

مخاطرات محیط طبیعی، شماره ۵، بهار ۱۳۹۴

وصول مقاله: ۱۳۹۱/۱۲/۱۲

تأیید مقاله: ۱۳۹۳/۰۷/۰۷

صفحات: ۱-۱۲

تحلیل خطر زمین لرزه و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی شتاب در محدوده جزیره خارک

دکتر مهدی زارع[□]، مهندس سیداحمد هاشمی[□]، مهندس رویا رحمانی[□]

چکیده

موقعیت ایران که بر روی کمربند آلپ - هیمالیا قرار گرفته، به عنوان یکی از مناطق زلزله‌خیز جهان بشمار می‌رود. جزیره خارک بخشی از کمربند چین خورده - رانده زاگرس واقع در حاشیه شمال شرقی پلیت عربی است. در این مقاله منطقه مورد مطالعه براساس ویژگی‌های زمین‌شناسی به ۱۱ ایالت لرزه‌زا تقسیم‌بندی گردیده است. همچنین براساس ویژگی لرزه‌شناسی، پارامترهای لرزه‌خیزی آنها محاسبه شدند. بعلاوه دوره بازگشت ایالت‌ها نیز تهیه گردید. در نهایت با استفاده از روابط کاهندگی مناسب نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین لرزه منطقه تهیه گردید که بر اساس این مطالعات بیشینه شتاب جنبش نیرومند زمین برای دوره ۴۷۵ سال در منطقه ۰/۳۶ بدست آمد.

کلیدواژه‌ها: جزیره خارک، زمین لرزه، ایالت لرزه‌زا، بیشینه شتاب زمین.

مقدمه

از دیدگاه زمین‌ساختی، ایران بر روی کمربند لرزه‌خیز آلپی قرار دارد. این کمربند از شرق پرتغال در سمت شرق شروع شده و با عبور از جنوب اروپا در ایران و جنوب شرق آسیا تا اقیانوس آرام امتداد می‌یابد و بیش از ۱۵٪ از زمین‌لرزه‌های جهان در این ناحیه خطی شکل اتفاق می‌افتد (پورکرمانی و آراین، ۱۳۷۶).

مورفولوژی کنونی ایران متأثر از کوه‌زایی آلپی است. مطالعات نشان داده که لرزه‌خیزی ایران ارتباط مستقیمی با وضعیت زمین‌شناسی و زمین‌ساختی آن دارد.

تحلیل داده‌های لرزه‌های در دوره‌های ۱۹۰۰ تا ۱۹۸۹ نشان می‌دهد که تقریباً هر ۵ سال بطور متوسط یک زمین‌لرزه با بزرگی ۷ در ایران اتفاق می‌افتد و اثرات جدی بر جامعه انسانی وارد می‌سازد. با وجود این که پیش‌بینی دقیق زمین‌لرزه‌های بزرگ امکان‌پذیر نیست اما این امکان وجود دارد که ماهیت، بزرگی و مشکلی را که شهر یا منطقه با آن مواجه خواهد شد ارزیابی و برآورد شود. در اولین گام در ارزیابی چنین خطری تعیین الگوی لرزه‌خیزی یا وقوع زمین‌لرزه در زمان و مکان است که در این راستا، ثبت کامل زمین‌لرزه‌ها با دستگاه‌های ثبت و ابزارهای تحلیلی جدید در مراکز منطقه و ملی نیازی ضروری است.

به همین دلیل بخش مهمی از هر برنامه‌ریزی برای پیشگیری و کاهش خطر زمین‌لرزه، بایستی شامل توسعه و بسط شبکه کامل لرزه‌نگاری در مناطقی باشد که هیچ پایگاه لرزه‌نگاری وجود ندارد. همگام با یک چنین توسعه‌های، انجام مطالعات تفصیلی لرزه زمین ساخت کشور بر پایه ۱- لرزه‌خیزی تاریخی ۲- لرزه‌های دستگاهی مکانیابی شده ۳- مطالعات نو زمین ساخت گسل‌های فعال و حرکات پوسته کاملاً ضروری است.

مطالعات گسترده‌ای از اوایل قرن تاکنون در زمین‌های مختلف بویژه در زمینه ساختارهای موجود در این کمربند (چین خورده - رانده زاگرس) انجام گرفته شده است ولی هنوز اطلاعات موجود در مورد بسیاری از ساختارهای آن دقیق و کامل نیست. از طرف دیگر لرزه‌خیزی پراکنده و شدید، وجود گسل‌های پنهان، طبقات شکل‌پذیر و گنبد‌های نمکی، در اکثر نقاط آن پرسش‌های فراوانی را مطرح می‌کند که ضرورت پژوهش بیشتر در این کمربند چین خورده - رانده را ایجاب می‌کند.

پیشینه تحقیق

با توجه به موقعیت استراتژیکی منطقه مورد مطالعه، برآورد خطر زلزله که پایه و اساس کارهای مهندسی و طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله می‌باشد، ضروری به نظر می‌رسد. زیرا معیاری که در اختیار مهندس سازه و زلزله برای طراحی می‌باشد شتاب زمین بدست آمده از بر آورد خطر زلزله است. بنابراین شناسایی و بررسی و ارزیابی ریسک وقوع زلزله با توجه به سوابق تاریخی و شرایط اقلیمی و جغرافیایی منطقه حائز اهمیت است. در این راستا مطالعات گسترده‌ای در زمینه زمین‌شناسی و تکتونیک منطقه توسط شرکت ملی نفت ایران صورت گرفته است ولی مطالعه متمرکز و جدیدی در مورد لرزه‌خیزی خا‌رک تا به حال صورت نپذیرفته و سازه‌های قبلی بر اساس استانداردهای نفتی حدود ۳۰ سال پیش بوده و سازه‌های جدید نیز بر معیارهای استاندارد ۲۸۰۰ می‌باشد.

موقعیت جغرافیایی منطقه

جزیره خارک در نیمه شمالی پهنه آبهای خلیج فارس و در فاصله ۳۰ مایلی (۵۷ کیلومتری) شمال غربی بندر بوشهر و بین مختصات جغرافیایی ۱۷' ۵۰° تا ۲۰' ۵۰° طول جغرافیایی و بین ۱۲' ۲۹° تا ۱۷' ۲۹° عرض جغرافیایی واقع شده است. جزیره خارک از شمال شرقی به فاصله ۲ مایلی (۳/۷ کیلومتر) تا جزیره خارکو و به فاصله ۲۰ مایلی (۳۸ کیلومتر) تا بندر گناوه محدود میگردد.

چینه‌شناسی منطقه

قدیمیترین رسوبات موجود در جزیره خارک را تشکیلات آگاجاری فوقانی یا بخش لهبری[□] شامل سیلتستون و مارنهای رنگین مربوط به پلیوسن تشکیل میدهند. بر روی این بخش، کنگلومرای بختیاری (آهک خارک) قرار گرفته و گرچه با کنگلومرای بختیاری هم سن هستند ولی از نظر Faces با آن متفاوت است. بر روی سازند اخیر واریزه‌های ناشی از تخریب ناهمواری‌ها قرار گرفته است و اصطلاحاً در محل ماسه دریایی گفته میشود و حدود بیش از ۵ متر عمق دارند.

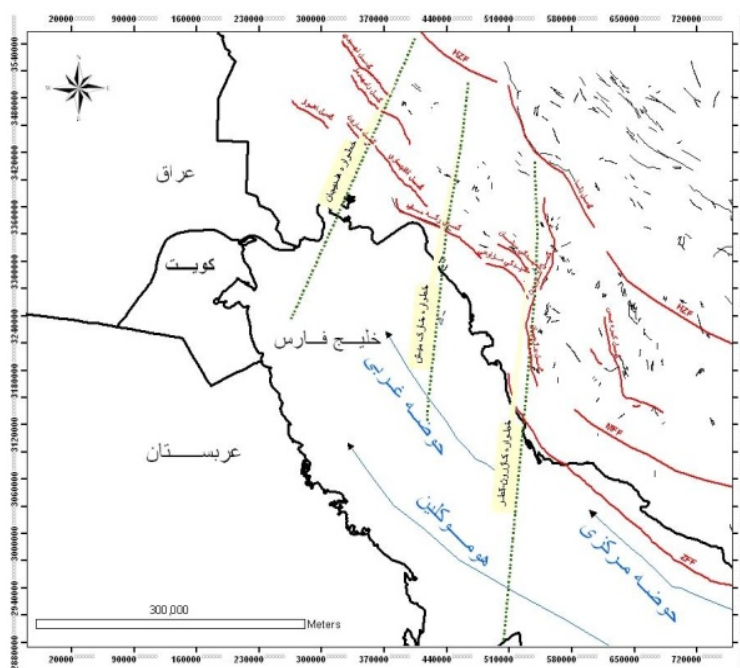
لرزه زمین‌ساخت منطقه

با توجه به وضعیت زمین‌شناسی خارک میتوان نتیجه گرفت که آخرین کوه‌زایی یعنی پاسادنین، باعث چین خوردن این جزیره، اگرچه در زیر آب گردیده است. دو تاقدیس یکی سرتاسر جزیره یعنی از شمال تا جنوب و دیگری کوتاهتر و از شمال تا قسمت‌های میانی جزیره، به موازات هم در جهت شمال غرب به جنوب شرق با شیب ملایم، زمین‌شناسی خارک را تشکیل داده‌اند. از آنجایی که حرکت صفحه عربستان به طرف صفحه ایران متوقف نگردیده و در شرایط کنونی نیز ادامه دارد (حدود ۳ تا ۵ سانتیمتر)، لذا حرکات بعدی کوه‌زایی، رسوبات جوانتر را نیز تحت تأثیر قرار داده و موجب شکستگی‌هایی در آنها شده است که زمین‌لرزه‌های حادث در این منطقه موید ادامه چنین فشارهایی میباشد.

گسل‌های فعال اطراف منطقه

شکستگی‌های پوسته جامد زمین که در راستای آنها جابجایی نسبی روی میدهد، گسل نامیده میشود. جنبش برشی، در هر دو سوی گسل، از روی سطح زمین تا ژرفای زیاد ادامه مییابد. گسلش و ایجاد زمین‌لرزه به سبب انباشتگی تنش‌های ناشی از جنبش صفحات زمین ساختی نسبت به همدیگر و جنبش‌های درون گوشته بالایی روی میدهد. گسل‌هایی که دارای یک یا چند ویژگی زیر باشند گسل جنب یا توانمند (گسلی با توان جنبش در روی زمین) به حساب می‌آیند.

۱. رویداد زمین‌لرزه تاریخی (پیش از سده بیستم) در بخشی از درازای گسل؛
 ۲. کانونیایی زمین‌لرزه‌های بزرگ با خطای کم در سده بیستم از نقطه‌های از درازای گسل‌های راست‌الغز و یا فرادیواره گسل‌های فشاری و یا کششی؛
 ۳. گسلش در رسوبات کواترنر پسین، یک جنبش در ۳۵/۰۰۰ سال پیش و یا دو جنبش یا بیشتر در ۵۰۰/۰۰۰ سال گذشته؛
 ۴. پرتگاه‌های گسلی جنباً در روی زمین که بر اثر فرسایش از بین نرفته باشند؛
 ۵. رویداد که لرزه‌ای زیاد، هم بسته با رویه گسل که با شبکه کامل و بسته لرزه‌نگار محلی با خطای کم در مرکز و کانون ژرفی و زمان‌گیری یکنواخت برداشت میشود؛
 ۶. همبستگی زمینساختی یک گسل با گسل شناخته شده جنباً، که به سبب جنبش آن، در گسل مجاور نیز جنبش روی میدهد.
- انتظار می‌رود گسل‌هایی با ویژگی‌های فوق در آینده نیز دچار جابجایی نسبی شوند و در هر گونه سازه‌های که بر روی آنها قرار می‌گیرد، برش ایجاد می‌کنند. در نتیجه، شناخت دقیق و کامل گسل‌ها، بویژه گسل‌های کواترنر، گام نخست در راه بررسی لرزه زمینساخت و خطر زمین‌لرزه گسلش در هر پهنه است.
- در این مطالعه گسل‌های اصلی به شعاع ۳۰۰ کیلومتر از ساختگاه در شکل (۱) آورده شده است.



شکل ۱: گسل‌های اطراف ساختگاه

مأخذ: نگارندگان

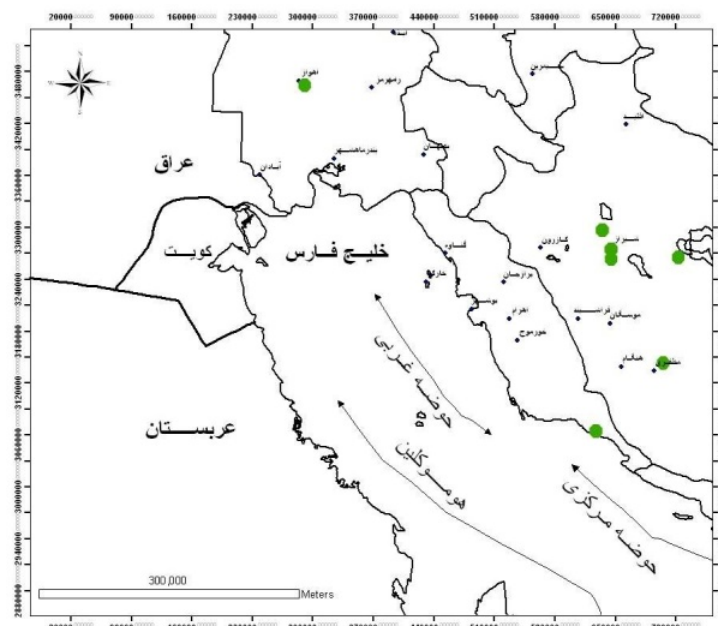
پارامترهای اندازه‌گیری

از مراحل تحلیل خطر زلزله، تعیین پارامترهایی است که با آنها به تعیین اندازه زلزله می‌پردازیم. روش‌های مختلفی به این منظور موجود است:

الف- زلزله‌های تاریخی

زمین‌لرزه‌های تاریخی به زمین‌لرزه‌های قبل از سده بیستم (قبل از ۱۹۰۰ میلادی) گفته می‌شود. در آن زمان شبکه‌های لرزه‌نگاری گسترش نداشته و داده‌های زمین‌لرزه‌های از نوشتارهای تاریخی مانند کتب تاریخی، سفرنامه و گاهی گفتارهای شفاهی بدست می‌آید، بدیهی است که این گونه منابع آگاهی اندکی درباره مرکز مه لرزه‌های ارائه می‌دهند. با وجود اینکه زمین‌لرزه‌های تاریخی از دقت کمی از نظر محل وقوع و شدت و بزرگای دارند ولی برای به دست آوردن دید کلی از لرزه‌خیزی منطقه مفید می باشد. در این بررسی زلزله‌های تاریخی گستره طرح جمع‌آوری شد (شکل ۲).

بزرگترین زمین‌لرزه تاریخی، زمین‌لرزه قیر-کارزین سال ۱۴۴۰ با بزرگای ۷/۱ می‌باشد.



شکل ۲: زمین‌لرزه‌های تاریخی اطراف ساختگاه

مأخذ: نگارندگان

ب- زلزله‌های دستگاهی

از سده بیستم به بعد به دلیل وجود دستگاه‌های لرزه‌نگاری و ثبت دستگاهی موقعیت‌های مکانی و نیز بزرگای لرزه‌های حاصل از زمین‌لرزه‌های دستگاهی، بسیار زیادتر و دقیق تر از داده‌های موجود از زمین‌لرزه‌های تاریخی می‌باشد. زمین‌لرزه‌های ثبت شده دستگاهی نیز دارای خطاهایی در تعیین مکان دقیق و مرکز سطحی، کانون و عمق

کانونی و یا زمان بروز زلزله میباشند، که با به وجود آمدن دستگاههای لرزهنگاری جدیدتر خصوصاً از سال ۱۹۶۰ میلادی به بعد، خطاهای فوق به ویژه برای زلزلههای اخیر با بزرگای زیاد کم شده است. به طوریکه این نوع دادهها بسیار کاملتر و دقیقتر از دادههای تاریخی موجود در گستره طرح بوده و به تبع در نتایج حاصل از برآورد پارامترهای تحلیل خطر نقش بسیار مهمتری ایفا میکند. در این مطالعه زمین لرزههای دستگاهی از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۷ میلادی از کاتالوگ و سایت های معتبر (USGS, ISC, ..) جمعآوری گردید. بزرگترین زمین لرزه دستگاهی در گستره طرح زمین لرزه سال ۱۹۹۹ استان فارس با بزرگای ۶/۳ می باشد.

ج- روش بزرگا- طول گسیختگی گسل

این روش یکی از معمولترین روشها برای تخمین اندازه زلزله است. در این روش طول احتمالی یک گسیختگی زلزله اندازهگیری شده و با استفاده از رابطههای تجربی اندازه زلزله حدس زده میشود (Selmons 1977, Zare 1995). زلزلههایی با بزرگای ۶ یا بیشتر میتوانند با گسیختگی سطحی همراه باشند. زلزلههای بزرگتر معمولاً با پارامترهای اندازهگیری گسیختگی بزرگتری (نظیر طول گسیختگی، مساحت گسیختگی، تغییر مکان سطحی) همراه اند. براساس بزرگاهای حدس زده شده برای زلزلههای تاریخی (امبرسیز- ملویل ۱۹۸۲) و همچنین بزرگاهای دستگاهی گزارشی شده برای زلزلههای سده بیستم در ایران و با در نظر گرفتن همگن کردن بزرگا (بزرگای مساوی و یا بزرگتر از ۶، Ms و بزرگای کمتر از ۶، Mb (یا MI) به عنوان بزرگای معادل با Mw در نظر گرفته شد) برای زلزلههای ایران براساس مقیاس بزرگای گشتاوری Mw (Zare, 1999) رابطه خطی بین زلزلههای ایران توسعه داده شده است. به این ترتیب رابطه بزرگا- طول گسیختگی گسل برای زمین لرزههای ایران به صورت رابطه زیر ارائه شده است:

$$Mw = 0.91 \ln L_R + 3.66 \quad \text{رابطه ۱:}$$

به نحوی که L_R طول گسیختگی و برابر با ۳۷٪ طول گسل L_F (با در نظر گرفتن مسأله قطعهبندی[□] می باشد).

$$L_R = 0.37 L_F \quad \text{رابطه ۲:}$$

در رابطه فوق لازم است تا طول گسل L_F براساس یک قطعه از گسل (طول نسبتاً پیوسته و مستقیم از گسل که احتمال جنبا شدن و گسیختگی در آن وجود داشته باشد، اندازه گیری شود.

جدول ۱: انواع روابط تجربی بین بزرگا و پارامترهای مختلف گسله

ردیف	پیشنهاد کننده	رابطه تجربی ارائه شده
1	Mohajer and Nowroozi (1978)	$M_s = 5.4 + \text{Log}L_R$
2	Ambraseys (1982)	$\text{Log}L_R = 3.24 + 0.7M_s$
3	Wells Coppersmith (1994)	$M = 5/08 + 1/16 \text{Log}L$, $L = 0/5 L_f$
4	Zare (1995)	$M_w = 3.66 + 0.91 \text{Ln}L_R$
طول گسل $L_f = (\text{km})$		بزرگای امواج سطحی $M_s =$
طول گسیختگی $L_R = (\text{km})$		بزرگای گشتاوری $M_w =$

مأخذ: نگارندگان

در این پژوهش از روابط فوق برای محاسبه بیشینه بزرگی تجربی استفاده شد. ه است (جدول ۲) و در نهایت با محاسبه میانگین، بیشینه بزرگی متوسط (M_{avg}) بدست آمد.

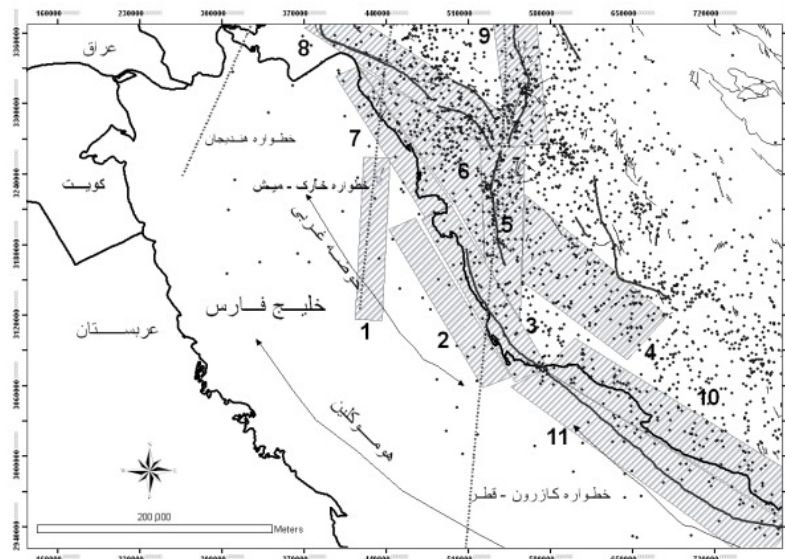
جدول ۲: محاسبه M_{avg} با استفاده از روابط بالا

Zone	M_{Zare}	$M_{Nowroozi}$	$M_{Coppersmith}$	$M_{Ambraseys}$	M_{Avg}
3	7.1	7.2	7.2	7.5	7.3
5	6.7	7	6.9	7.2	6.9
8	6.7	7	6.9	7.2	6.9
9	6.9	7.1	7.1	7.4	7.1
11	7.7	7.4	7.5	7.8	7.6

مأخذ: نگارندگان

تعیین چشمه‌های بالقوه زمین‌لرزه

تحلیل خطر زمین‌لرزه مستلزم مدل کردن چشمه‌های زمین‌لرزه است. موقعیت چشمه به دلیل تضعیف انرژی امواج با فاصله، حائز اهمیت می‌باشد. مدل‌سازی چشمه زمین‌لرزه با توجه به شرایط زمین‌شناسی به روش‌های مختلفی انجام می‌شود. به عنوان مثال در برخی مناطق مدل‌سازی چشمه زمین‌لرزه‌ای، ناحیه ای را در برمیگیرد که زمین‌لرزه‌های بزرگ بر روی گسل اتفاق می‌افتد. مطالعات انجام شده بر روی گسل‌های لرزه‌زا در دنیا نشان میدهد که کل یک گسل در جریان زمین‌لرزه منفرد گسیخته نمیشود بلکه آنها بصورت قطعات منفرد میشکند. به عبارت دیگر زون‌های گسل اغلب به قطعات منفرد تقسیم میشوند. که این قطعات بطور مستقل از یکدیگر در جریان رخداد‌های زمین‌لرزه‌های متفاوت گسیخته میشوند. در تحلیل خطر زمین‌لرزه در صورت عدم دقت و توانایی کافی برای مشخص کردن یک گسل به عنوان چشمه لرزه‌زا، استفاده از ساخت متمرکز نسبت به استفاده از گسل‌های فعال، یک روش محافظه‌کارانه‌تر است که در آن موقعیت چشمه‌های زمین‌لرزه‌ای به صورت چشمه‌های پهنه‌ای گسترده‌تر مطرح می‌شود (شوارتز و کوپر/اسمیت، ۱۹۸۴). مفهوم ساخت متمرکز دارای کاربرد عملی در تحلیل خطر زمین‌لرزه‌ها است که به کمک آن میتوان چشمه لرزه زمین‌ساختی را بدون نیاز به شناخت دقیق جزئیات و یا نیاز به تعیین محل دقیق رویدادها، تعیین کرد. با این وجود در نواحی با لرزه‌خیزی پایین، اغلب مشکلاتی وجود دارد که مهمترین مشکل در محیط‌های میان صفحه ای می‌باشد که نظریه زمین‌ساختی کمک کمی را در تعیین چشمه‌های لرزه زمین‌ساختی میکند. بدین ترتیب در سایت مورد مطالعه با توجه به داده‌های زمین‌شناسی، لرزه‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای ۱۱ ایالت لرزه‌زا تعیین گردید که در شکل (۳) مشخص گردیده‌اند.



شکل ۳: ایالت‌های لرزه‌زا اطراف ساختگاه

مأخذ: نگارندگان

محاسبه پارامترهای لرزه‌خیزی

لرزه‌خیزی نمایانگر اندازه‌ای از فعالیت‌های لرزه‌ای در فضا و زمان است که برای یک ناحیه یا کشور اندازه‌گیری می‌شود. به منظور دست‌یابی به پارامترهای لرزه‌خیزی در گستره طرح در این تحقیق، از روش کیکو- سلوول (K-S) استفاده شده است. زیرا روش‌های ارائه شده توسط کیکو- سلوول (۱۹۹۲) امکان می‌دهد عدم قطعیت بزرگی زمین‌لرزه و کامل بودن داده‌ها در تخمین پارامترهای زلزله‌خیزی دخالت داده شود. تحلیل پارامترهای لرزه‌خیزی گستره طرح با استفاده از روش کیکو- سلوول برای ایالت‌های لرزه‌زا اطراف ساختگاه در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۳: پارامترهای لرزه‌خیزی اطراف ساختگاه

Zone	β	λ	$M_{max.K}$	$M_{max.Obs}$	$M_{Avg.}$	M_{Total}
1	1.04	1.12	4.53	4.5	-	4.5
2	1.06	6.21	5.1	5	-	5.1
3	1.1	1.58	4.55	4.5	7.3	7.3
4	1.29	2.19	6	5.9	-	6
5	1.82	1.04	5.63	5.6	6.9	6.9
6	1.18	3.53	5.13	5.1	-	5.1
7	1.04	5.39	5.05	4.9	-	5.1
8	1.42	9.80	5.42	5.40	6.9	6.9
9	1.21	2.13	5.99	5.90	7.1	7.1
10	1.37	6.11	5.83	5.80	-	5.8
11	1.08	1.29	5.04	5	7.6	7.6

مأخذ: نگارندگان

روابط کاهندگی

انتخاب یک رابطه کاهندگی مناسب، برای استفاده در تحلیل خطر لرزه‌ای، حائز اهمیت فراوانی می‌باشد، زیرا نتیجه تحلیل خطر لرزه‌ای به نحو چشمگیری از آن متأثر است. قطعاً بهترین رابطه کاهندگی برای استفاده در یک منطقه خاص، رابطه است که با استفاده از اطلاعات موجود در همان منطقه تهیه شده باشد. باید توجه داشت که شرایط زمین‌شناسی، زمین‌ساختی، مکانیزم گسیختگی گسل‌ها و عمق کانونی زلزله‌ها در یک منطقه، بر چگونگی تغییرات جنبش نیرومند زمین با فاصله در آن منطقه تأثیر می‌گذارد و این در حالی است که در بسیاری از روابط کاهندگی، پارامترهای ذکر شده دیده نمی‌شوند. بنابراین باید رابطهای را مورد استفاده قرار داد که با استفاده از اطلاعات همان منطقه تولید شده باشد، تا به نوعی کاستیهای ذکر شده مرتفع گردند.

اگرچه گزینه استفاده از روابط کاهندگی خاص یک منطقه، یک گزینه ایدئال است، اما نباید فراموش کرد که همواره چنین قدرت انتخابی وجود ندارد. علت آن هم مشخص است، کمبود اطلاعات ثبت شده در بسیاری از مناطق، امکان استخراج یک رابطه آماری مناسب را برای آن مناطق منتفی می‌سازد. در این گونه موارد تنها گزینه منطقی و ممکن، استفاده از روابطی است که در مناطقی مشابه با منطقه مورد نظر تعیین شده‌اند. منظور از شباهت بین دو منطقه در اینجا، اینست که شرایط لرزه‌خیزی و زمین‌ساختی دو منطقه کامیاب یکسان باشد.

با توجه به مطالب ذکر شده، سعی بر آن شده در این تحقیق از روابط کاهندگی مناسب که با شرایط زمین‌ساختی ایران انطباق دارد استفاده شود. از این جهت از روابط زارع ۱۹۹۹، سینائیان ۲۰۰۶، جوینر و بور ۱۹۸۱ و زارع-قاسمی-سینائیان ۲۰۰۹ استفاده شده است.

برآورد خطر زمین‌لرزه به روش احتمالی و تهیه نقشه‌های هم‌شتاب میانگین در گستره طرح

تحلیل خطر زمین‌لرزه این امکان را فراهم می‌کند که عدم قطعیت در اندازه، موقعیت آهنگ رویداد و اثره‌ای زلزله به صورت جامع در ارزیابی خطرهای زمین‌لرزه‌ای مدنظر قرار گیرد. روش تحلیل خطر احتمالاتی مستلزم آن است که عدم قطعیت‌ها در موقعیت زلزله، اندازه آن، تکرار و اثرات حرکت زمین بصورت کمی در آیند.

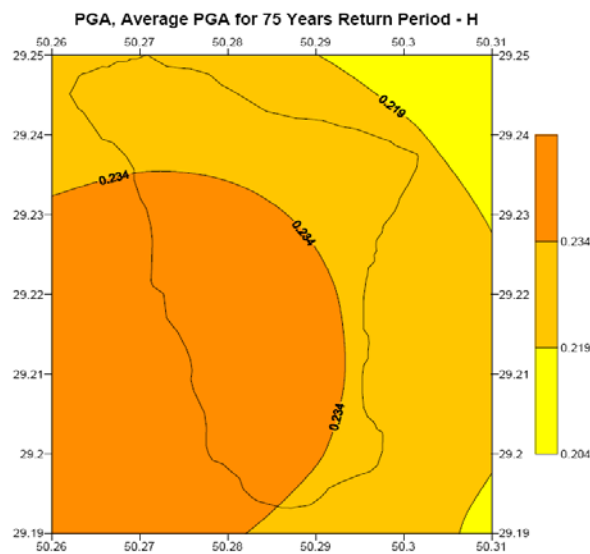
به منظور تهیه نقشه‌های هم‌شتاب گستره مورد مطالعه بر روی سنگ بستر لرزه‌ای به فواصل ۰/۱ درجه در جهت طولی و عرضی جغرافیایی شبکه‌بندی گردید و برای هر کدام از شبکه‌های ایجاد شده تحلیل خطر انجام شد. همانطور که در قسمت قبلی گفته شد چهار رابطه کاهندگی برای این مطالعه انتخاب شد. سپس با اعمال روابط فوق برای هر کدام از پهنه چشمه‌ها و همچنین جمع خطر تمام آنها برای م و ولفه افقی (هر چهار رابطه) با اعمال وزن‌های مختلف طبق جدول (۴) برای نتایج هر یک از روابط درخت منطقی، برای ۷۵ سال، ۴۷۵ سال و ۲۴۷۵ سال تحلیل خطر بر روی سنگ بستر لرزه‌ای انجام شد.

جدول ۴: ضرایب وزنی اعمال شده برحسب درخت منطقی برای روابط کاهندگی

نوع روابط	زارع- قاسمی- سینائیان ۲۰۰۹	سینائیان ۲۰۰۶	زارع ۱۹۹۹	جوینر و بور ۱۹۸۱
ضریب وزنی	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۱

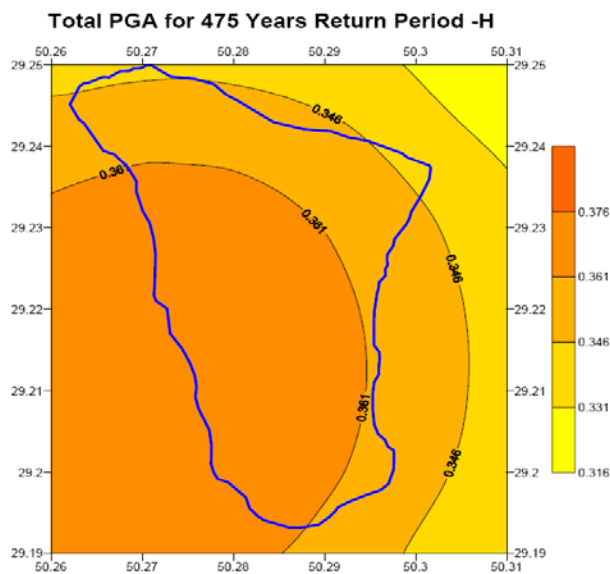
مأخذ: نگارندگان

نهایتاً با استفاده از نرم افزار PSHA نقشه بیشینه شتاب افقی میانگین برای دوره های یاد شده بدست آمد (شکل های ۵ الی ۷).



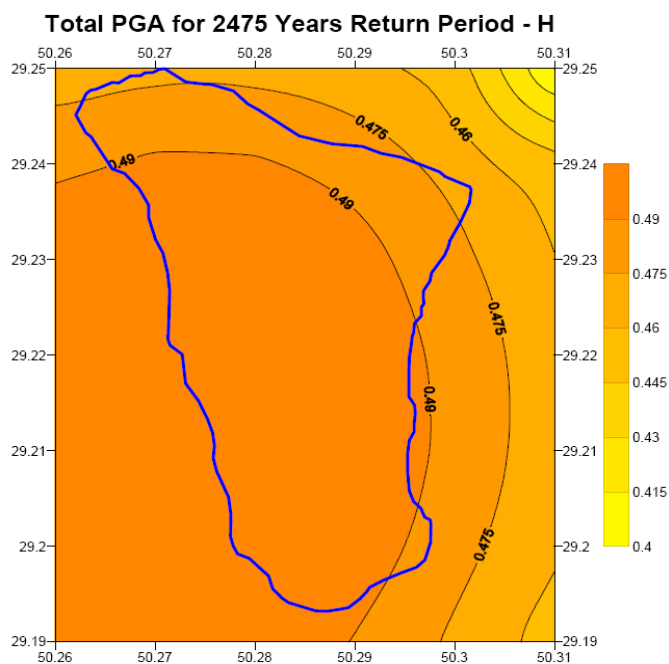
شکل ۵: منحنی های هم شتاب میانگین برای دوره بازگشت ۷۵ سال برای گستره جزیره خارک

مأخذ: نگارندگان



شکل ۶: منحنی های هم شتاب میانگین برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال برای گستره جزیره خارک

مأخذ: نگارندگان



شکل ۷: منحنی‌های هم‌شتاب میانگین برای دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال برای گستره جزیره خارک
مأخذ: نگارندگان

نتیجه

از آنجایی که حفظ و پایداری و تداوم بهره‌برداری از سازه‌های بزرگ مهندسی مستلزم توجه دقیق به عملکرد متقابل زمین و سازه‌ها می‌باشد، بررسی مسائل زلزله‌شناسی مهندسی و ویژگی‌های لرزه‌خیزی امری اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. از اینرو با توجه به موقعیت و اهمیت مناطق مورد بررسی خطر زمین‌لرزه و ریسک لرزه در این مناطق مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس مطالعات صورت گرفته بیشینه جنبش نیرومند زمین در جزیره خارک برای دوره بازگشت ۷۵ سال برابر ۰/۲۴ و برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال ۰/۳۶ و برای ۴۷۵ سال برابر ۰/۴۹ به دست آمد.

سپاسگزاری

از شرکت پایانه‌های نفتی ایران، به دلیل حمایت مالی از انجام این مطالعات سپاسگزاری می‌شود.

منابع

- ۱) آقانباتی، سیدعلی (۱۳۸۳). زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات کشور.
- ۲) امبرسیز، نیکولاس و ملویل، چارلز پتر (۱۹۸۲). تاریخ زمین‌لرزه‌های ایران، ترجمه ابوالحسن‌رده (۱۳۷۰). انتشارات آگاه.
- ۳) زارع، مهدی (۱۳۸۴). مقدمه‌ای بر زلزله‌شناسی کاربردی، انتشارات پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
- 4) Alavi, Mehdi (2007). Structure of the Zagros fold-thrust Belt in Iran.
- 5) Allen, Mark., Jackson, James., Walker, Richard (2004). Late Cenozoic Reorganization of the Arabia-Eurasia Collision and the Comparison of Short-term and Long-term Deformation Rate, Tectonics, Vol 23, TC2008.
- 6) Ambraseys, Nicholas, Simpson, Alan, & Bommer Julian J (1996). Prediction of horizontal response spectra in Europe. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 25(4), 371–400.
- 7) Ambraseys, Nicholas. & Melville Charles Peter (1982). A history of Persian earthquakes, Cambridge Univ. Press. No. 57.P.
- 8) American Petroleum Institute (2007). Welded Steel Tanks for Oil Storage, API Standard 650, 11th Edition, Washington. D.C.
- 9) American Society of Mechanical Engineers (2002). Process Piping, ASME B31.3, Revision of ASME B 31.3-1999.
- 10) Berberian Manuel (1995). Master Blind Thrust Faults hidden under the Zagros Folds, Active Basement Tectonics and Surface Morphotectonics, Tectonophysics, Vol 241. PP:193-224.
- 11) Berninghausen William H (1966). Tsunamis and seismic seiches reported from regions adjacent to the Indian Ocean. Bulletin of the Seismological Society of America, 56(1):69-74.
- 12) Jackson, Jams., Mckenzie, Dean.P (1984). Active tectonics of Alpine-Himalayan belt between western Turkey and Pakistan. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society 77, 185-264.
- 13) Kijko, andrzej. and Sellevoll, Markvard A (1992). Estimation of earthquake hazard parameters from incomplete data files, Part 2, Incorporation of magnitude heterogeneity, Bulletin of the seismological society of America, Vol 82, No. 1, PP:120-134.
- 14) Kijko-Slevolle-Bayes, (Kijko & Graham, 1998) Seismic hazard , Software.
- 15) Kissling, Edi (1988). Geotomography with local earthquake data. Reviews of Geophysics 26, 659-698.
- 16) Ni, James., Barazangi, Muawia (1986). Seismotectonics of the Zagros continental collision zone and a comparison with the Himalayas. Journal of Geophysical Research 91, 8205-8218.
- 17) Nowroozi, Ali (1985). Empirical relations between magnitudes and fault parameters for earthquakes in Iran. Bull. Seismol. Soc. Am 1985, 75, 1327–1338.
- 18) Rong, Yufang., Jackson, David.D. and Kagan, Yang, Y (2003). Seismic gaps and earthquakes, J. Geophys. Res. 108, (ESE 6–1) 6–14.
- 19) Talebian, Morteza., Jackson, James (2004). A reappraisal of earthquake focal mechanisms and active shortening in the Zagros mountains of Iran. Geophysical Journal International 156, 506-526.
- 20) Titov, Vahid. V and Synolakis, Costas Emmanuel (1997). Extreme inundation flows during the Hokkaido- Nansei-Oki tsunami, Geophys. Res. Lett. 24, 1315–1318.
- 21) Zaré Mehdi (2003). Construction in the Active Fault Zones (Case-Studies in Tehran and Tabriz);

- 22) Zare, Mehdi, Ghafory-Ashtiany, Mohsen., Bard, PIERRE-YVES (1999). Attenuation law for the strong-motions in Iran, PP:345- 355of: proceedings of the Third International conference on Seismology and Engineering, Tehran, Vol.1.