

بررسی زلزله‌شناسی مهندسی زمین‌لرزه ۸۴/۹/۶ جزیره قشم (خلیج فارس) با

بزرگای $M_w=6$

مهدی زارع، دانشیار پژوهشکده زلزله‌شناسی، پژوهشگاه

۱- چکیده

سوی دیگر، با بررسی دوام جنبش زمین بیشتر بودن نسبی دوام جنبش بر روی مؤلفه قائم و افزایش میزان آن روی هر دو مؤلفه با دور شدن از کانون زمین‌لرزه مشخص می‌شود. با توجه به وضعیت زمین‌ساختی منطقه می‌توان صفحه گسل باثیب به سوی شمال غرب را به عنوان صفحه گسل مسبب معرفی نمود. **کلیدواژه‌ها:** زلزله‌شناسی مهندسی، زمین‌لرزه ۸۴/۹/۶ قشم، شتابنگاری، طیف پاسخ، زاگرس، دوام، جنبش شدید زمین

زمین‌لرزه‌ای با بزرگای $M_w=6.0$ در ساعت ۱۳:۵۲:۰۰ (به وقت محلی) روز ۶ آذر ۱۳۸۴ در ناحیه مرکزی جزیره قشم به وقوع پیوست. این زمین‌لرزه موجب کشته شدن هشت نفر و مجروح گردیدن حدود ۵۰ نفر شد. زمین‌لرزه مذکور بر روی یک روند ساختاری با راستای شمال شرق - جنوب غرب و با سازوکار فشاری رخ داد. در این مقاله با مطالعه ده نگاشت شتابنگاری ثبت شده در شبکه ملی شتابنگاری کشور، ویژگیهای زلزله‌شناختی و زلزله‌شناسی مهندسی این زمین‌لرزه بررسی شده است.

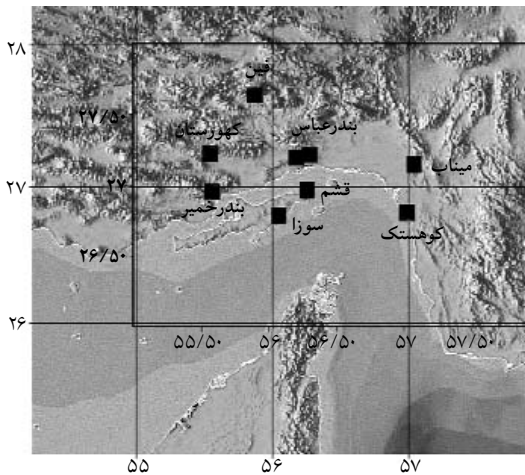
۲- مقدمه

زمین‌لرزه ششم آذر ماه ۸۴ که با بزرگای گشتاوری $M_w=6.0$ در حاشیه زاگرس چین خورده و در مرز پیش‌گودال زاگرس بر روی روند گسلی رخ داد، در مرز ناحیه کوهپایه زاگرس و در مجاورت مرز پلاتفرم عربی با راستای شمال شرق - جنوب غرب قرار دارد. این روند در نزدیکی خطواره ساحلی بندرعباس و با زاویه حدود ۴۵ تا ۵۰ درجه نسبت به خط عمان و از طرف دیگر در غرب گسل میناب در نزدیکی یک پهنه برخورد زمین‌ساختی مهم در جنوب فلات ایران واقع است (شکل ۱).

زلزله قشم با بیشینه شتاب افقی حدود $0.33g$ در ایستگاه شتابنگاری سوزا در فاصله کانونی ۳۰ کیلومتر ثبت شد. نگاشتهای شتابنگاری این زمین‌لرزه در فاصله‌های کانونی ۳۰ تا ۱۲۰ کیلومتری ثبت شده‌اند. ژرفای کانونی زلزله با توجه به شتابنگاشتهای ثبت شده در ایستگاههای شتابنگاری قشم و سوزا حدود ۱۶ کیلومتر (± 5 کیلومتر) برآورد گردید. بررسی بیشینه شتاب نشانه بالا تر بودن مقدارهای بیشینه شتاب در مؤلفه موازی گسل (شمال شرق - جنوب غرب) نسبت به مؤلفه عمود بر گسل بویژه در نزدیکترین نگاشتها به کانون زمین‌لرزه است. از

از سوی دیگر، زلزله قشم در شهرهای بندرعباس و میناب و شهرهای ساحل جنوبی خلیج فارس (در کشورهای امارات) نیز احساس شد.

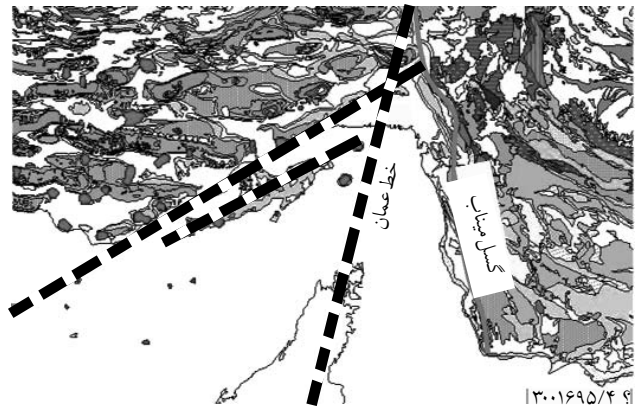
لرزه اصلی این زلزله در یازده ایستگاه شبکه ملی شتابنگاری کشور (مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن) به ثبت رسید که نگاشتهای حاصله در ده ایستگاه که نسبت سیگنال به نوفه بیشتری (کیفیت بهتر) داشته‌اند در مقاله حاضر بررسی گردیده است (شکل ۲).



شکل (۲): ایستگاههای شتابنگاری نگاشتهای زمین لرزه ۸۴/۹/۶ قشم که توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ثبت شده است [۳].

۳ - مشخصات زمین لرزه

زمین لرزه ۶ آذر ۱۳۸۴ قشم (خلیج فارس) در چهارده ایستگاه شبکه لرزه‌نگاری باند پهن پژوهشگاه ثبت گردید. این زمین لرزه با محاسبه گشتاور لرزه‌ای بر اساس ده نگاشت شتابنگاری به دست آمده در ایستگاههای سوزا، قشم، بندرعباس-۱، بندرعباس-۲، میناب، کوهستک، فین، بندر خمیر، کهورستان و حسن لنگی بزرگای گشتاوری برابر با $M_w=6.0$ داشته است (جدول ۱). سازوکار زمین لرزه بر اساس گزارش وبسایت مرکز ملی اطلاعات زمین لرزه [۴] فشاری بوده است (شکل ۳).

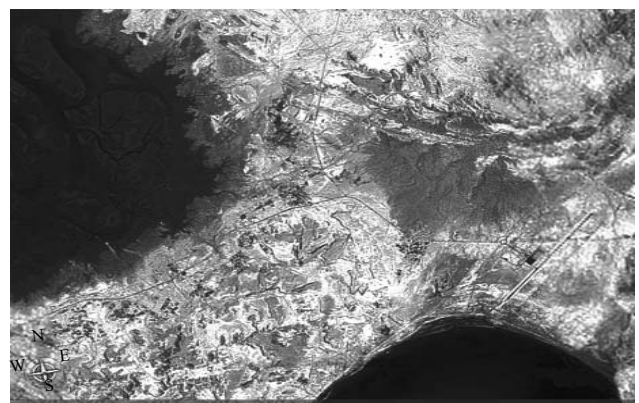


شکل (۱): پهنه زلزله زده قشم در ناحیه تنگه هرمز. به روند های گسل میناب، خط ساختاری عمان و روندهای خطواره های ساحل بندرعباس و قشم (خط چین) توجه شود. نقشه پایه، نقشه رقومی زمین شناسی ایران از وبسایت پایگاه داده های علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۸۴ [۱].

این زمین لرزه با هشت کشته با خسارت بیشتر در محدوده روستایی مرکز جزیره قشم (تصویر ۱) و در نزدیکی فرودگاه (دیرستان) در جنوب قشم (تصویر ۲) با کاهندگی سریع جنبش، ویژگیهای تمام زمین لرزه های زاگرس را نشان می دهد.

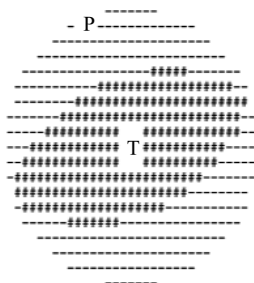


تصویر (۱): تصویر ماهواره ای جزیره قشم [۲]



تصویر (۲): تصویر ماهواره ای مرکز جزیره قشم [۲]

Depth 10 No. of sta: 34
 Moment Tensor Scale 10**17 Nm
 Mrr = 7.31 Mtt = -6.30
 Mff = -1.03 Mrr = 0.04
 Mrf = -0.09 Mtf = 2.49
 Principal axes:
 T Val = 7.31 Plg = 89 Azm = 246
 N -0.02 1 68
 P -7.29 0 338
 Best Double Couple: Mo = 7.3*10**17
 NP1: Strike = 68 Dip = 45 Slip = 89
 NP2: 249 45 91



شکل (۳): سازوکار ژرفی زمین لرزه ۸۴/۹/۶ قشم [۶]

این سازوکار دو صفحه یکی با شیب به سوی جنوب شرق و دیگری با شیب به سوی شمال غرب را نشان می دهد. براساس گزارش مرکز ملی اطلاعات زمین لرزه، ژرفای این زلزله ۱۰ کیلومتر اعلام شده است [۴]. براساس فاصله کانونی ۴۰ کیلومتر برای نگاشت حاصله در ایستگاه قشم و فاصله کانونی ۳۰ کیلومتر برای نگاشت حاصله در ایستگاه سوزا، ژرفای کانونی حدود ۱۶ کیلومتر (± 5 کیلومتر) برای این رویداد برآورد می گردد. نگاشتهای این زمین لرزه در شبکه ملی باند پهن ایران در چهارده ایستگاه ثبت شده و داده های آن از طریق وب سایت پژوهشگاه قابل دسترس است [۵].

جدول (۱): نتایج پردازش داده های شتابنگاری به دست آمده از زمین لرزه یکشنبه ۸۴/۹/۶ جزیره قشم (خلیج فارس)

پنجره سیگنال	پنجره نوفه	دوام (ثانیه)			Mw	A° (سانتیمتر بر ثانیه)	Fc	تغییر مکان بیشینه (سانتیمتر)			بیشینه سرعت			شتاب بیشینه (سانتیمتر بر مجذور ثانیه)			فیلتر		فاصله کانونی (کیلومتر)	ساختمانگاه	مختصات		محل ایستگاه	شماره نگاشت BHRC [۳]	ردیف
		H1	V	H2				H1	V	H2	H1	V	H2	H1	V	H2	LP	HP			عرض شمالی (درجه)	طول شرقی (درجه)			
۰-۸۰	۷۰-۸۰	۷/۴	۱۲/۴	۷/۴	۶/۰	۲۰	۰/۴	۲	۳	۳	۹/۰	۸/۲	۱۲/۹	۲۱۰/۷	۱۲۶/۶	۳۲۳/۲	۰/۰۵	۴۰	۳۰	۱	۲۶/۷۸	۵۶/۰۷	سوزا	۳۹۱۵-۱	۱
۰-۵۲	۵۰-۵۲	۲۸/۹	۴۹/۰	۳۳/۶	۶/۰	۸	۰/۴	-	-	-	۳/۰	۰/۵	۱/۹	۴۰/۰	۵/۸	۲۱/۶	۰/۳۵	۱۲	۹۰	۳	۲۷/۳۰	۵۸/۸۶	حسن لنگی	۳۹۲۱-۱	۲
۰-۶۰	۰-۵	۲۹/۶	۳۴/۲	۳۴/۴	۶/۱	۱۰	۰/۳	۰/۵	۰/۲	۰/۵	۱/۶	۰/۸	۱/۵	۳۱/۳	۱۸/۷	۲۳/۴	۰/۳	۲۰	۴۰	۴	۲۷/۱۹	۵۶/۲۹	بندرعلی-۱	۳۹۱۲	۳
۰-۶۵	۶۳-۶۵	۲۹/۳	۲۵/۴	۳۰/۹	۶/۱	۱۰	۰/۳	۰/۴	۰/۲	۰/۴	۱/۴	۱/۰	۱/۶	۳۲/۵	۲۷/۷	۳۳/۲	۰/۳	۱۸	۴۰	۴	۲۷/۱۹	۵۹/۳۰	بندرعلی-۲	۳۹۱۷	۴
۰-۵۰	۵۰-۵۲	۱۸/۹	۴۲/۰	۱۴/۶	۶/۰	۵	۰/۵	۰/۲	۰/۰۴	۰/۲	۱/۴	۰/۴	۱/۳	۲۴/۸	۸/۴	۳۰/۵	۰/۲	۱۵	۱۲۰	۳	۲۶/۸	۵۷/۰۲	کوهستک	۳۹۱۴	۵
۰-۶۲	۶۰-۶۲	۳۴/۲	۳۸/۹	۳۳/۷	۶/۰	۴	۰/۴	-	-	-	۰/۸	۰/۴	۰/۵	۱۱/۸	۶/۵	۱۱/۱	۰/۴	۱۵	۱۱۰	۳	۲۷/۶۳	۵۵/۸۹	فین	۳۹۱۶	۶
۰-۷۰	۰-۵	۳۵/۳	۳۸/۴	۳۹/۷	۵/۹	۱۰	۰/۴	۰/۵	۰/۳	۰/۶	۱/۶	۱/۲	۱/۷	۱۹/۲	۱۶/۳	۲۲/۰	۰/۲	۳۳	۴۰	۱	۲۶/۹۶	۵۶/۲۸	قشم	۳۹۰۹	۷
۰-۵۰	۴۸-۵۰	۱۶/۰۶	۲۱/۹	۱۹/۱	۵/۹	۸	۰/۴	-	-	-	۱/۱	۰/۵	۰/۷	۱۸/۳	۷/۹	۱۶/۴	۰/۴	۳۰	۴۴	۱	۲۶/۹۵	۵۵/۵۸	بندرخمیر	۳۹۱۳	۸
۰-۵۰	۴۵-۵۰	۲۵/۶	۳۴/۹	۳۲/۴	۶/۰	۴	۰/۴	-	-	-	۰/۶	۰/۳	۰/۹	۱۳/۰	۸/۴	۱۷/۵	۰/۴	۱۵	۱۰۵	۱	۲۷/۱۴	۵۷/۰۷	میناب	۳۹۱۱	۹
۰-۵۰	۰-۵	۳۴/۹	۳۶/۸	۳۵/۸	۶/۰	۵	۰/۵	-	-	-	۱/۹	۰/۶	۱/۱	۱۴/۶	۸/۰	۱۱/۸	۰/۴	۱۵	۸۰	۱	۲۷/۲۲	۵۵/۵۶	کهورستان	۳۹۱۰	۱۰

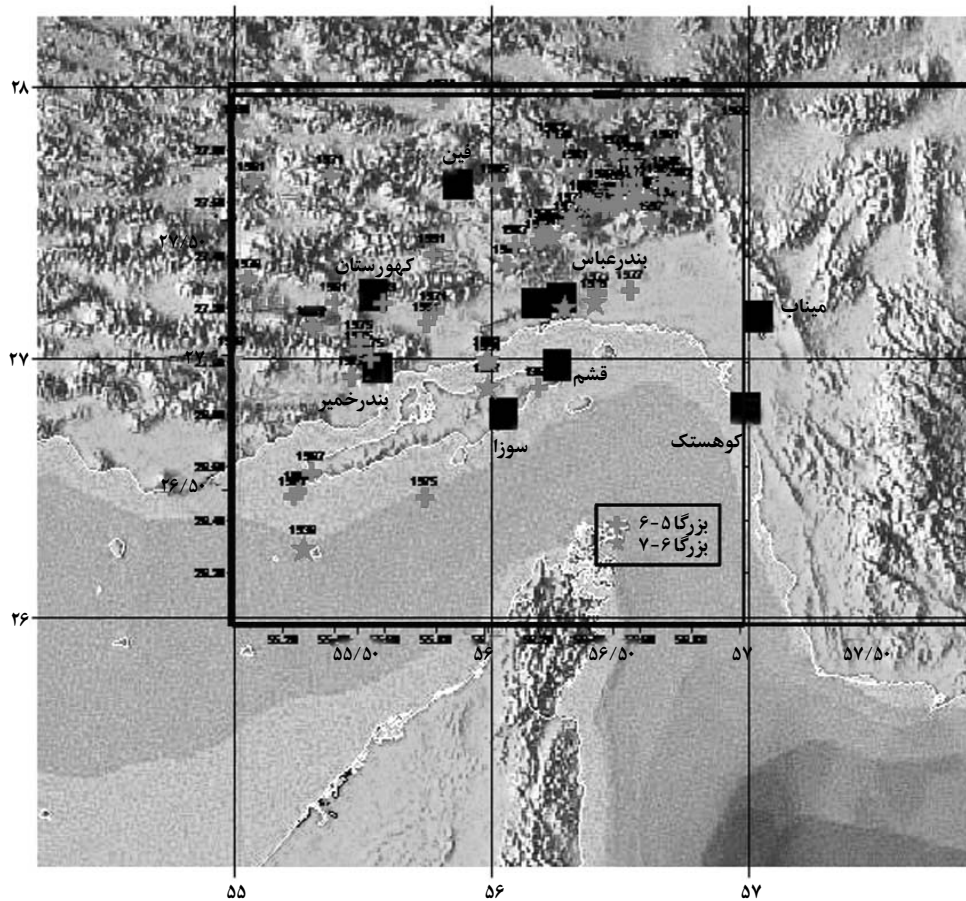
۴- ویژگیهای لرزه خیزی و لرزه زمین ساختی منطقه زلزله زده

۱۹۷۷ (روز عید نوروز سال ۱۳۵۶) در خورگو در نزدیکی بندرعباس ($M_s = 6.9$) رخ داده است. روند لرزه خیزی در منطقه مورد مطالعه به صورت شمال شرقی - جنوب غرب می باشد (شکل ۴).

از نظر روندهای لرزه زمین ساختی اصلی حاکم بر منطقه نیز روند شمالی - جنوبی گسل میناب، روند خط ساختاری عمان و روندی که به نظر می رسد که در زمین لرزه ۸۴/۹/۶ جنبا شده است، با راستای شمال شرقی - جنوب غرب در منطقه قابل تشخیص است (شکل ۱).

به نظر می رسد که تلاقی این روندهای ساختاری در ناحیه شمالی تنگه هرمز یک پهنه برخورد ساختاری ایجاد کرده است که در آن محلهای برخورد روندهای جنبای ساختاری بویژه در

زمین لرزه قشم (۸۴/۹/۶) در منطقه ای رخ داد که از نظر رخداد زلزله های گذشته با وقوع زلزله های تاریخی و سده بیستم بویژه در بخشهای ساحلی بندرعباس شناخته می شود. در جدول (۲) فهرست زمین لرزه های رخ داده با بزرگای ۵ یا بیشتر در گستره ای به شعاع تقریبی صد کیلومتر از کانون زمین لرزه ۸۴/۹/۶ آورده شده است. در این جدول مشخص است که با وقوع زلزله در سال ۱۳۶۱، ۱۴۹۷ و ۱۸۹۷ میلادی، منطقه زمین لرزه های تاریخی با بزرگای متوسط تا بزرگ را تحمل کرده است. علاوه بر آن، در شمال این منطقه زلزله های ۷ مارس ۱۹۷۵ در سرخون (بزرگای $M_w = 6.1$) و ۲۱ مارس



شکل (۴): رومرکز زمین لرزه های تاریخی و سده بیستم در پهنه ای به شعاع ۱۰۰ کیلومتر از رومرکز زمین لرزه ۸۴/۹/۶ قشم

جدول (۲): لرزه خیزی تاریخی وسده بیستم در گستره ای به شعاع تقریبی ۱۰۰ کیلومتر از کانون زمین لرزه ۸۴/۹/۶ قشم (خلیج فارس)

ناحیه	مرجع	بزرگا		FD	مختصات جغرافیایی		زمان	تاریخ
		Ms	mb		عرض شمالی (درجه)	طول شرقی (درجه)		
خورگو	Amb	۶/۹	۶/۲	۲۹	۵۶/۳۸۰	۲۷/۵۹۰	۲۱:۱۸:۵۰	۱۹۷۷/۰۳/۲۱
	NEIC		۵/۱	۳۳	۵۶/۳۵۷	۲۷/۴۹۸	۲۱:۳۳:۲۰	۱۹۷۷/۰۳/۲۱
	NEIC		۵/۸	۳۶	۵۶/۵۲۰	۲۷/۶۰۲	۲۲:۴۲:۱۰	۱۹۷۷/۰۳/۲۱
	NEIC		۵/۲	۴۳	۵۶/۳۱۷	۲۷/۵۲۶	۰۲:۲۵:۶۰	۱۹۷۷/۰۳/۲۲
	NEIC	۵/۲	۵/۰	۳۳	۵۶/۵۵۴	۲۷/۵۹۳	۰۹:۱۴:۴۰	۱۹۷۷/۰۳/۲۲
	NEIC	۵/۹	۵/۷	۳۹	۵۶/۴۶۵	۲۷/۵۷۹	۱۱:۵۷:۳۰	۱۹۷۷/۰۳/۲۲
	NEIC	۵/۵	۵/۰	۵۴	۵۶/۴۴۶	۲۷/۶۵۱	۰۷:۴۶:۶۰	۱۹۷۷/۰۳/۲۳
	NEIC	۵/۴	۵/۸	۳۵	۵۶/۵۸۶	۲۷/۶۱۹	۲۳:۵۱:۲۰	۱۹۷۷/۰۳/۲۳
	NEIC		۵/۱	۴۵	۵۶/۴۵۶	۲۷/۵۷۵	۰۰:۱۳:۵۰	۱۹۷۷/۰۳/۲۴
	NEIC		۵/۳	۳۲	۵۶/۶۲۶	۲۷/۶۲۰	۰۴:۴۲:۲۰	۱۹۷۷/۰۳/۲۴
	NEIC	۴/۹	۵/۲	۳۵	۵۶/۴۰۷	۲۷/۵۹۷	۲۲:۲۹:۲۰	۱۹۷۷/۰۳/۲۹
	NEIC	۶/۰	۶/۲	۲۹	۵۶/۳۲۹	۲۷/۵۴۵	۱۳:۳۶:۲۰	۱۹۷۷/۰۴/۰۱
	NEIC		۵/۱	۳۳	۵۶/۵۵۹	۲۷/۲۶۸	۲۰:۴۳:۲۰	۱۹۷۷/۰۴/۰۱
	NEIC	۴/۴	۵/۱	۳۳	۵۵/۴۶۸	۲۶/۹۴۳	۰۴:۲۲:۳۰	۱۹۷۷/۰۴/۲۰
	NEIC	۴/۸	۵/۰	۳۸	۵۶/۴۹۴	۲۷/۶۰۱	۱۴:۳۵:۴۰	۱۹۷۷/۰۴/۳۰
	NEIC		۵/۲	۳۰	۵۵/۳۱۹	۲۷/۱۲۴	۲۲:۵۸:۳۰	۱۹۷۷/۰۵/۱۹
	NEIC		۵/۳	۳۵	۵۵/۳۱۰	۲۷/۱۳۷	۲۳:۰۴:۵۰	۱۹۷۷/۰۵/۱۹
	NEIC		۵/۱	۳۳	۵۶/۵۶۸	۲۷/۶۵۹	۲۱:۱۱:۲۰	۱۹۷۷/۱۲/۰۱
	NEIC		۵/۱	۳۳	۵۶/۵۸۹	۲۷/۶۰۸	۲۳:۲۸:۲۰	۱۹۷۷/۱۲/۰۱
	NEIC	۵/۰	۵/۱	۴۷	۵۶/۵۶۸	۲۷/۶۸۸	۰۵:۴۶:۲۰	۱۹۷۷/۱۲/۱۰
	NEIC	۴/۷	۵/۱	۳۳	۵۶/۰۷۷	۲۷/۳۶۴	۱۸:۲۶:۳۰	۱۹۸۰/۱۱/۱۷
	NEIC	۵/۲	۵/۵	۳۳	۵۶/۵۰۳	۲۷/۵۸۵	۲۱:۱۵:۳۰	۱۹۸۰/۱۱/۲۸
	NEIC		۵/۳	۲۷	۵۶/۳۴۶	۲۷/۷۲۶	۱۰:۲۷:۲۰	۱۹۸۱/۰۴/۱۶
	NEIC		۵/۳	۳۳	۵۵/۷۶۱	۲۷/۱۴۷	۰۳:۵۲:۰۰	۱۹۸۱/۰۷/۰۳
	NEIC	۴/۴	۵/۳	۴۶	۵۶/۲۵۵	۲۷/۸۳۰	۱۳:۱۹:۵۰	۱۹۸۲/۰۷/۱۱
	NEIC		۵/۰	۴۹	۵۶/۶۸۰	۲۷/۶۷۰	۲۰:۵۷:۱۰	۱۹۸۳/۰۱/۱۷
	NEIC	۵/۸	۵/۹	۲۵	۵۶/۳۸۱	۲۷/۶۰۶	۱۱:۳۴:۲۰	۱۹۸۳/۰۷/۱۲
	NEIC	۵/۳	۵/۹	۹	۵۶/۱۰۹	۲۷/۴۳۷	۰۱:۴۵:۳۰	۱۹۸۷/۰۴/۲۹
	NEIC	۵/۰	۵/۷	۲۵	۵۵/۷۸۷	۲۷/۴۰۶	۱۶:۲۹:۲۰	۱۹۹۱/۰۵/۲۲
	NEIC	۴/۲	۵/۰	۴۳	۵۶/۵۱۴	۲۷/۶۴۵	۱۳:۰۵:۵۵	۱۹۹۴/۰۷/۰۱
	NEIC	۵/۰*	۴/۹	۳۳	۵۵/۶۳۰	۲۷/۵۶۰	۰۴:۱۴:۲۶	۱۹۹۵/۰۱/۲۴
	NEIC		۵/۱	۳۳	۵۶/۶۴۰	۲۷/۵۲۰	۲۳:۳۳:۲۵	۱۹۹۷/۰۷/۲۷
	NEIC		۵/۲	۳۳	۵۶/۵۶۰	۲۷/۷۵۰	۲۳:۳۸:۳۲	۱۹۹۸/۰۸/۰۱
	NEIC		۵/۶	۳۳	۵۶/۴۷۰	۲۷/۹۵۰	۰۹:۴۰:۰۶	۲۰۰۰/۰۳/۰۵
	NEIC	۵/۴*		۳۳	۵۶/۷۵۰	۲۷/۶۶۰	۰۸:۴۷:۲۲	۲۰۰۲/۰۴/۱۷

* بزرگای گشتاوری (Mw)

ناحیه	مرجع	بزرگا		FD	مختصات جغرافیایی		زمان	تاریخ
		Ms	mb		عرض شمالی (درجه)	طول شرقی (درجه)		
قشم	Amb	۵/۳			۵۶/۲۰۰	۲۶/۹۰۰		۱۳۶۱/۰۰/۰۰
هرمز	Amb	۶/۵			۵۶/۳۰۰	۲۷/۲۰۰		۱۴۹۷/۰۰/۰۰
	Amb	۶/۴			۵۶/۰۰۰	۲۶/۹۰۰	۲۱:۰۰:۰۰	۱۸۹۷/۰۱/۱۰
	Amb	۶/۴			۵۶/۰۰۰	۲۷/۰۰۰	۰۳:۳۸:۰۰	۱۹۰۲/۰۷/۰۹
	Amb	۵/۸			۵۶/۰۳۰	۲۷/۶۷۰	۱۴:۰۱:۰۰	۱۹۰۵/۰۴/۲۵
	Amb	۵/۷	۶/۰		۵۵/۰۰۰	۲۷/۰۰۰	۰۹:۱۲:۰۰	۱۹۰۷/۰۷/۰۴
دولت آباد	Amb	۵/۸	۶/۴		۵۶/۷۰۰	۲۷/۶۸۰	۱۰:۳۱:۰۰	۱۹۲۷/۰۵/۰۹
	Amb	۶/۱	۶/۲		۵۵/۰۲۰	۲۷/۸۸۰	۱۰:۵۳:۰۰	۱۹۳۰/۰۸/۲۳
	Amb	۵/۵	۶/۲		۵۵/۲۸۰	۲۶/۲۹۰	۰۲:۱۴:۰۰	۱۹۳۶/۰۴/۲۱
نخل ناخدا	Amb	۶/۳	۶/۱	۱۰۰	۵۶/۴۲۰	۲۷/۲۲۰	۰۴:۲۱:۳۰	۱۹۴۹/۰۴/۲۴
	BCIS		۵/۰		۵۶/۰۰۰	۲۷/۰۰۰	۲۱:۲۴:۴۳	۱۹۵۴/۰۲/۲۸
	Amb	۵/۳	۵/۷	۳۶	۵۶/۷۰۰	۲۷/۸۰۰	۱۸:۱۲:۴۰	۱۹۶۱/۰۴/۰۶
	NOW		۵/۱	۴۹	۵۵/۴۰۰	۲۷/۲۲۰	۰۶:۵۱:۲۰	۱۹۶۱/۰۶/۱۱
	N.BC		۵/۸	۳۸	۵۵/۰۸۰	۲۷/۶۸۰	۱۶:۳۶:۲۰	۱۹۶۱/۰۶/۲۳
	N.BC		۵/۳	۴۳	۵۵/۵۹۰	۲۷/۲۲۰	۰۹:۵۷:۰۱	۱۹۶۳/۱۰/۳۱
	N.IS		۵/۰	۴۴	۵۶/۹۷۰	۲۷/۸۹۰	۰۱:۵۷:۲۵	۱۹۶۵/۱۱/۰۸
	N.AM	۵/۵	۵/۱	۴۱	۵۵/۲۴۰	۲۶/۴۹۰	۰۷:۵۶:۴۰	۱۹۶۷/۰۱/۲۹
	N.IS		۵/۰	۱۷	۵۵/۲۶۰	۲۶/۵۱۰	۱۹:۰۰:۲۴	۱۹۶۷/۰۱/۳۱
	N.US		۵/۰	۳۴	۵۵/۳۱۰	۲۶/۵۸۰	۲۰:۰۶:۳۸	۱۹۶۷/۰۱/۳۱
	NEIC		۵/۱	۵۲	۵۶/۷۰۰	۲۷/۷۰۰	۱۲:۴۰:۰۰	۱۹۶۸/۰۴/۲۳
	NEIC		۵/۵	۳۵	۵۶/۲۸۰	۲۷/۸۰۰	۱۹:۵۸:۵۰	۱۹۷۰/۰۲/۲۸
	NEIC		۵/۱	۶۲	۵۶/۷۴۱	۲۷/۹۹۷	۲۳:۵۴:۰۶	۱۹۷۰/۰۴/۰۱
	NEIC		۵/۰	۴۳	۵۶/۵۰۱	۲۷/۷۷۸	۰۲:۲۰:۴۰	۱۹۷۰/۱۰/۰۷
	NEIC		۵/۱	۲۳	۵۵/۳۸۷	۲۷/۷۰۴	۰۴:۳۲:۳۰	۱۹۷۱/۰۵/۲۵
	NEIC		۵/۱	۳۹	۵۵/۷۹۴	۲۷/۱۹۰	۱۸:۳۱:۲۰	۱۹۷۱/۱۰/۰۵
	Amb	۵/۷	۵/۳	۱۵	۵۶/۴۳۰	۲۷/۲۶۰	۰۱:۴۲:۴۰	۱۹۷۱/۱۲/۰۹
	NEIC		۵/۴	۳۶	۵۵/۸۱۹	۲۷/۹۹۱	۰۹:۰۵:۵۰	۱۹۷۴/۱۲/۰۲
سرخون	Amb	۶/۱	۵/۹	۲۷	۵۶/۲۵۰	۲۷/۴۷۰	۰۷:۰۴:۴۰	۱۹۷۵/۰۳/۰۷
	NEIC		۵/۲	۲۸	۵۶/۲۴۶	۲۷/۴۷۲	۱۴:۲۶:۶۰	۱۹۷۵/۰۳/۰۷
	NEIC		۵/۱	۴۳	۵۶/۲۱۳	۲۷/۵۰۲	۱۶:۵۹:۳۰	۱۹۷۵/۰۸/۲۷
	Amb	۵/۷	۵/۵	۳۳	۵۵/۵۰۰	۲۷/۰۴۰	۱۱:۳۵:۰۰	۱۹۷۵/۱۲/۲۴
	NEIC	۵/۴	۵/۵	۳۳	۵۵/۵۴۳	۲۷/۰۱۰	۱۱:۴۸:۶۰	۱۹۷۵/۱۲/۲۴
	NEIC		۵/۰	۳۳	۵۵/۴۹۹	۲۷/۰۷۶	۱۹:۵۵:۱۰	۱۹۷۵/۱۲/۲۴
	NEIC		۵/۲	۳۳	۵۵/۷۵۴	۲۶/۴۸۶	۲۱:۵۹:۶۰	۱۹۷۵/۱۲/۲۵
	NEIC	۵/۲	۵/۴	۳۳	۵۵/۰۶۳	۲۷/۳۱۲	۰۷:۲۸:۶۰	۱۹۷۶/۰۳/۱۶
	NEIC	۰/۰	۵/۱	۴۸	۵۶/۷۱۴	۲۷/۵۸۱	۱۶:۲۱:۰۰	۱۹۷۶/۱۰/۲۴
	NEIC	۵/۲	۵/۵	۲۹	۵۶/۲۰۲	۲۷/۴۵۷	۰۵:۴۴:۴۰	۱۹۷۷/۰۱/۰۵

ناحیه بندرعباس و در شمال و شمال غرب و غرب این شهر به وجود آمده است. از این نظر لرزه خیزی در آینده نظیر آنچه در زلزله خورگو (بزرگای $M_s=6.9$) در اول فروردین ۱۳۵۶ رخ داد در شهر بندرعباس دور از انتظار نیست.

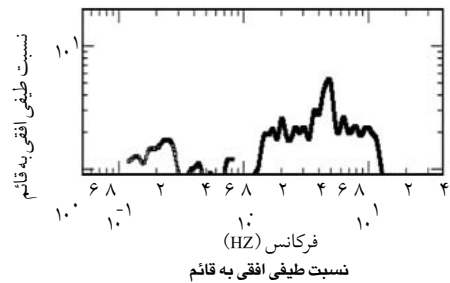
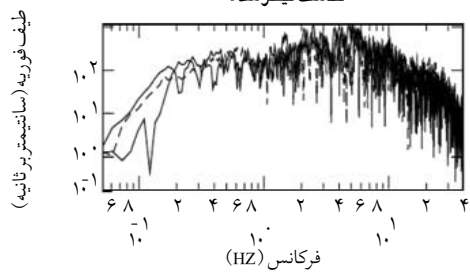
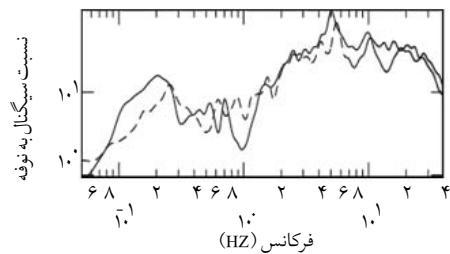
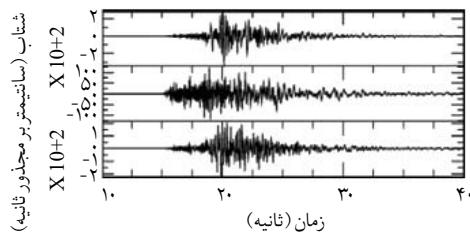
از دیدگاه احتمال خطر سونامی، از آنجاکه از یک سو ژرفای کف دریا در اطراف تنگه هرمز از پنجاه متر کمتر است (در شمال جزیره قشم تا بندرعباس کمتر از ۳۰ متر، در جنوب جزیره نیز به تدریج از ۳۰ تا ۹۰ متر در ناحیه مرکز تنگه هرمز افزایش می یابد) و از سوی دیگر در زمین لرزه های رخ داده و شناخته شده تاکنون (نظیر زمین لرزه اول فروردین ۱۳۵۶ خورگو)، جابه جایی در سطح زمین بر اثر گسلش مشاهده نشده است، چنین پدیده ای بر اثر لرزه خیزی منطقه تنگه هرمز و خلیج فارس تاکنون گزارش نشده است. در زمین لرزه اخیر نیز با توجه به بزرگای زمین لرزه و ژرفای آن (برآورد 5 ± 16 کیلومتر) امکان مشاهده گسیختگی سطحی در سطح زمین نبوده است؛ لذا رخداد سونامی در این زمین لرزه غیر قابل انتظار به نظر می رسد و گزارشی نیز از آن دریافت نشد. به هر حال، به دلیل مجاورت منطقه با دریای عمان و سپس اقیانوس هند، به نظر می رسد که با توجه به رویداد سونامی بر اثر زمین لرزه ۶ دیماه ۱۳۸۳ باندا آچه (اندونزی) با بزرگای ۸/۹ در جنوب آسیا، توصیه می شود که چنین مطالعه ای بویژه با هدف بررسی ایمنی تأسیسات ساحلی در ناحیه دریای عمان و تنگه هرمز و جزایر این منطقه در مقابل خطر سونامی انجام شود.

۵- نگاشتهای جنبش شدید زمین حاصل از

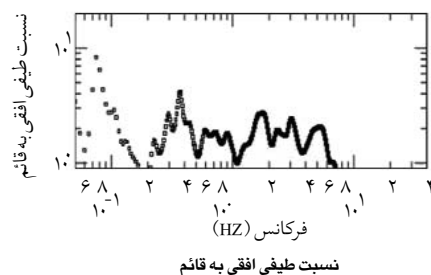
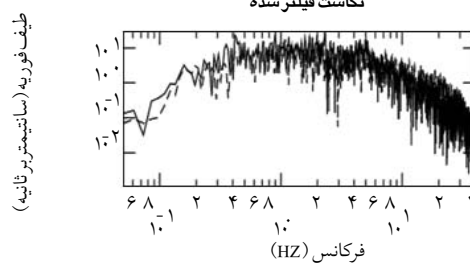
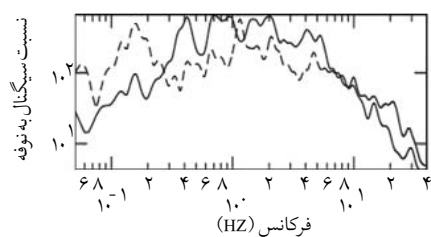
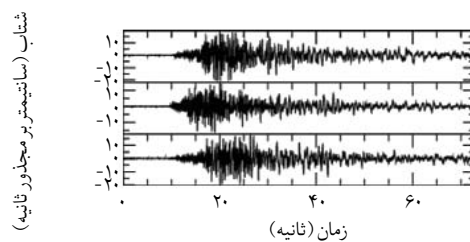
زمین لرزه ۶/۹/۸۴

در مقاله حاضر، براساس پردازش نگاشتهای ارائه شده از

سوی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن در وبسایت مرکز، ویژگیهای زلزله شناختی مهندسی لرزه اصلی تحلیل شده است. نگاشتهای ایستگاههای سوزا، قشم، بندرعباس - ۱، بندرعباس - ۲، میناب، فین، کهورستان، بندر خمیر، حسن لنگی و کوهستک (شکل ۲ و جدول ۱) با نسبت سیگنال به نوفه زیاد قابل استفاده تشخیص داده شد. این پردازش و مراحل این مطالعه در مقاله نگارنده در پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله برای پردازش داده های شتابنگاری زمین لرزه های ۱۳۸۱ چنگوره و ۱۳۷۶ اردکول (قائن) آمده است [۷ و ۸]. نگاشتهای حاصله و مراحل پردازش آنها در شکل های (۵ تا ۱۴) به ترتیب برای ایستگاههای سوزا (شکل ۵)، قشم (شکل ۶)، بندرعباس - ۱ (شکل ۷)، بندرعباس - ۲ (شکل ۸)، میناب (شکل ۹)، فین (شکل ۱۰)، کهورستان (شکل ۱۱)، بندر خمیر (شکل ۱۲)، حسن لنگی (شکل ۱۳) و کوهستک (شکل ۱۴) نشان داده شده است. به عنوان مثال، برای نگاشت حاصله در سوزا نگاشت پردازش شده (شکل ۵، بالا، چپ)، نسبت سیگنال به نوفه (شکل ۵، بالا، راست)، طیفهای فوریه پس از اعمال فیلترهای انتخابی برای هر نگاشت (شکل ۵، پایین، چپ) براساس محاسبه نسبت سیگنال به نوفه با در نظر گرفتن پنجره های زمانی سیگنال به نوفه، مشاهده طیف فوریه شتاب، معرفی فیلترهای گذر پایین و گذر بالا (جدول ۱)، برآورد نسبت طیفی مؤلفه افقی به مؤلفه قائم برای برآورد نسبت طیفی تشدید (شکل ۵، پایین، راست) و برآورد فرکانس بنیادی در هر محل و در نهایت تخمین رده ساختگاه در محل هر ایستگاه شتابنگاری آمده است [۹]. علاوه بر آن، بر اساس برآورد زمان رسید موجهای P و S روی هر نگاشت فاصله های کانونی برای هر نگاشت برآورد شده است (جدول ۱). مقدارهای بیشینه شتاب، بیشینه سرعت، بیشینه تغییر مکان



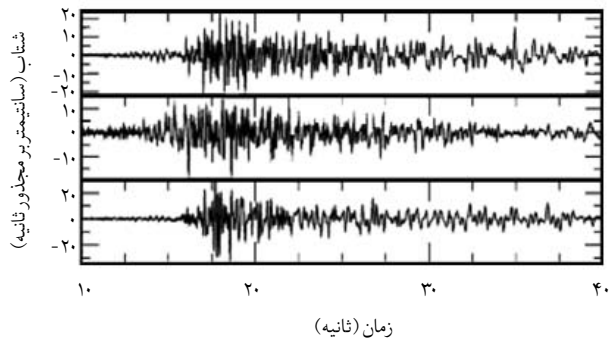
شکل (۵): پردازش شتابنگاشت ثبت شده در سوزا



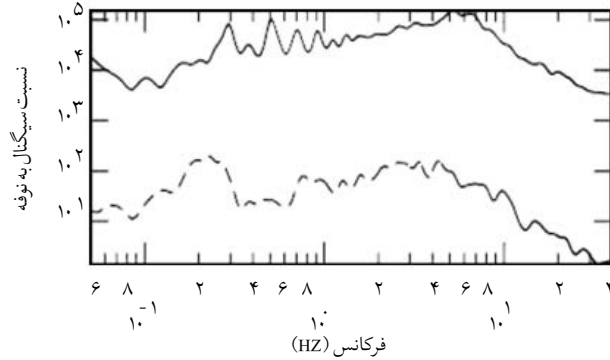
شکل (۶): پردازش شتابنگاشت ثبت شده در قشم

مجذور ثانیه روی دو مؤلفه افقی و ۱۲۶ سانتیمتر بر مجذور ثانیه روی مؤلفه قائم بوده است (شکل ۱۵). مقدارهای هم شدت در پهنه‌ای که شتابنگاشتهای زمین لرزه ثبت شده است به ترتیب برای بیشینه شتاب افقی (شکل ۱۵، الف) و بیشینه شتاب قائم (شکل ۱۵، ب) ارائه شده است. همچنین نمودار بیشینه شتاب در برابر فاصله کانونی (بر اساس نتایج جدول ۱) در شکل (۱۶) و نمودار مشابهی برای بیشینه سرعت در برابر فاصله کانونی در شکل (۱۷) آمده است.

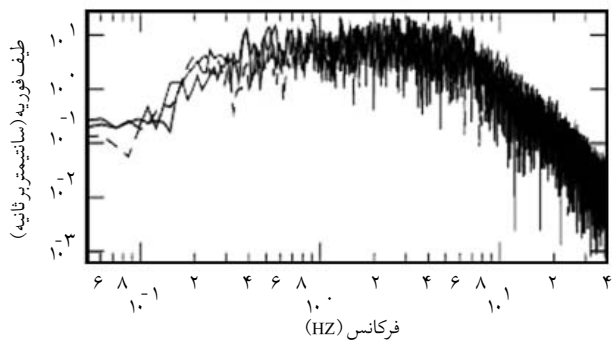
(بر اساس انتگرال گیری از شتابنگاشت، پس از فیلتر کردن)، فرکانس گوشه، سطح صاف طیف فوریه شتاب، بزرگای گشتاوری و دوام جنبش شدید زمین (بر اساس تعریف تریفونک و برادی [۱۰])، با محاسبه زمانی فاصله ۰.۵ تا ۹۵٪ انتگرال تجمعی شتاب زمین لرزه) نیز برای هر سه مؤلفه آمده است. در این جدول مشخص شده است که مقدارهای بیشینه شتاب در ایستگاه سوزا در جزیره قشم در فاصله کانونی ۳۰ کیلومتر از کانون زمین لرزه به ترتیب ۳۲۳ و ۲۱۰ سانتیمتر بر



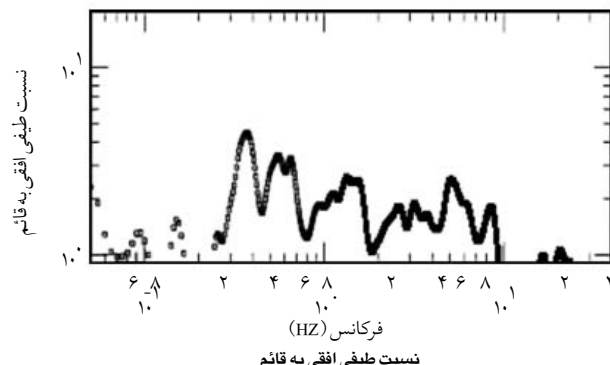
نکاشت فیلتر شده



نسبت سیگنال به نوفه

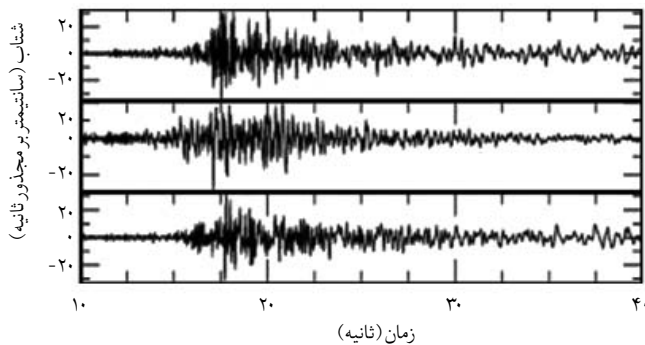


طیف فوریه پس از پردازش

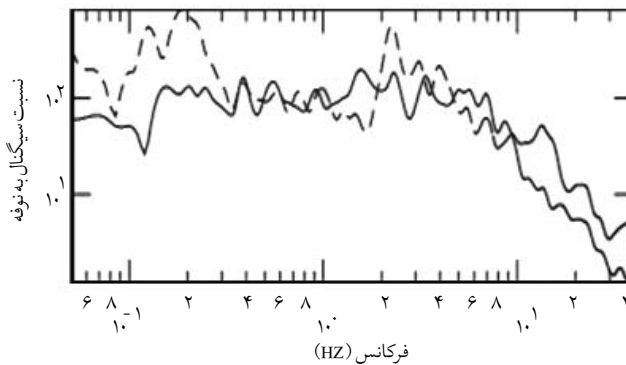


نسبت طیفی افقی به قائم

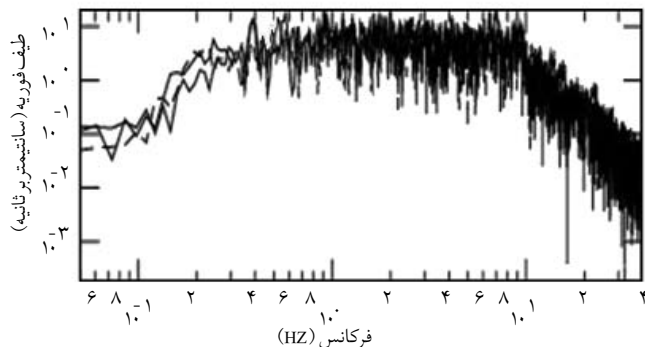
شکل (۷): پردازش شتابنگاشت ثبت شده در بندرعباس-۱



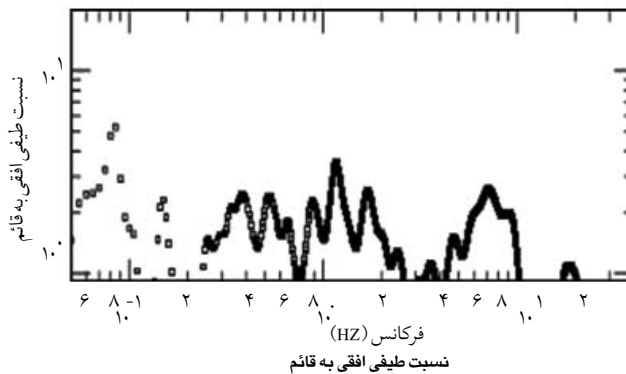
نکاشت فیلتر شده



نسبت سیگنال به نوفه

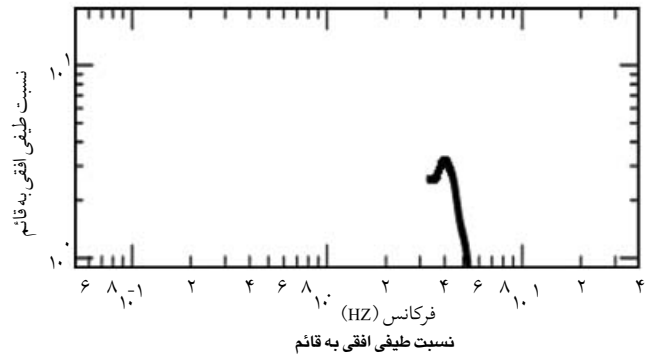
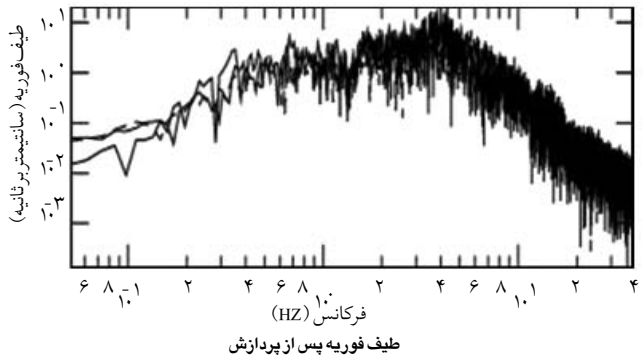
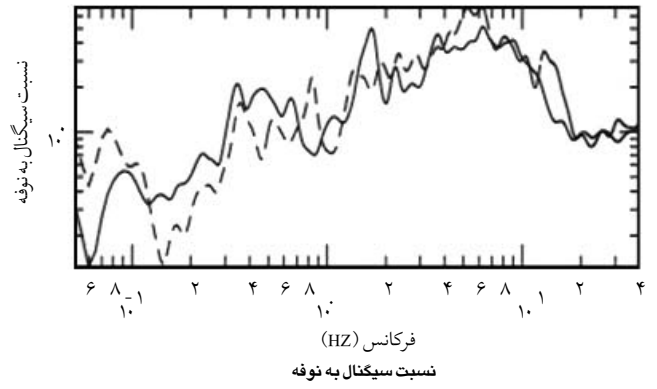
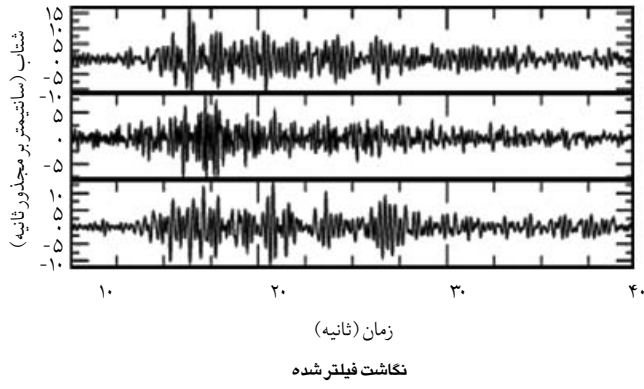


طیف فوریه پس از پردازش

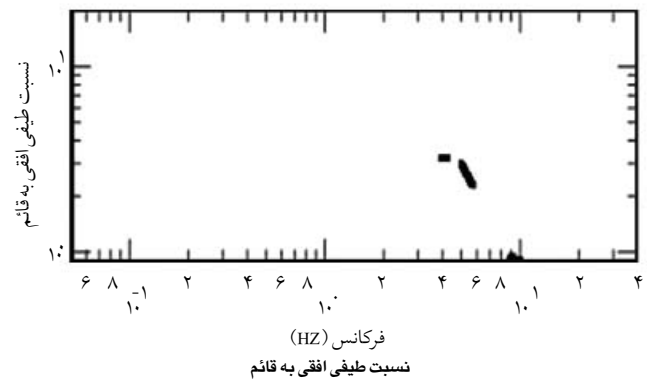
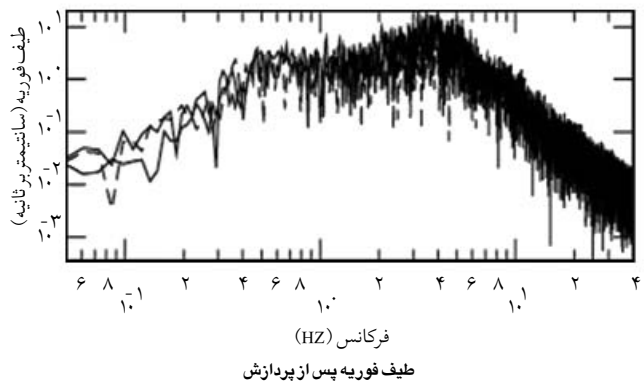
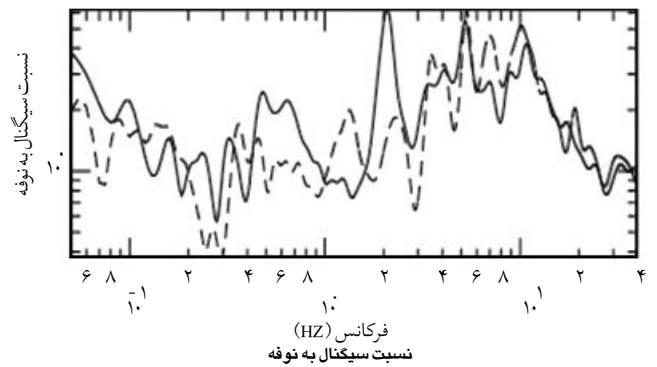
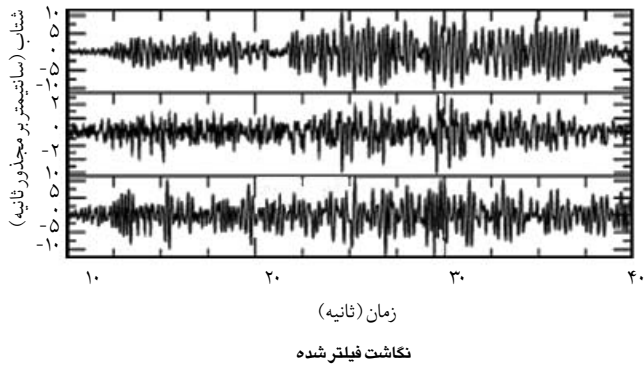


نسبت طیفی افقی به قائم

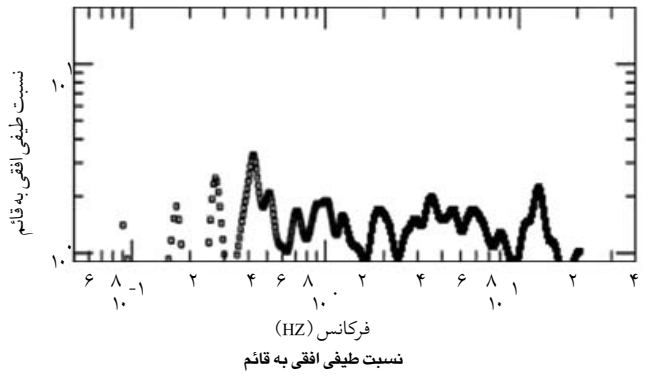
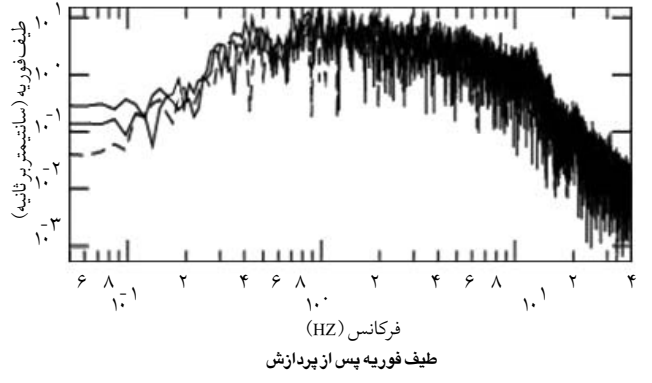
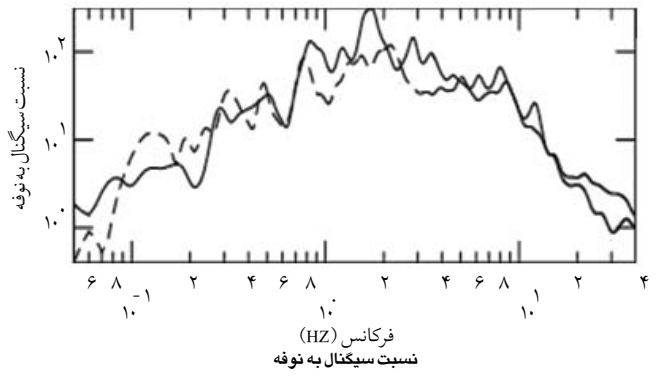
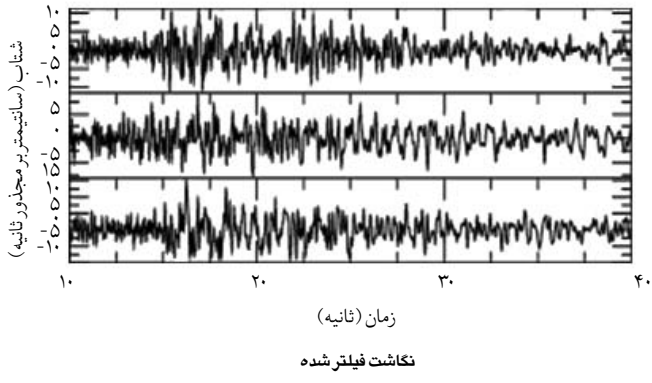
شکل (۸): پردازش شتابنگاشت ثبت شده در بندرعباس-۲



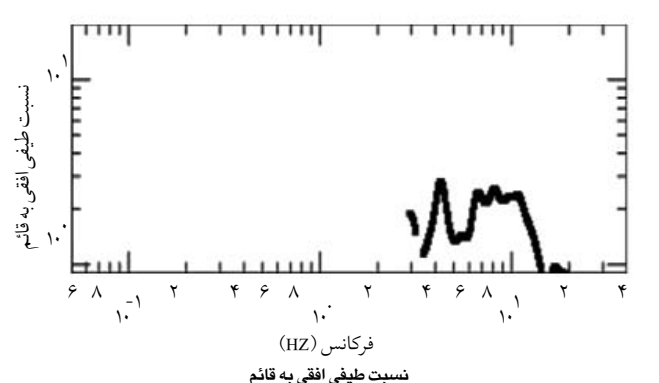
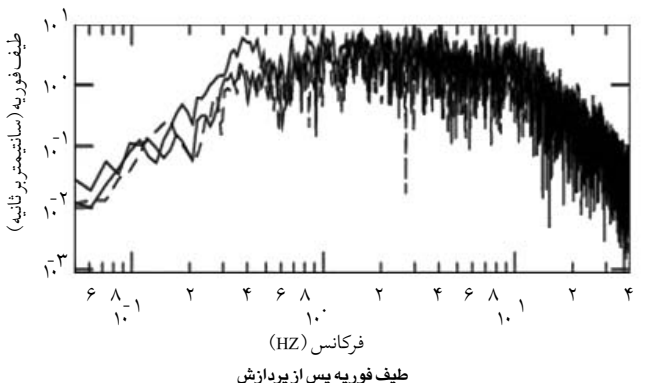
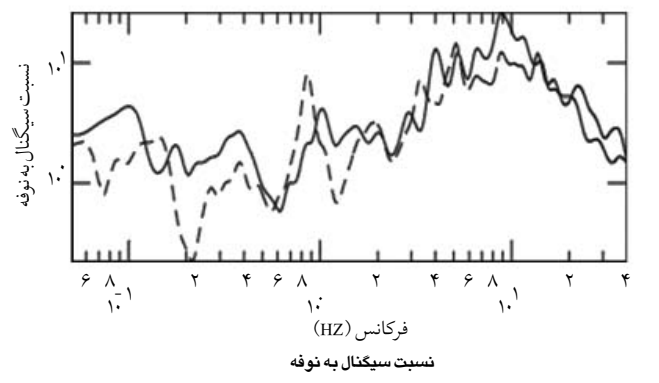
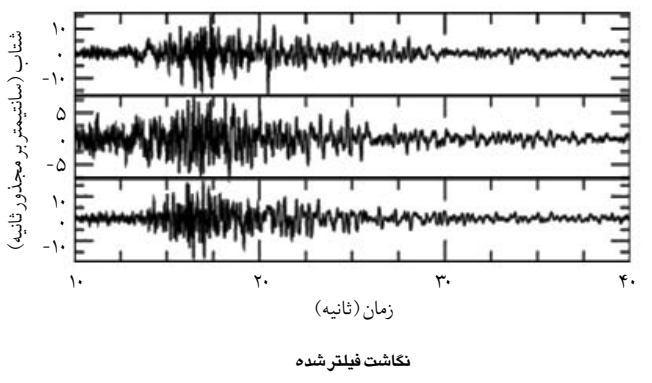
شکل (۹): پردازش شتابنگاشت ثبت شده در میناب



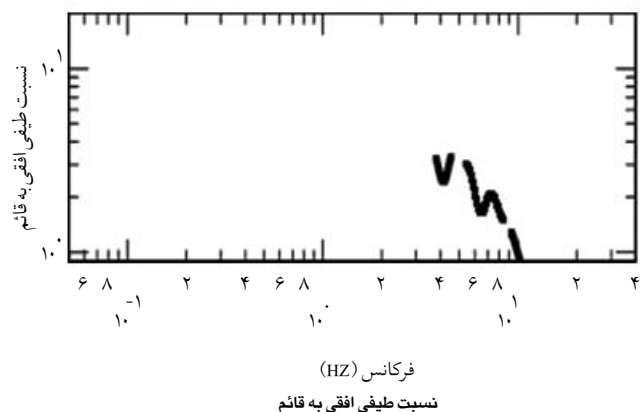
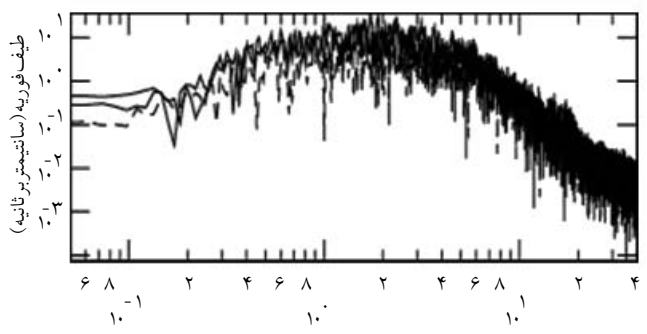
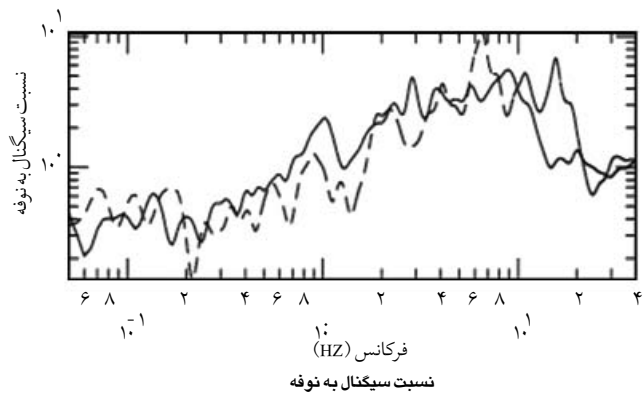
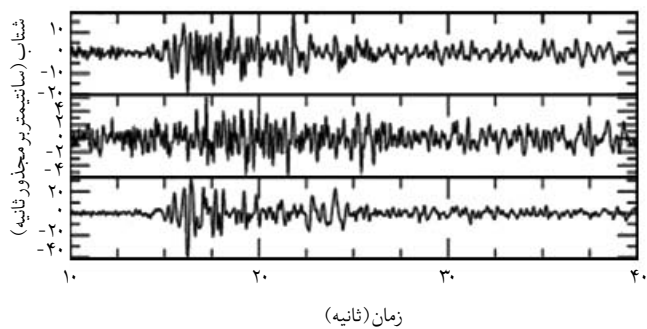
شکل (۱۰): پردازش شتابنگاشت ثبت شده در فین



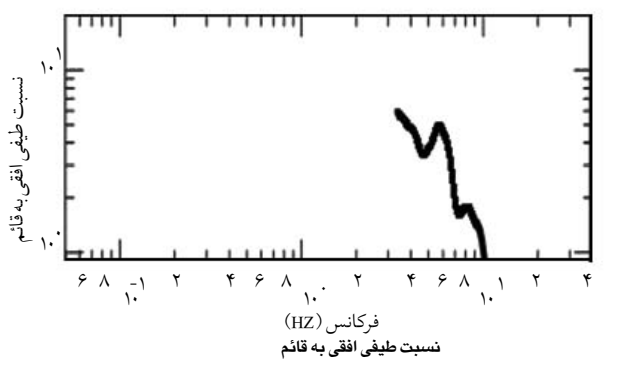
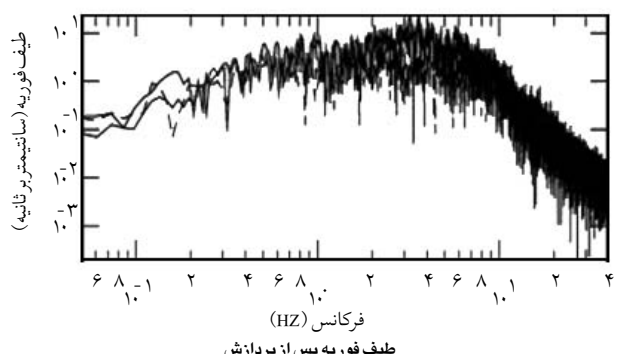
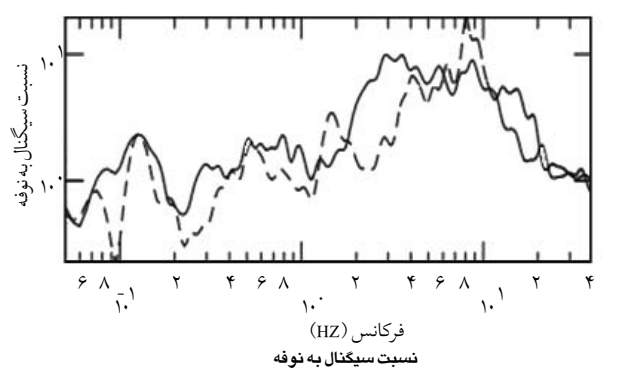
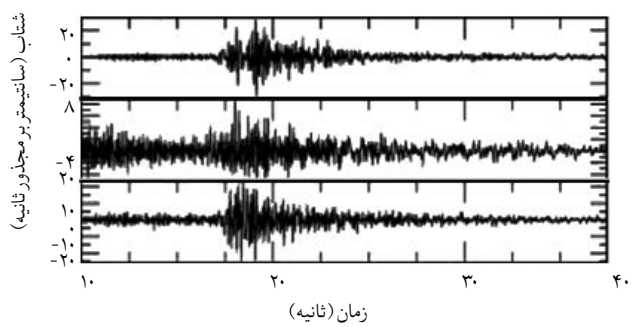
شکل (۱۱): پردازش شتابنگاشت ثبت شده در کهورستان



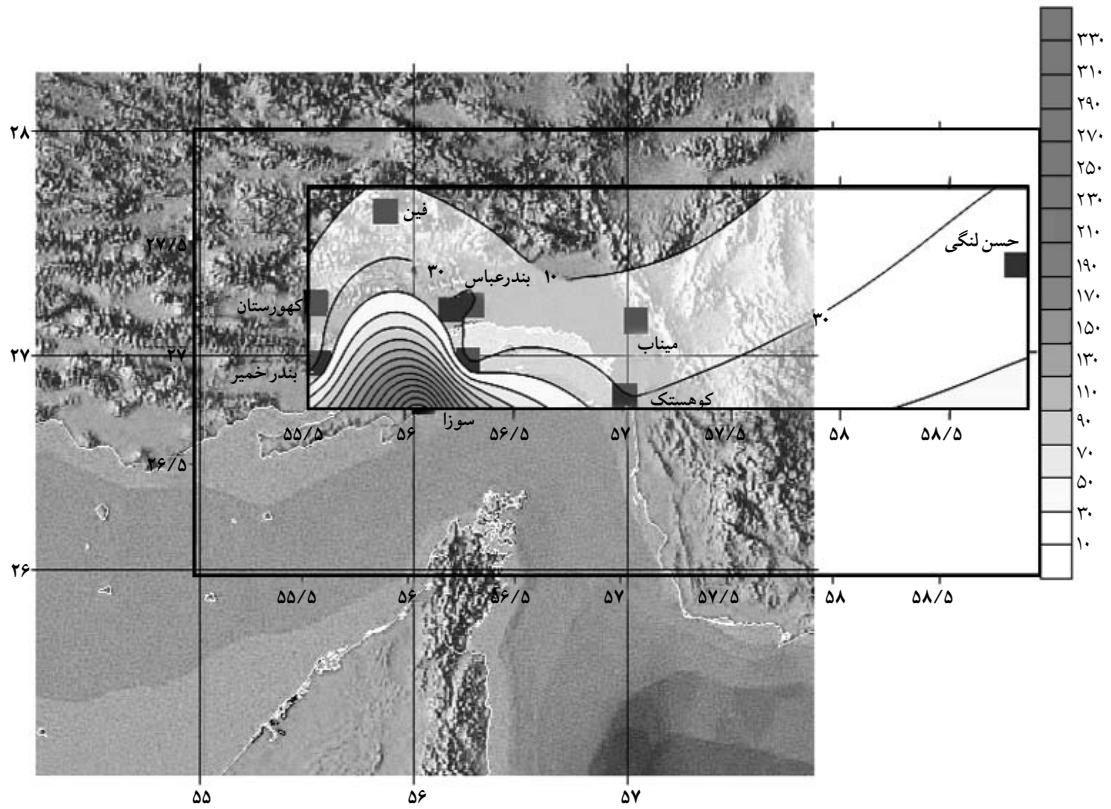
شکل (۱۲): پردازش شتابنگاشت ثبت شده در بندر خمیر



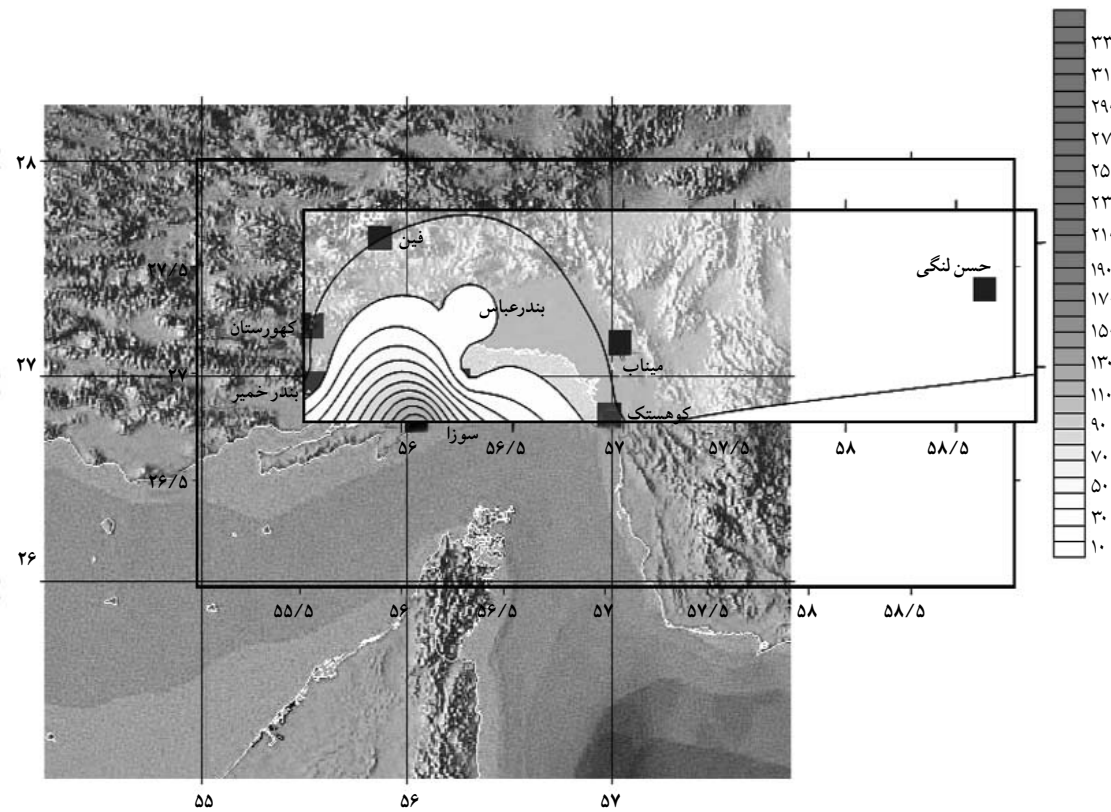
شکل (۱۳): پردازش شتابنکاشت ثبت شده در حسن لنگی



شکل (۱۴): پردازش شتابنکاشت ثبت شده در کوهستک

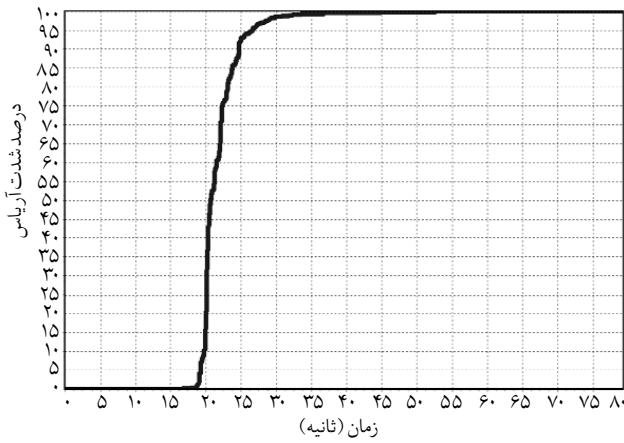


الف: نقشه هم شتاب بر اساس بیشینه شتابها روی مؤلفه افقی، از ده شتابنگاشت حاصل از زمین لرزه ۸۴/۹/۶ قشم

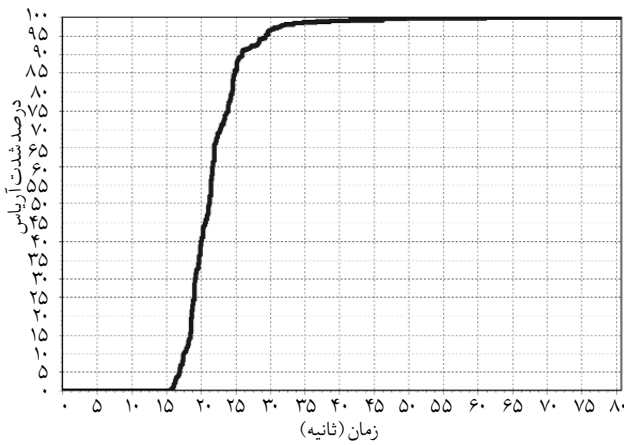


ب: نقشه هم شتاب بر اساس بیشینه شتابهای روی مؤلفه قائم، از ده شتابنگاشت حاصل از زمین لرزه ۸۴/۹/۶ قشم

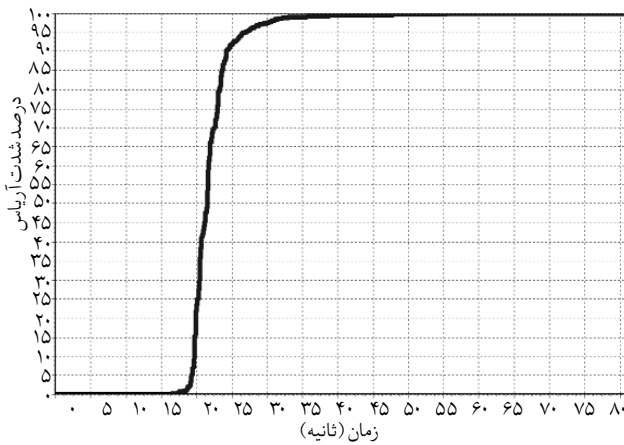
شکل (۱۵): نقشه‌های شدت بیشینه شتاب زمین لرزه ۸۴/۹/۶ قشم



الف: مؤلفه افقی اول



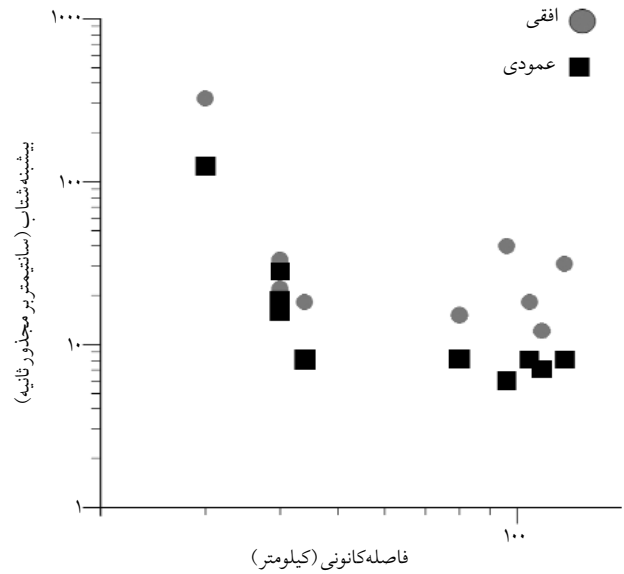
ب: مؤلفه قائم



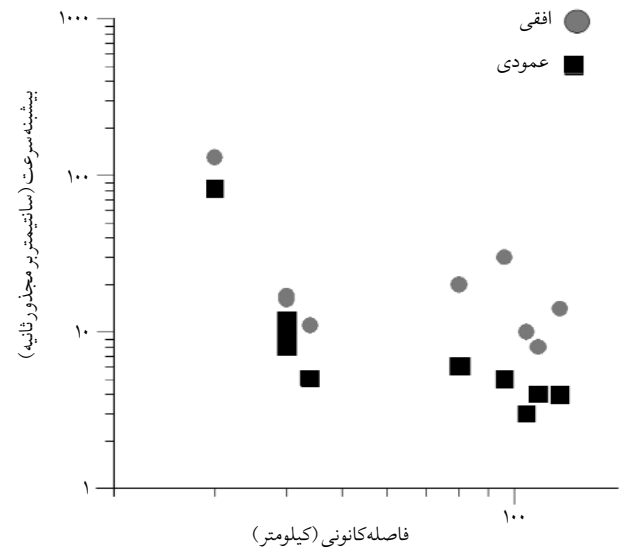
پ: مؤلفه افقی دوم

شکل (۱۸): نمودار شدت آریاس بر زمان برای شتاب‌نگاشت ثبت شده در سوزا برای زمین‌لرزه ۸۴/۹/۶ قشم

در این شکلها مشخص است که پریود غالب شتاب‌نگاشتهای حاصله در این زمین‌لرزه در ۰/۱ ثانیه (برای مؤلفه

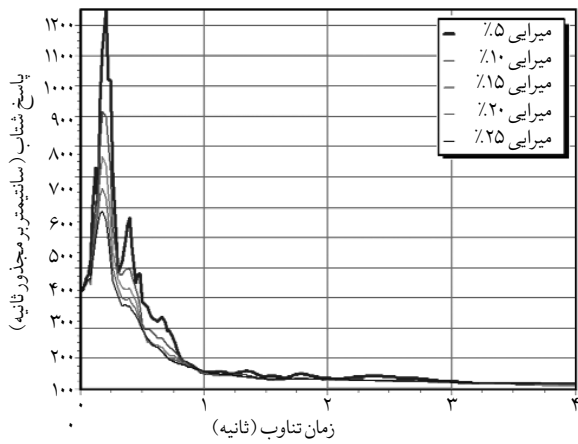


شکل (۱۶): نمودار بیشینه شتاب بر فاصله برای مؤلفه‌های افقی و قائم از ده شتاب‌نگاشت حاصل از زمین‌لرزه ۸۴/۹/۶ قشم

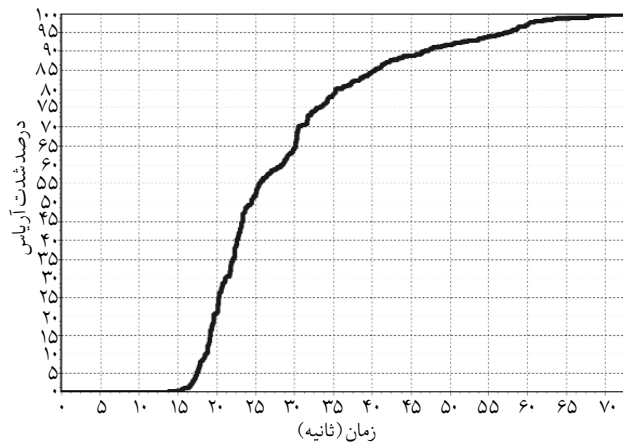


شکل (۱۷): نمودار بیشینه سرعت بر فاصله برای مؤلفه‌های افقی و قائم از ده شتاب‌نگاشت حاصل از زمین‌لرزه ۸۴/۹/۶ قشم

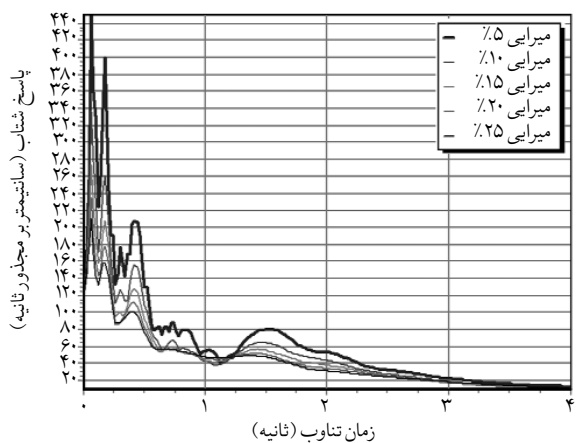
برای برآورد دوام جنبش شدید زمین با تعریف تریفونک و برادی [۱۰] از نگاشتهای پردازش شده، انتگرال تجمعی شتاب گرفته شده و نتایج آن به عنوان مثال برای نگاشتهای سوزا و قشم در شکلهای (۱۸) و (۱۹) آمده است. طیفهای پاسخ شتاب برای مؤلفه‌های سه گانه و میراییهای ۰/۵٪، ۱/۰٪، ۱/۵٪، ۲/۰٪ و ۲/۵٪ نیز برای شتاب‌نگاشت سوزا و قشم در شکلهای (۲۰) و (۲۱) آمده است.



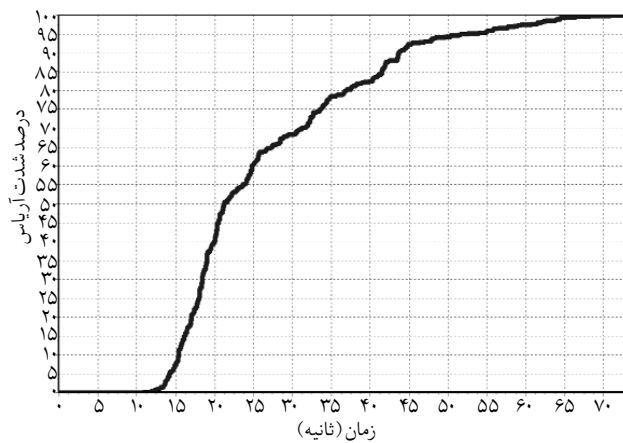
الف: مؤلفه افقی اول



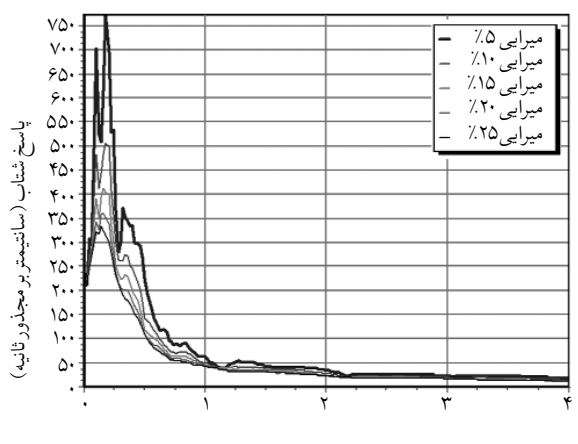
الف: مؤلفه افقی اول



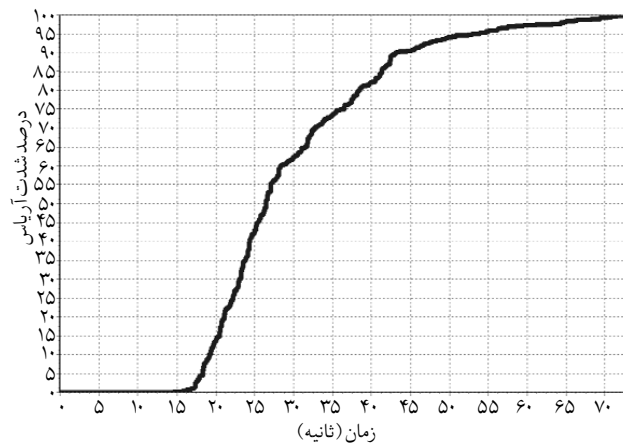
ب: مؤلفه قائم



ب: مؤلفه قائم



ب: مؤلفه افقی دوم



ب: مؤلفه افقی دوم

شکل (۲۰): طیفهای پاسخ برای شتابنگاشت ثبت شده در سوزا برای زمین لرزه ۸۴/۹/۶ قشتم

مؤلفه‌های افقی و قائم، تغییر دوام جنبش با فاصله کانونی در شکل (۲۲) نشان داده شده است. بر اساس برآزش بهترین

شکل (۱۹): نمودار شدت آریاس بر زمان برای شتابنگاشت ثبت شده در قشتم برای زمین لرزه ۸۴/۹/۶ قشتم

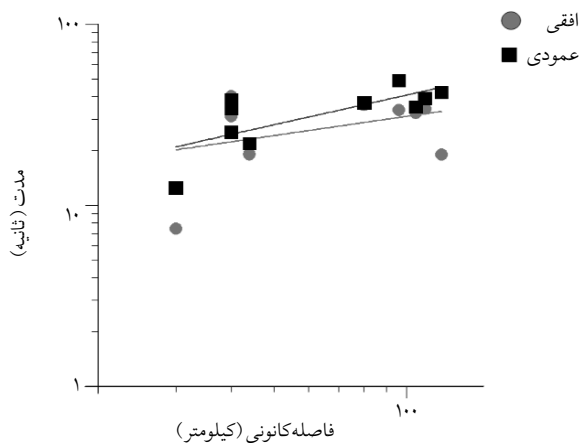
قائم) تا ۰/۲ ثانیه (برای مؤلفه‌های افقی) در تغییر بوده است. علاوه بر آن، بر اساس برآورد دوام جنبش شدید زمین روی

منحنی تغییرات دوام با فاصله برای این زمین لرزه با بزرگای $M_w = 6.0$ ، رابطه‌های (۱) و (۲) بین دوام جنبش روی مؤلفه‌های افقی و قائم (بر اساس داده‌های زمین لرزه قشم) به دست آمده است:

$$\log T_v = 0.54 \log X + 1.2 \quad (1)$$

$$\log T_H = 0.35 \log X + 1.8 \quad (2)$$

در رابطه‌های مذکور، T_v و T_H به ترتیب دوام جنبش روی مؤلفه‌های افقی و قائم به ثانیه و X فاصله کانونی به کیلومتر می‌باشد.

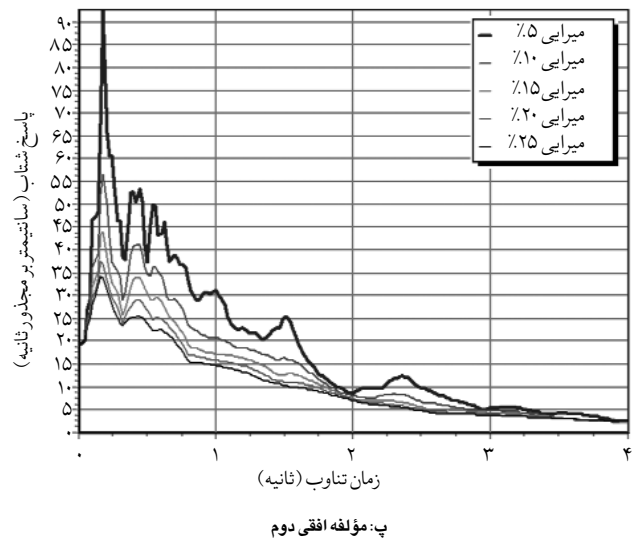
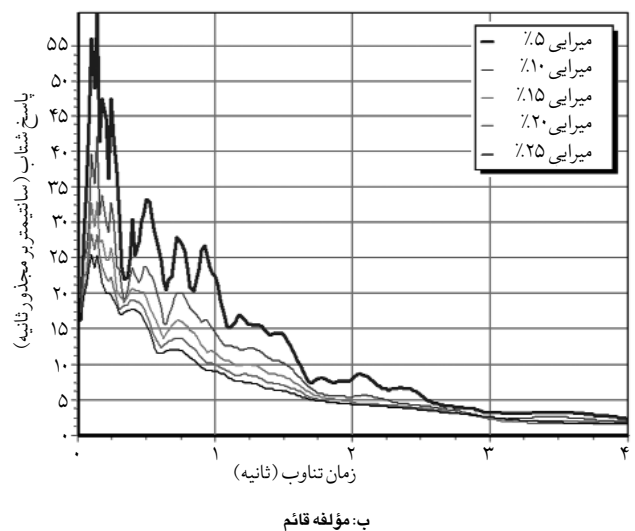
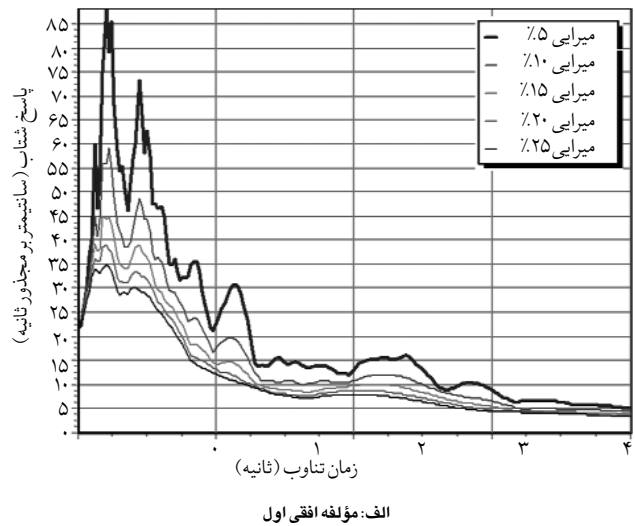


شکل (۲۲): مقدارهای دوام جنبش شدید زمین بر فاصله کانونی برای ده شتابنگاشت پردازش شده در زمین لرزه ۸۴/۹/۶ قشم بر اساس تعریف تریفونک و برادی [۱۰]

۶- نتیجه گیری

اهم نتایج حاصل از مطالعه شتابنگاشت‌های زمین لرزه ۸۴/۹/۶ قشم عبارتند از:

- ۱- بزرگای زمین لرزه بر اساس برآورد گشتاور لرزه‌ای برای شتابنگاشت‌های مختلف و میانگین گیری از مقدارهای مختلف برابر با $M_w = 6.0$ به دست آمده است.
- ۲- بر اساس برآورد فاصله‌های کانونی برای هر شتابنگاشت و با توجه به موقعیت ایستگاه‌های شتابنگاری، مقدار ژرفای کانونی ۱۶ کیلومتر (± 5 کیلومتر) برای این



شکل (۲۱): طیف‌های پاسخ برای شتابنگاشت ثبت شده در قشم برای زمین لرزه ۸۴/۹/۶ قشم

زمین لرزه پیشنهاد می شود.

۳- بر اساس کاهندگی سریع جنبش با فاصله کانونی، برای مقدارهای بیشینه شتاب (شکل ۱۶)، بیشینه سرعت (شکل ۱۷) و ژرفای کانونی زمین لرزه به نظر می رسد که کاهندگی جنبش در این زمین لرزه مانند بیشتر زمین لرزه های ناحیه زاگرس بسیار سریع بوده است. البته یادآوری می گردد که این مقایسه در این قسمت بدون در نظر گرفتن خاک ساختگاه و صرفاً با توجه به مقدارهای حاصله در سطح زمین انجام شده است. بدیهی است که در صورت در دسترس بودن نگاهشتهای متعدد شتابنگاری و مقایسه شتابنگاشتهای ثبت شده روی رده های خاکهای مختلف، امکان تفکیک کاهندگی های مختلف روی رده های مختلف خاک وجود داشت.

۴- با توجه به طیفهای پاسخ برآورد شده برای شتابنگاشتهای پردازش شده در این مطالعه، مشخص است که محتوای فرکانسی غالب در این نگاهشتهای عمده با مشاهده بلندترین دامنه ها در فرکانس های بالا و پیروید غالب در حدود ۰/۱ تا ۰/۲ ثانیه بوده است.

۵- پس از مشاهده اوج طیفی، طیفهای پاسخ حاصله سقوط سریعی نشان داد و مقدارهای شتاب طیفی پیرویدهای ۰/۵ ثانیه و بالاتر مقدارهایی کمتر از یک برابر نشان دادند. این مسأله ای است که بویژه در مقایسه با طیفهای ارائه شده در آیین نامه های موجود (بویژه آیین نامه استاندارد ۲۸۰۰) بروز می کند؛ به نحوی که مقدارهای شتاب طیفی بویژه در پیرویدهای بلند (بیش از ۰/۵ ثانیه) تفاوت های فاحشی با شکل طیفهای استاندارد نشان می دهد.

۶- لازم است در بررسیهای جامعی بر روی طیفهای پاسخ نسبت به دسته بندی طیفهای مناسب برای هر منطقه از فلات ایران اقدام گردد. این بررسیها شامل پردازش دقیق داده های شتابنگاری، تعیین رده خاک ساختگاه، برآورد طیفهای پاسخ و محاسبه رابطه های تجربی کاهندگی طیفی و در نهایت برآوردهای طیفهای پاسخ بر اساس شبیه سازی جنبش شدید زمین می باشد*.

۷- مطالعه تغییرات دوام جنبش شدید زمین در فاصله های کانونی مختلف، نشانه دوام بیشتر جنبش بویژه بر روی مؤلفه قائم و افزایش مقدار دوام با فاصله کانونی از کانون زمین لرزه برای زمین لرزه قشم است. در این مورد نیز رابطه های ساده تجربی بر اساس برآزش بر مبنای کمترین خطا، بین مقدارهای به دست آمده دوام جنبش و فاصله کانونی برای مؤلفه های افقی و قائم در مقاله حاضر ارائه گردیده است. لازم است تا حداقل با وارد کردن پارامترهای بزرگ و جنس خاک ساختگاه نسبت به برآورد دقیق رابطه های تجربی برای ایران اقدام شود*.

۸- با توجه به نگاهشتهای حاصله، ژرفای کانونی زمین لرزه و گزارشهای دریافتی از خرابیها در پهنه رومرکزی به نظر می رسد که تنها دلیل بروز تلفات جانی در این رویداد، وضعیت بد ساخت و ساز سنتی در ناحیه زلزله زده باشد؛ چرا که با مشخصات زمین لرزه قشم (بزرگای ۶ و ژرفای ۱۶ کیلومتر) و با ساخت و سازهای کمی مقاوم تر می توان انتظار داشت که هیچ تلفاتی از چنین زمین لرزه ای (که در آستانه اندازه زمین لرزه های بزرگ است) در میهن ما برجا نماند.

*نگارنده در حال حاضر در قالب یک طرح پژوهشی جامع چنین مطالعه ای را برای فلات ایران آغاز نموده است.

the duration of strong earthquake ground motion.
Bul. Seismo. Soc. of Amrica (BSSA), 65, No. 39,
581-626. ◀

**در قالب طرح پژوهشی یادشده، این مطالعه نیز برای نگاشتهای
شتابنگاری ایران در دست انجام می باشد.

۷- سپاسگزاری

دسترسی به داده های شتابنگاری مورد بررسی در این مقاله
از طریق وبسایت مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
[۳] امکانپذیر گردید که نگارنده از این مرکز به این دلیل
سپاسگزاری می نماید.

۸- مراجع

1. www.ngdir.ir
2. http:// earth.google.com
3. Web Site of Building and Housing Research Center.
(2005). Available at:
<http://www.bhrc.ac.ir>.
4. National Earthquake Information Center (NEIC).
Available at:
<http://neic.usgs.gov/>, November 2005.
5. <http://www.iiees.ac.ir/> , November 2005.
6. <http:// earthquake.usgs.gov/>
۷. زارع، مهدی. (۱۳۸۰)، بررسی جنبش نیرومند زمین و
داده های شتابنگاری در زمین لرزه ۲۰ اردیبهشت ۱۳۷۶
اردکول فائن با بزرگای $M_w=7.2$. پژوهشنامه زلزله شناسی
و مهندسی زلزله، سال چهارم. شماره ۴، صفحه ۲۹ تا ۴۴.
۸. زارع، مهدی. (۱۳۸۱). بررسی جنبش شدید زمین و
داده های شتابنگاری زمین لرزه اول تیر ۱۳۸۱ چنگوره (آوج)
با بزرگای $M_w=6.3$. پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی
زلزله، سال پنجم، شماره ۴، ۲۷-۴۵.
9. Zare, M., Bard, P.Y., Ghafory-Ashtiany, M. (1999).
Site characterization for the Iranian Strong Motion
Network. *Journal of Soil Dynamics and Earthquake
Engineering*, 18, No. 2, pp.101-123.
10. Trifunac, M.D., Brady, A.G. (1975). A study on