقه نقش بزرگی بازی کرده و فرورفتگی دریای خزر در خاور این گسل بسیار مشخص است. دنباله این گسل تا قفقاز از جمهوری آذربایجان کشیده شده و به فرورفتگی کورا - انزلی Koura-Anzali (depression) رسیده است. روند این گسل شمالی - جنوبی (Moore, 1969).

#### لرزه خیزی خزر جنوبی

بلوک خزر جنوبی وسط دو کمربند لرزه خیز البرز - کپه داغ و کمربند خزر میانی احاطه شده



شکل ۱- بخش‌های سه گانه خزر نمایش جهت جریان آب در آن، اقتباس از (بربریان، ۱۹۸۳)

جدول (۱) واردات آب به خزر در سال ۱۹۹۰

درصد آب وارده	حجم سالانه آب وارد به دریا (کیلومتر مکعب)	رودخانه
۷۶.۲	۲۷۰.۸۳	ولگا
۵	۱۷.۲۲	کورا
۳.۷	۱۳.۱۷	اورال
۳.۲	۱۱.۳	ترک
۱۲	۴۲.۶۵	سفیدرود و سایر رودها
۱۰۰	۳۵۵.۱۸	مقدار کل

اقتباس از (موسوی روحبخش، ۱۳۸۷)

### بررسی ژئوفیزیکی منطقه

قفقاز) قرار داشته است، از نظر میزان فعالیت لرزه خیزی منطقه به هفت ناحیه لرزه خیز تقسیم شد (روح الهی، ۱۳۷۵). منطقه‌ای که در این مطالعه بررسی می‌شود، دارای محدوده ۳۶-۴۲ درجه عرض شمالی و ۴۸-۵۷ درجه طول شرقی است.

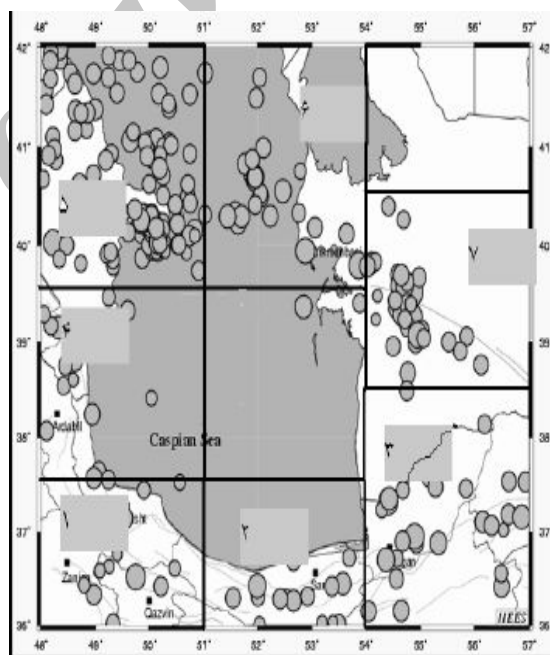
از آن جا که داخل بلوک خزر جنوبی از فعالیت لرزه خیزی کمی نسبت به حاشیه‌های بلوک برخوردار می‌باشد و همچنین کانون زمین لرزه‌های پدید آمده در مکان‌های خاص منطقه خزر جنوبی (غالباً در امتداد روند کمر بند البرز، تالش، کپه داغ -

جدول ۲- ناحیه بندی خزر جنوبی

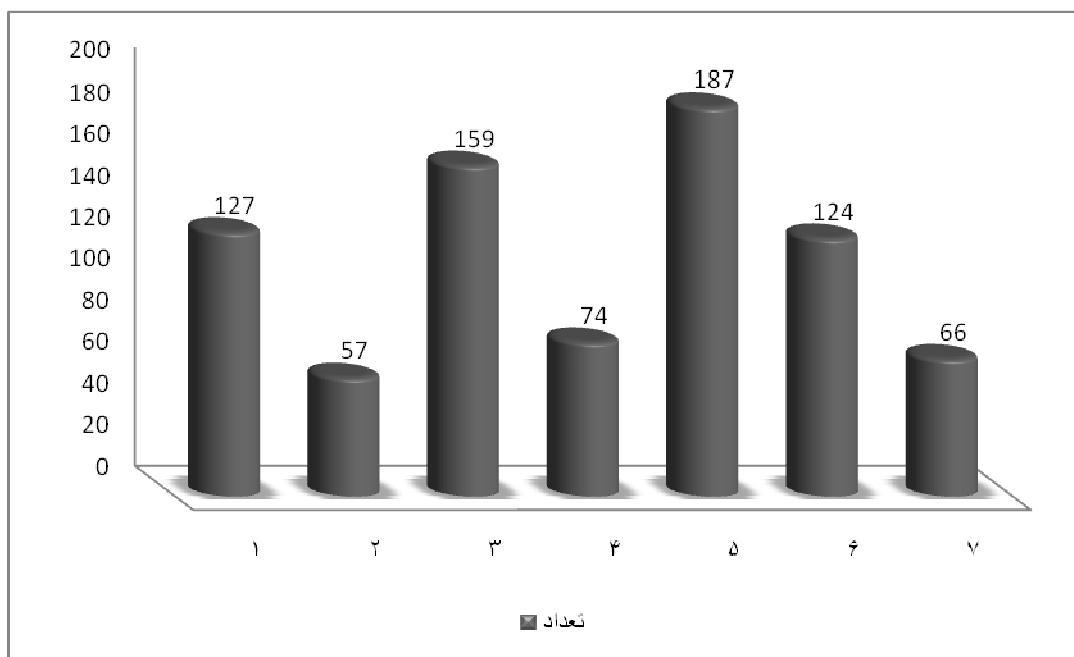
ناحیه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
۱	۳۶-۳۷.۵	۴۸-۵۱
۲	۳۶-۳۷.۵	۵۱-۵۴
۳	۳۶-۳۸.۵	۵۴-۵۷
۴	۳۷.۵-۳۹.۵	۴۸-۵۱
۵	۳۹.۵-۴۲	۴۸-۵۱
۶	۳۹.۵-۴۲	۵۱-۵۴
۷	۳۸.۵-۴۰.۵	۵۴-۵۷

تعداد ایستگاه‌های لرزه نگاری در سال‌های قبل از سال ۱۹۶۹ به تعداد کافی نبوده و در نتیجه زمین لرزه‌ها و تعیین رومرکز آن‌ها دارای دقت کافی نبوده است، زمین لرزه‌های گزارش شده از سال ۱۹۶۹ به بعد در نظر گرفته شده اند (شکل ۳).

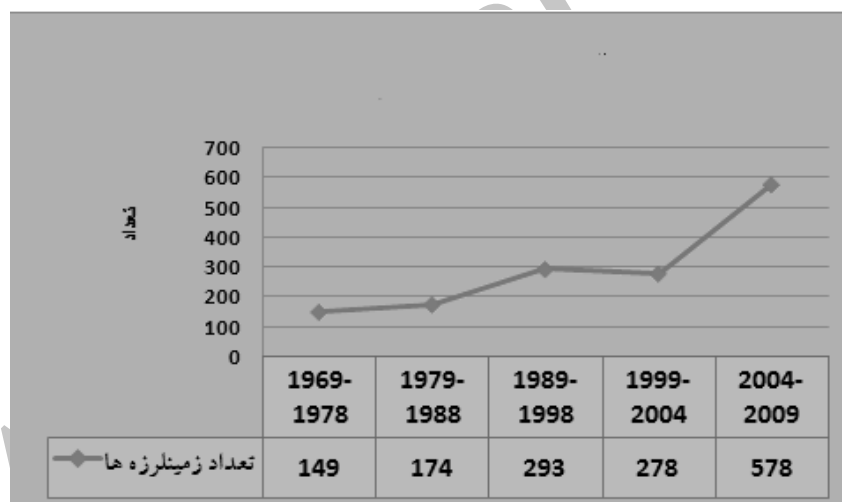
براساس توزیع پراکندگی روی مرکز زمین لرزه‌ها و ۷ ناحیه (شکل ۲) مطابق جدول (۲) تقسیم شده است. ناحیه بندی منطقه براساس توزیع پراکندگی رومرکز زمین لرزه‌ها از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۹ صورت گرفته است که زمین لرزه‌های منطقه از کاتالوگ‌های معتبر ISC, USGS استخراج شده است. به دلیل این که



شکل ۲- تقسیم بندی هفت ناحیه لرزه خیز خزر جنوبی اقتباس از (روح الهی، ۱۳۷۵)



شکل ۳- نمودار میله‌ای تعداد زمین لرزه‌ها با  $(M \geq 4)$  در هر ناحیه در بازه زمانی ۱۹۶۹ تا ۲۰۰۹



شکل ۴- نمودار فراوانی کل زمین لرزه‌ها در دهه‌های متوالی بین سالهای ۱۹۶۹ تا ۲۰۰۹

نگاری بلند دوره باشد. حال زمان آن رسیده تا به محاسبه آماری پارامترهای لرزه خیزی منطقه براساس رابطه گوتنبرگ - ریشتر، پرداخته شود. در این قسمت محاسبات آماری بر اساس ناحیه بندی ذکر شده در منطقه خزر جنوبی صورت گرفته است (جدول ۲). در این محاسبات ابتدا تعداد زمین

همانطور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود نرخ توزیع زمین لرزه‌ها در طی سال‌های اخیر روبه افزایش است، اما این روند افزایشی نمی‌تواند گواه بر افزایش لرزه خیزی منطقه باشد، بلکه می‌تواند ناشی از استقرار تعداد بیشتری از تجهیزات لرزه نگاری در منطقه خاورمیانه و شبکه‌های جهانی لرزه

از مقایسه پارامترهای  $a$ ,  $b$  مربوط به ۷ ناحیه در جدول (۴) چنین برمی آید که قسمت‌های شمال و جنوب غربی، جنوب شرقی و شمال غربی در منطقه خزر جنوبی از لرزه خیزی بالایی برخوردار است. با توجه به محاسبات انجام شده میانگین دوره بازگشت زمین لرزه‌ها در نواحی ۳,۵,۶ با هم تقریباً شباهت داشته و ناحیه‌های ۱ و ۷ نیز با یکدیگر تا حدودی شباهت دارند به همان نسبت این تناظر را برای ریسک لرزه‌ای خواهیم داشت.

#### محاسبه انرژی و واتنش آزاد شده خزر جنوبی

در این بررسی انرژی آزاد شده در اثر زمین لرزه‌های منطقه خزر جنوبی را در طی چهار دوره ده ساله را مورد بررسی قرار داده ایم. با وجود این که کاربرد مقیاس بزرگی ریشتر یک روش مناسب برای طبقه بندی زمین لرزه‌ها بر

اساس اندازه آن‌ها است، ولی بزرگی زلزله اطلاعات مستقیمی درباره اثرات زمین لرزه بر روی ساختمان‌ها و غیره نشان نمی دهد. رابطه تجربی که بین انرژی رها شده به صورت امواج الاستیک، در کانون زمین لرزه بر حسب آرگ و بزرگی آن ( $M$ )، که توسط گوتنبرگ - ریشتر در سال ۱۹۵۶ ارائه گردیده و در حد وسیع مورد استفاده قرار می گیرد به صورت زیر است:  $\log E = 11.4 + 1.5 M$  بنابراین برای محاسبه، منطقه به مربعات  $0.5 \times 0.5$  از طول و عرض جغرافیایی تقسیم بندی گردیده است. انرژی لرزه‌ای ( $E$ ) و واتنش آزاد شده مربوطه

لرزه‌ها با بزرگی  $4 \leq M_b \leq 6.5$  در هر ناحیه برای یک دوره ۱۰۹ ساله مشخص شده است، سپس با محاسبه  $\log(N)$  و ترسیم آن بر حسب  $M$ ,  $b$  بر اساس روش حداقل مربعات، بهترین برازش خطی انجام گرفته است به شکلی که پارامترهای لرزه خیزی  $a$  و  $b$  برای هر ناحیه به دست آمده است. لازم به توضیح است که در پایان، پارامترهای  $a$  و  $b$  برای بازه‌ای یک ساله محاسبه شده اند (جدول ۳). پس از آن، دوره بازگشت زمین لرزه‌ها را از رابطه  $T=1/N$  و ریسک لرزه‌ای احتمالی وقوع زلزله در هر ناحیه با رابطه  $R(M,T)=1-e^{-Nt}$  محاسبه شده است (جدول ۴).

جدول ۳- پارامترهای  $a, b$  تعیین شده برای نواحی مختلف خزر جنوبی

ناحیه	a	b
1	0.68	0.457
2	0.33	0.362
3	0.81	0.471
4	0.37	0.359
5	0.91	0.438
6	0.62	0.403
7	0.16	0.347
کل خزر جنوبی	1.4	0.429

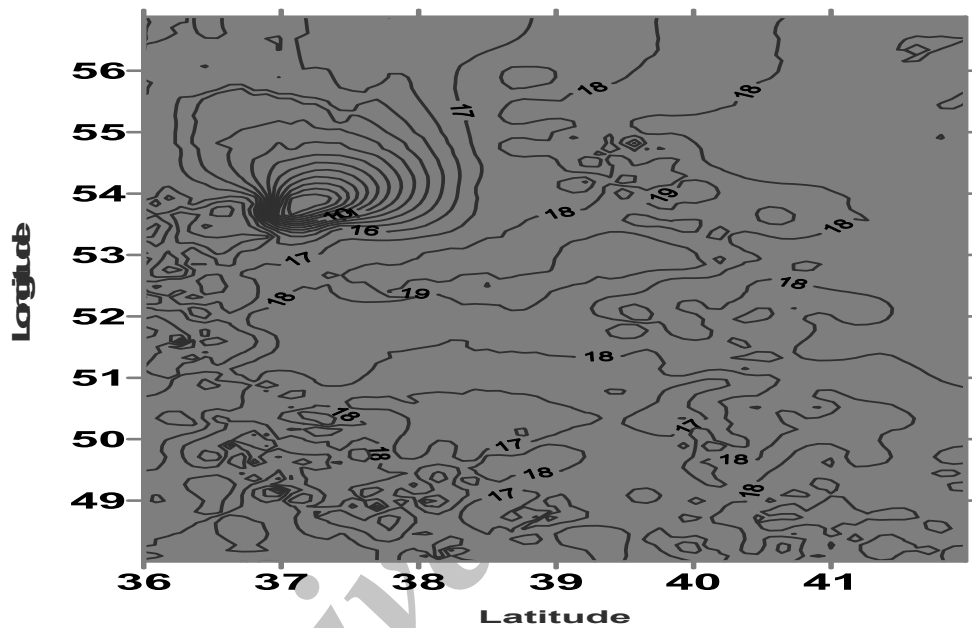
جدول ۴- میانگین دوره بازگشت زمین لرزه‌ها و ریسک لرزه‌ای

احتمالی وقوع آن‌ها در کل خزر جنوبی

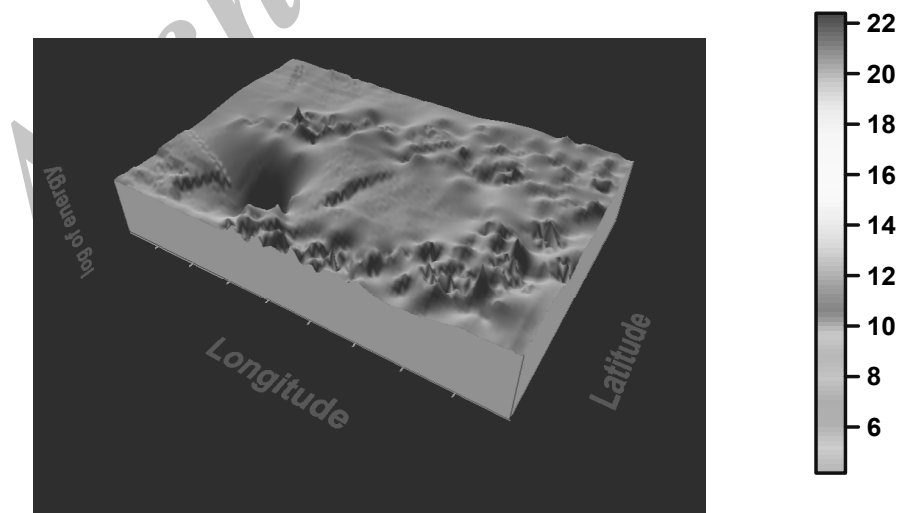
Mb	T	Rt=10	Rt=20	Rt=30	Rt=40	Rt=50
4	1.80	1	1	1	1	1
4.5	2.90	0.97	1	1	1	1
5	4.68	0.88	0.99	1	1	1
5.5	7.53	0.73	0.93	0.98	1	1
6	12.13	0.56	0.81	0.92	0.96	0.98
6.5	19.54	0.40	0.64	0.78	0.87	0.92



( $E^{1/2}$ ) زمین لرزه‌های داخل هر مربع در دوره‌های مختلف محاسبه و با یکدیگر جمع شده است و در پایان منحنی دو بعدی، شکل (۵) و سه بعدی، شکل (۶) واتنش آزاد شده منطقه به شکل منحنی‌های تراز، نشان داده شده است.



شکل ۵- منحنی دوبعدی واتنش آزاد شده در منطقه خزر جنوبی بین سالهای ۱۹۷۰-۲۰۰۹



شکل ۶- تغییرات سه بعدی واتنش آزاد شده در خزر جنوبی سالهای ۱۹۷۰-۲۰۰۹

بیش از ۶ درجه در مقیاس ریشتر به ندرت ثبت شده است و این نشان دهنده دوره بازگشت طولانی حدود یک صد سال و بیشتر برای منطقه است. بنابر این با توجه به مطالعات صورت گرفته قبلی توسط دانشمندان چنین به نظر می‌رسد که آزاد شدن انرژی در مرزهای بلوک خزر دارای حرکت متقابل می‌باشد که در دوره بعد ناحیه مقابل آن فعال می‌شود و فعالیت لرزه خیزی منطقه این چنین روندی را تعقیب می‌کند که علت آن می‌تواند اثر نیروهای تکنونیک و حرکت صفحه عربستان صفحه توران (اوراسیا) و گیر افتادگی خزر در میان این دو صفحه و بیرون شدگی به سمت شرق شمال غرب ایران باشد.

#### منابع

- آقائباتی، ع. (۱۳۸۳)، زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- بربریان، م. و همکاران (۱۹۸۳)، پژوهش و بررسی نو زمین ساخت و خطر زمین لرزه - گسلش درگستره تهران و پیرامون، سازمان زمین‌شناسی کشور
- درویش‌زاده، ع. (۱۳۸۲)، زمین‌شناسی ایران، انتشارات امیرکبیر
- روح الهی، ن. (۱۳۷۶)، مطالعات لرزه خیزی خزر جنوبی، پایان نامه کارشناسی ارشد، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

اگر فعالیت این نواحی در دوره‌های زمانی مختلف را با هم مقایسه کنیم، مشاهده می‌شود که در طی دوره ۱۹۸۰-۱۹۷۰ ناحیه غرب دارای بیشترین مقدار انرژی آزاد شده است. در طول دوره ۱۹۹۰-۱۹۸۰ ناحیه شمال و ناحیه (۶) دارای بیشترین فعالیت بوده اند. در طی دوره ۱۹۹۹-۱۹۹۰ ناحیه (۱) که در دوره‌های قبل ناحیه‌ای نسبتاً آرام بوده، فعال شده و مقدار انرژی آزاد شده در طی زمین لرزه‌های رخ داده در این دوره بسیار زیاد است. در طول دوره ۲۰۰۹-۲۰۰۰ ناحیه شمال غرب فعال است.

#### بحث و نتیجه‌گیری

فلات ایران سرزمینی زلزله خیز است و از سوی دانشمندان به ایالت‌هایی لرزه خیز تقسیم بندی شده است که منطقه خزر جنوبی با گسل‌هایی نسبتاً فعال، یکی از این ایالت‌ها می‌باشد که البته با وجود ناحیه بندی و محاسبه ضرائب گوتنبرگ - ریشتر و ریسک احتمالی وقوع زلزله و پیوند بازگشت و در آخر تعیین انرژی آزاد شده برای هر منطقه و کل محدوده خزر جنوبی که صورت گرفت، مشاهده کردیم پتانسیل لرزه خیزی این مناطق یکسان نیست و در مجموع با تحلیل آماری بیان شد که از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۹ قسمت‌های جنوبی، جنوب غربی و شمال غربی فعالیت لرزه خیزی بالایی داشته اند. از توزیع کانونی زمین لرزه‌های خزر جنوبی با داده‌های دستگاهی چنین بر می‌آید که زمین لرزه‌ها با بزرگی

— موسوی روحبخش، م. (۱۳۸۷)، چینه‌شناسی و زمین‌شناسی نفت دریای خزر

— روحبخش، م. (۱۳۷۰)، چینه‌شناسی زیستی خزر جنوبی و دوکفه‌ای‌ها و شکم - پایان آن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد تهران شمال

— نبوی، م. ح. (۱۳۵۵)، زمین‌شناسی ایران، نشر سازمان زمین‌شناسی کشور

- Ambraseys, N.N. (1997), "The (Turkmenistan) Earthquake of 8th July 1895", Journal of Earthquake Engineering, Vol.1, No.2, pp 293-317.
- Ambraseys, N.N. and Melville, C.P. (1982), "A History of Persian Earthquakes", Cambridge university press.
- Herbig H.G. and Kuss J. (1991), Basin analysis, University of Hamburg.
- Jackson, J. Priestley, K. Allen, M. and Berberian, M. (2002), "Active tectonics of the South Caspian Basin", via Internet.
- McBride, J. Priestly, K. and Rozhkov, M. (1998), "Recent Seismological Projects and Seismic Investigations of the Crust and Upper Mantel Structure of the Caspian Basin", via Internet.
- Moore R.C. (1969), Treatise on invertebrate Paleontology, Part1, Mollusca Gastrpoda, Russel Ruttc Co.
- Mousavi Rouhbakhsh, M. (1369), Technical trip to USSR, Baku, N. I. O. C. unpublished report.
- Stocklin, J. (1975), Geology of the foothil between Talor and Tajan, Mazanderan.
- Yassini I. (1967), Final Paleontological Report of Inche No, 2 N.I.O.C pub. T. R. No, 282.