

## محاسبه پارامترهای منبع زمین‌لرزه ششم فروردین ۱۳۸۶ بم با استفاده از داده‌های شتاب‌نگاری میدان نزدیک و تعیین سازوکار کانونی زمین‌لرزه

عزیزالله آزادمنش<sup>۱\*</sup> و محمدرضا قیطانچی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، گروه فیزیک زمین، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، ایران

<sup>۲</sup> استاد، گروه فیزیک زمین، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، ایران

(دریافت: ۸۶/۱۰، پذیرش نهایی: ۸۸/۲/۲۲)

### چکیده

به دنبال زمین‌لرزه مخرب ۵ دی ماه ۱۳۸۲ بم در جنوب شرقی ایران، زمین‌لرزه‌ها و پس‌لرزه‌های زیادی در این منطقه به وقوع پیوسته است که آخرین آنها تا زمان این تحقیق، زمین‌لرزه ۶ فروردین ۱۳۸۶ است. در این تحقیق به کمک داده‌های رقمی شتاب‌نگاری مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نمودارهای شتاب، سرعت و جابه‌جایی نسبت به زمان، طیف فوریه شتاب با تصحیح خط مبنا و فیلتر مناسب ترسیم شد. پس از تصحیحات لازم پارامترهای منبع از جمله، بسامد گوشه و قسمت تخت نمودار تعیین شد. با استفاده از رابطه گشتاور لرزه‌ای،  $M_0$  و رابطه کاناموری مقدار بزرگی گشتاوری (Mw) ایستگاه‌های شتاب‌نگاری محاسبه شد. پس از میانگین‌گیری برای گشتاور لرزه‌ای مقدار  $M_0 = 3.6 \times 10^{16}$  نیوتن متر و برای بزرگای گشتاوری مقدار  $Mw = 5$  به دست آمد، که با نتایج محاسبات سایر روش‌ها مطابقت و همخوانی دارد. همچنین با استفاده از داده‌های رقمی شتاب‌نگاری رومرکز این زمین‌لرزه تعیین محل شد. انگیزه ما از این تحقیق، اثبات وجود تفاوت حداکثر ۳۶ کیلومتری در تعیین محل زمین‌لرزه از سوی مراکز لرزه‌نگاری معتبر داخل و خارج است. در این تحقیق سازوکار کانونی این زمین‌لرزه به کمک اولین رسید موج p ایستگاه‌های شتاب‌نگاری و لرزه‌نگاری داخل کشور امتداد لغز راست‌گرد، با روند  $N51^\circ W$  شیب ۸۹ درجه غربی و زاویه ریک ۱۳۸ درجه به دست آمد. وقوع زمین‌لرزه شش فروردین ۱۳۸۶ و خردلرزه‌های پس از آن حاکی از فعال بودن منطقه از حیث لرزه‌خیزی است.

واژه‌های کلیدی: زمین‌لرزه بم، پارامترهای منبع، داده‌های شتاب‌نگاری، گشتاور لرزه‌ای، بزرگی گشتاوری، تعیین محل زمین‌لرزه

### Source Parameters of The 26 April 2007 Bam Earthquake Obtained By The Near Field Accelerograms Data

Azadmanesh, A.<sup>1</sup> and Gheitanchi, M. R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> M. Sc. Student of Geophysics, Earth Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

<sup>2</sup> Professor, Earth Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

(Received: 1 Sep 2007, Accepted: 12 May 2009)

### Abstract

On 26 December 2003 at 05:26LT (01:26GMT), a catastrophic earthquake Mw 6.6, seismic moment ( $6 - 9 \times 10^{18}$  Nm) struck the city of Bam in the Kerman province of southeast Iran. The intense shaking in the city caused the complete collapse of nearly every building in the central parts of the city including many of the newer buildings, killing about 40000 people officially. The city lies to the east of the Nyband – Gowk – Sarvestan fault system and on which several powerful earthquakes have occurred over the past 23 years [Berberian et al., 1984; Berberian and Qorashi, 1994; Berberian et al., 2001]. There are no recorded historical earthquakes at Bam. Most of the citadel of Arg-e-

Bam, one of world heritage sites inscribed by UNESCO, which was constructed by mud brick about 2000 years ago was destroyed in this earthquake.

Four powerful earthquakes ( $M > 6$ ) since 1981 have occurred near the Gowk fault zone [Berberian et al., 1984, 2001]. The Gowk fault zone, a predominantly right-lateral strike-slip zone that extends from 50 km west of Bam northward [Walker and Jackson, 2002], has also been associated with several large historical earthquakes [Ambraseys and Melville, 1982; Berberian and Yeats, 1999].

After 26 December 2003 many aftershocks and earthquakes have occurred in Bam, southeast Iran. The last event with  $M = 4.9$  (NEIC) occurred on 26 April 2007. In this study, we calculated the ground motion parameters of the latest event using digital accelerograms of the Building and Housing Research Center (BHRC). We calculated seismic Moment ( $M_0$ ) and Moment magnitude ( $M_w$ ) of the 03/26/2007 Bam earthquake. For acceleration, Velocity and Displacement diagrams; we determined flat portion ( $K$ ) and corner frequency ( $f_c$ ) by correction of base line and band pass filtering of Fourier spectrum. We calculated average seismic Moment ( $M_0 = 3.6 \times 10^{16}$  Nm) and  $M_w$  5; the answers conform to the results by other methods computation. We determined the location of the epicenter, our motivation for these computations was the determination of the difference of epicentral location with Maximum 36 km. In this study, we determined the focal mechanism of this earthquake; strike angle ( $N51^\circ W$ ), Dip  $89^\circ$  westwards and Rake  $138^\circ$ , by using first P motion of the accelerograms and seismograms Data.

The occurrence of a strong earthquake such as that of the 26 April 2007 indicates that the Bam region is still seismically active.

**Key words:** Bam earthquake, Source parameters, Accelerograms Data, Seismic moment, Moment magnitude, Earthquake location, focal mechanism

## ۱ مقدمه

ساختمان‌ها شد. از حدود ۴۸ ساعت پیش از وقوع رویداد زمین‌لرزه اصلی، چندین پیش‌لرزه شهر بم را تکان داده بود. آنچه در ایران مرکزی شامل استان کرمان رخ می‌دهد، نمودی از این واقعیت است که تاریخ استان کرمان با زمین‌لرزه‌های متعددی دست به گریبان بوده است. رویداد زمین‌لرزه‌های تاریخی، سده بیستم و بیست و یکم در زرنند، کوهبنان، گلباف، راور، بردسیر، سیرچ، جوشان، سرآسیاب و چترود، کوهپایه، باب‌تنگل، ماهان، لاله‌زار، گوغر، زمین‌لرزه‌های اخیر بم (۵ دی ۱۳۸۲) و زرنند (۴ اسفند ۱۳۸۳) سبب شده است که این استان در مقام یکی از لرزه‌خیزترین مناطق ایران شناخته شود. شهر بم در شرق سامانه گسلی ناینند-گوک-سبزواران قرار گرفته است، سامانه گسلی که طی سه دهه اخیر، چندین زمین‌لرزه بزرگ در آن رخ داده است (بربریان و

در ششم فروردین ۱۳۸۶، ساعت ۱۰:۰۶:۵۰ به وقت محلی، زمین‌لرزه‌ای در نزدیکی شهر بم رخ داد که مراکز لرزه‌نگاری گوناگون بزرگی آن را ۴٫۹ تا ۵٫۱ اعلام کردند؛ یکی از روش‌های محاسبه ممان‌لرزه‌ای و بزرگای گشتاوری زمین‌لرزه‌ها استفاده از داده‌های شتاب‌نگاری ایستگاه‌های نزدیک محل رخداد زمین‌لرزه است، که به دلیل نزدیک بودن تا مرکز زلزله در مقایسه با مراکز و شبکه‌های لرزه‌نگاری که در فاصله خیلی دورتری قرار دارند، دارای خطای کمتری است.

پیش از این زمین‌لرزه مخرب و فاجعه‌آمیز بم با بزرگی  $M_w = 6.6$  در پنجم دی ۱۳۸۲ (۲۶ دسامبر ۲۰۰۳) در ساعت ۵:۲۶ به وقت محلی در جنوب شرقی ایران، باعث کشته شدن حدود ۴۰,۰۰۰ نفر، و زخمی و معلول شدن بیش از ۳۰,۰۰۰ نفر و انهدام افزون بر ۷۰ درصد

برآورد و رومرکز زمین‌لرزه تعیین شد. در نهایت با استفاده از اولین رسید موج P در ایستگاه‌های شتاب‌نگاری و لرزه‌نگاری داخل کشور، سازوکار کانونی این زمین‌لرزه به دست آمد.

## ۲ تجزیه و تحلیل داده‌ها

یکی از داده‌های اصلی و اولیه مربوط به زمین‌لرزه‌های مخرب که در فاصله‌های نزدیک به دست می‌آیند، حاصل از داده‌های دستگاه‌های شتاب‌نگار است، که معمولاً روی سه مؤلفه عمود برهم شتاب‌سنج در دستگاه شتاب‌نگار ثبت می‌شوند.

شتاب‌نگارهای SSA-2 مورد استفاده در ایستگاه‌های بم و اطراف آن از نوع رقمی‌اند. نگاشت‌های سه مؤلفه‌ای منطقه، مربوط به ایستگاه‌های ابارق، بروات، بم، پشت‌رود، قطب‌آباد و محمدآباد مسکون است. کلیه نتایج به دست آمده، مربوط به: مختصات ایستگاه‌ها شتاب‌های بیشینه، فواصل کانونی، اختلاف زمان رسید امواج P و S، بسامد گوشه، قسمت تخت طیف فوریه (K)، گشتاور لرزه‌ای (Seismic moment) (Mo)، بزرگی گشتاوری (Moment magnitude) (Mw) پس از رسم شتاب‌نگاشت‌ها محاسبه، و در جدول ۱ درج شده است.

قریشی، ۱۹۹۴؛ بربریان و همکاران، ۲۰۰۱). زون گسلی گلباف عمدتاً یک زون امتداد لغز راست‌گرد است که از ۵۰ کیلومتری غرب بم به سمت شمال امتداد دارد (واکر و جکسون، ۲۰۰۲). این زون گسلی با چندین زمین‌لرزه تاریخی مرتبط است (آمبرسیز و ملویل، ۱۹۸۲؛ بربریان و بیتز، ۱۹۹۹). پس از زمین‌لرزه مخرب پنجم دی ماه سال ۱۳۸۲ بم، زمین‌لرزه‌ها و پس‌لرزه‌های زیادی در این شهرستان رخ داده است.

زمین‌لرزه‌ای که در این تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد ۴۰ ماه بعد از زمین‌لرزه مخرب ۵ دی ۱۳۸۲ در حوالی شهر بم اتفاق افتاد. هدف از این تحقیق، شناخت خصوصیات این زمین‌لرزه و بررسی روند فعالیت لرزه‌ای در منطقه است. در مرحله نخست با داده‌های رقمی شتاب‌نگار ایستگاه شتاب‌نگاری در شهر بم و روستاهای اطراف بم، برای هر ایستگاه نمودارهای شتاب‌زمان، سرعت‌زمان و جابه‌جایی‌زمان رسم شد، مقدار شتاب بیشینه (Peak Ground Acceleration, PGA) و زمان دوام تعیین شد، مقادیر قسمت تخت نمودار k و بسامد گوشه (fc) ایستگاه‌ها به دست آمد و همچنین طیف فوریه شتاب ترسیم شد. سپس برای تعیین محل زمین‌لرزه به کمک این داده‌ها، با اندازه‌گیری زمان رسید امواج P و S، مقادیر ts-tp برای هر ایستگاه تعیین و فاصله کانونی تا ایستگاه

جدول ۱. نتایج پارامترهای به دست آمده از شتاب‌نگاشت‌ها و طیف فوریه اصلاح شده.

Mw	M <sub>0</sub> (dy n.cm)	R(km)	ts-tp (S)	قسمت تخت طیف k=			بسامد گوشه (Hz) (f <sub>c</sub> )			بیشینه شتاب (PGA) (g)			زمان دوام (Duration) (ثانیه)			مختصات ایستگاه		ایستگاه
				T	V	L	T	V	L	T	V	L	T	V	L	Long	Lat	
۵.۰۳	$\times 10^{22}$ ۳.۸۸	۱۷.۲	۲.۱۵	۰.۵	۰.۴	۰.۶	۱.۴۵	۳.۱۰	۳.۲۵	۰.۰۶۱	۰.۰۶۲	۰.۰۶۸	۶.۷۱	۵.۵۲	۶.۶۶	۵۸.۳۵۳	۲۹.۰۷۹	بم
۴.۹۸	$\times 10^{22}$ ۳.۲۷	۴۰.۴۸	۵.۰۶	-	۰.۱	-	-	۱.۹۶	-	۰.۰۳۴	۰.۰۱۳	۰.۰۴۲	۶.۳۳	۱۱.۹۲	۲.۷۲	۵۸.۴۸۳	۲۸.۸۸۳	قطب‌آباد
۵.۰۸	$\times 10^{22}$ ۴.۶۶	۱۸.۱۶	۲.۲۷	۱	۰.۵	-	۲.۹۰	۳.۱۳	-	۰.۱۸۵	۰.۱۳۸	۰.۰۱۰	۲.۳۱	۴.۵۷	۵.۳۱	۵۸.۴۰۲	۲۹.۰۰۱	بروات
۴.۸۵	$\times 10^{22}$ ۲.۰۸۸	۵۸.۴	۷.۳	-	-	۰.۳	-	-	۵.۱۰	۰.۰۳۵	۰.۰۱۸	۰.۰۲۷	۸.۰۳۹	۱۵.۲۳	۱۱.۶۳	۵۷.۹۴	۲۹.۳۴۷	ابارق
۵.۱۷	$\times 10^{22}$ ۶.۳۹۹	۵۶	۷	۰.۱	۰.۱	-	۱.۷۰	۱.۶۶	۱.۶۲	۰.۰۰۸	۰.۰۰۷	۰.۰۱۹	۱۷.۵۲	۱۹.۳۵	۸.۵۹	۵۷.۸۸۸	۲۸.۹۰۸	محمدآباد مسکون
۴.۸۷	$\times 10^{22}$ ۱.۴۱۶	۱۳.۶	۱.۷	۰.۵	-	۱	۳.۶۰	-	۴	۰.۰۶۹	۰.۰۷۸	۰.۰۷۷	۱۰.۷۱	۶.۳۵	۱۱.۸۹	۵۸.۳۸۱	۲۹.۱۳۳	پشت‌رود

گشتاوری حاصل با سایر مراکز لرزه‌نگاری معتبر داخل و خارج از کشور، مقایسه شده است.

در شکل ۲ نمودار لگاریتمی طیف فوریه شتاب اصلاح شده ایستگاه‌های ابارق، بروات، بم، پشت رود، قطب آباد و محمدآباد مسکون، به ترتیب آورده شده است. برای هر ایستگاه شتاب‌نگاری پس از تعیین بسامد گوشه،  $f_c$  و  $k$  از مقادیر به دست آمده، مؤلفه‌های متفاوت میانگین‌گیری شده است. در برخی از ایستگاه‌ها تشخیص این دو پارامتر، به کمک هر سه مؤلفه مشکل است، در این صورت از مؤلفه‌های طیف‌هایی استفاده شده که به سهولت قابل خوانش و تشخیص است.

با توجه به جدول ۱، به مرکزیت هر ایستگاه و به شعاع  $R$  دایره‌هایی را رسم کردیم؛ بهترین و مناسب‌ترین نقطه تلاقی دایره‌ها را به منزله رومرکز زمین لرزه برگزیدیم. رومرکز حاصل از این تحقیق و سایر مراکز لرزه‌نگاری معتبر داخل و خارج را روی نقشه ماهواره‌ای منطقه پیاده کرده‌ایم (شکل ۳). بزرگی به دست آمده با استفاده از روابط (۱) و (۲) در این تحقیق، با بزرگی حاصل از مراکز دیگر جدول ۲ تقریباً همخوانی و مطابقت دارد؛ ولی بین تعیین محل‌های به دست آمده حداکثر اختلاف ۳۶ کیلومتر وجود دارد، عمدتاً، منشأ اختلاف و نبود دقت مراکز لرزه‌نگاری، دور بودن ایستگاه‌های لرزه‌نگاری از مکان رخداد زمین لرزه است. نزدیک‌ترین ایستگاه‌های لرزه‌نگاری پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله و مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، به ترتیب در فاصله ۲۰۰ و ۵۰۰ کیلومتری قرار دارند. بنابراین نتایج به دست آمده در این تحقیق، به دلیل بررسی میدان نزدیک داده‌های شتاب‌نگاری به‌طور نسبی از دقت بیشتری برخوردار است؛ مشاهدات صحرائی در منطقه نیز بر این مدعا صحه می‌گذارد. با توجه به اینکه در این زمین لرزه تعداد محدودی از دیوارهای گلی و قدیمی در روستای پشت‌رود، واقع در شمال شرقی شهر بم فروریخته است،

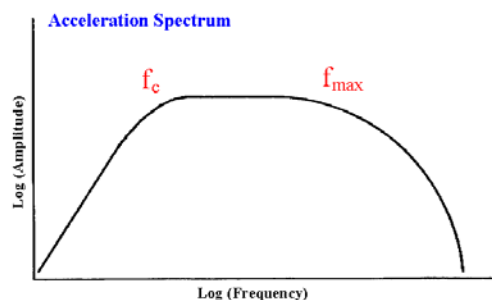
پس از تصحیحات خط مبنا و فیلتر مناسب میان‌گذر (فیلتر باترورت) با محدوده بسامدی  $0.3$  تا  $70$  هرتز، طیف فوریه شتاب برای هر ایستگاه رسم شد. طیف فوریه شتاب اصلاح شده همه ایستگاه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است؛ در نمودار زیر  $f_c$  بسامد گوشه،  $f_{max}$  بیشینه بسامد،  $k$  قسمت بالای طیف قبل از  $f_c$  بیشترین مقدار محور عرض‌ها به صورت لگاریتم دامنه است. نخست با استفاده از رابطه (۱)  $\Omega_0$  را با تعیین  $f_c$  و  $k$  تعیین،

$$k = \Omega_0 (2\pi f_c)^2 \quad (1)$$

و سپس با استفاده از رابطه (۲) مقدار  $M_0$  را محاسبه می‌کنیم:

$$M_0 = \frac{4\pi\rho\beta^3}{R_{\theta\phi} FVG(R)} \Omega_0 \quad (2)$$

$$G(R) = \begin{cases} R^{-1} & R \leq 100\text{km} \\ (100 \times R)^{-\frac{1}{2}} & R > 100\text{km} \end{cases} \quad (3)$$



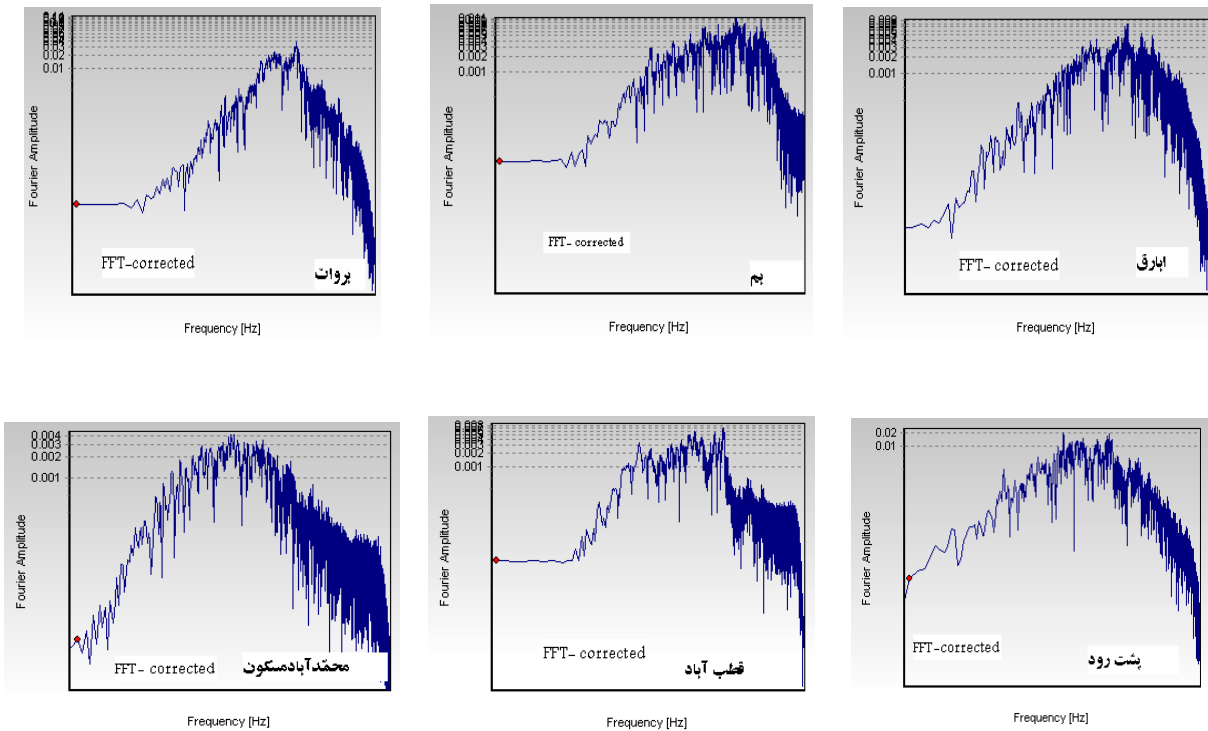
شکل ۱. طیف فوریه شتاب اصلاح شده در تمام ایستگاه‌ها.

در اینجا با توجه به اینکه همه شتاب‌نگارهای واقع در منطقه، در فاصله کمتر از  $70$  کیلومتر مستقر شده‌اند، از  $G(R) = R^{-1}$  استفاده شده است (آزادمنش، ۱۳۸۶). برای تعیین بزرگی گشتاوری  $M_w$  از رابطه (۴) استفاده شده است (لی و والاس، ۱۹۹۵).

$$M_w = 0.667 \text{ Log } M_0 - 10.7 \quad (4)$$

نتایج ممان لرزه‌ای و بزرگی گشتاوری به دست آمده در تحقیق حاضر در جدول ۲ درج شده است و نتیجه بزرگی

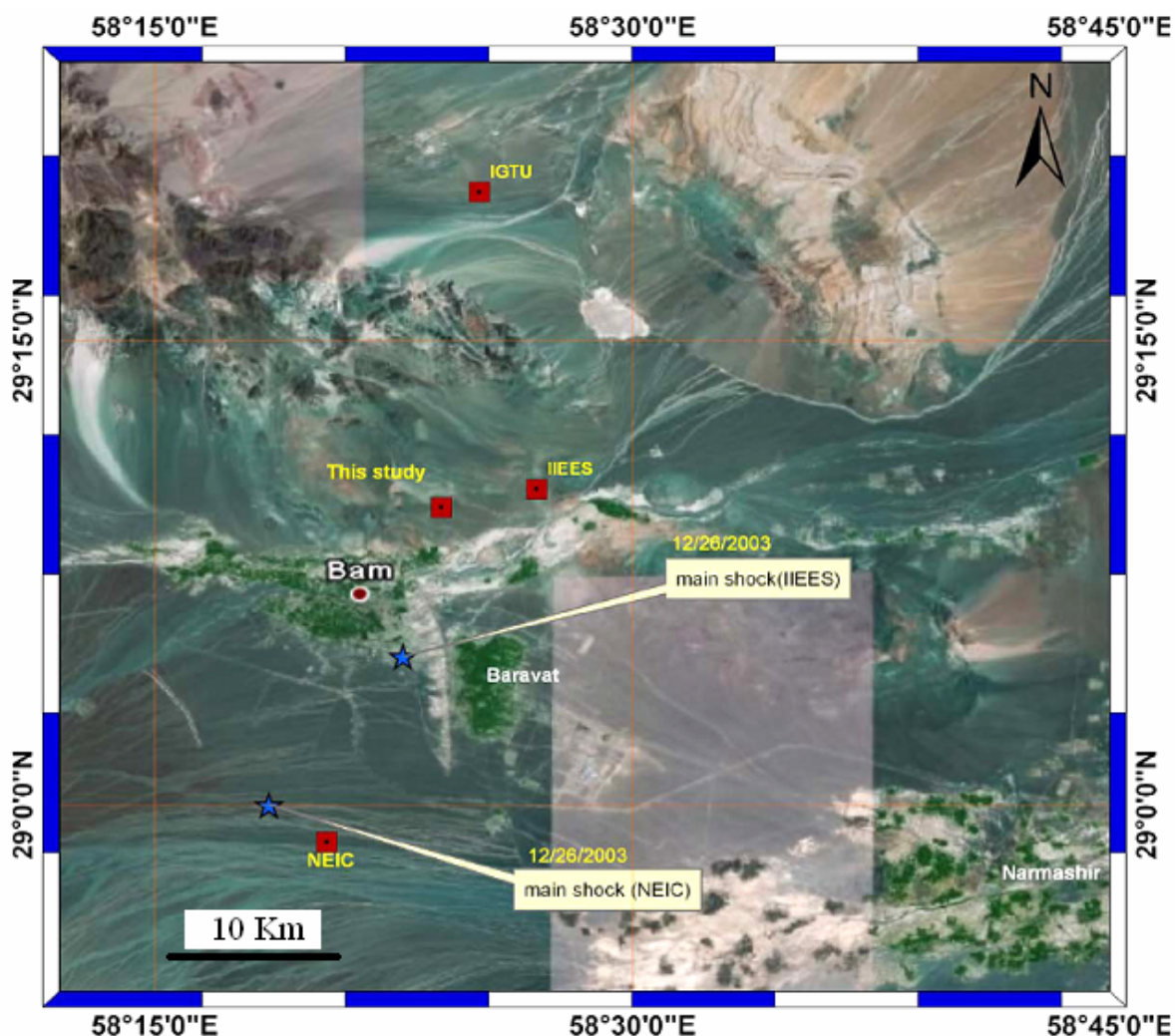
نتیجه می‌گیریم، که تعیین محل با استفاده از شبکه جهانی (NEIC) و مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران (IGTU) به ترتیب در متناهی جنوب و شمال بم، با اختلاف حدود ۳۶ کیلومتر، دقت کمتری دارد.



شکل ۲. نمودار لگاریتمی طیف فوریه شتاب اصلاح شده ایستگاه‌های ابارق، بروات، بم، پشت‌رود، قطب‌آباد و محمدآباد مسکون.

جدول ۲. مقایسه بزرگی‌ها و رومرکز زمین‌لرزه ۶ فروردین ۱۳۸۶ بم.

بزرگی زلزله	مختصات رومرکز زلزله		نام مرکز لرزه‌نگاری و یا تحقیقاتی
	عرض شمالی	طول شرقی	
۴٫۹	۲۸٫۹۸	۵۸٫۳۴	مرکز ملی اطلاعات زلزله امریکا (NEIC)
۵	۲۹٫۱۷	۵۸٫۴۵	پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی (IIEES)
۵٫۱	۲۹٫۳۳	۵۸٫۴۲	مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران (IGTU)
۵	۲۹٫۱۶	۵۸٫۴	تحقیق حاضر



شکل ۳. مربع‌های سرخ رومرکز زمین‌لرزه ۶ فروردین ۱۳۸۶م، حاصل از این تحقیق و دیگر مراکز لرزه‌نگاری، و ستاره‌ها رومرکز زمین‌لرزه اصلی را که توسط مراکز لرزه‌نگاری (IIEES) و (NEIC) به‌دست آورده‌اند، روی نقشه ماهواره‌ای منطقه نشان می‌دهد.

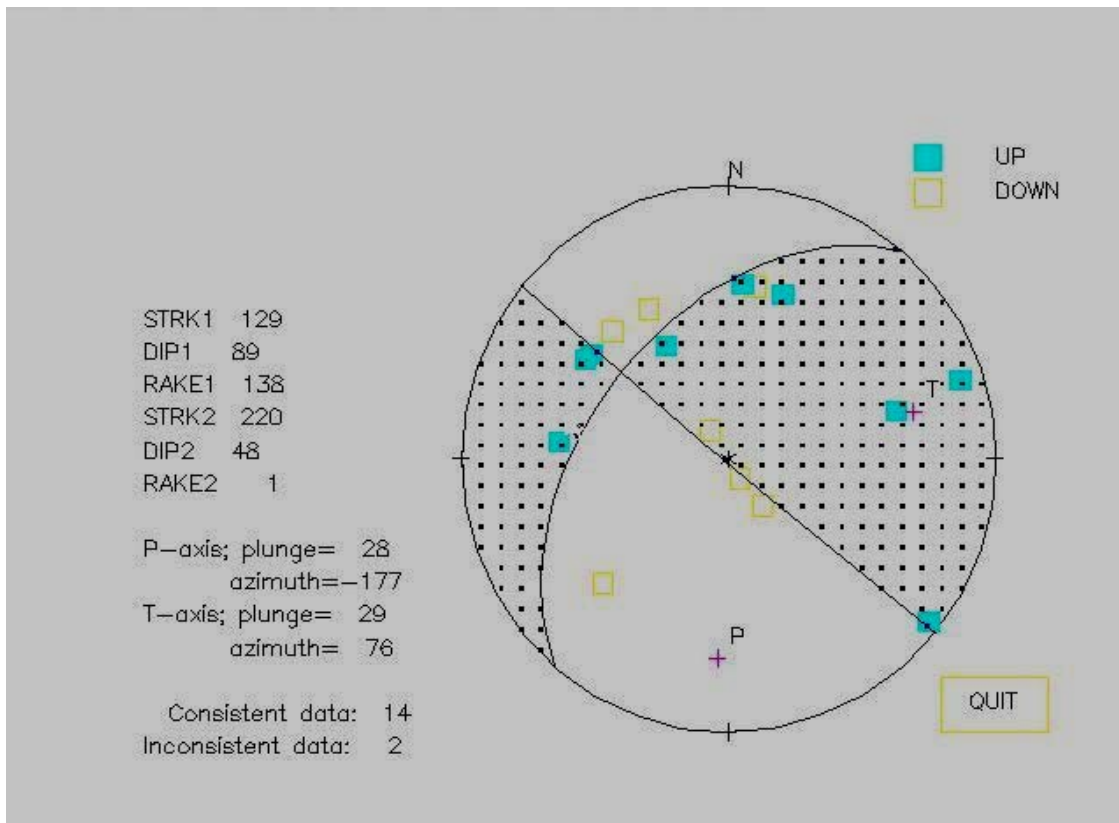
### ۳ سازوکار کانونی زمین‌لرزه

سازوکار کانونی زمین‌لرزه به کمک اولین رسید موج P به هر یک از ایستگاه‌های شتاب‌نگاری میدان نزدیک (مركز تحقیقات ساختمان و مسکن؛ BHRC) و نیز ایستگاه‌های لرزه‌نگاری وابسته به مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران (IGUT) و پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله (IIEES) که روی شکل موج (Wave form) رسیده به ایستگاه، قطبیدگی آنها

واضح است، خوانش و موقعیت آنها روی نیمکره پایین

رسم شد.

سازوکار کانونی زمین‌لرزه مذکور همانطور که در شکل ۴ دیده می‌شود از نوع امتدادلغز راستگرد با مؤلفه جزئی راندگی است. زاویه امتداد (Strike) تقریبی گسل ۵۱ درجه شمال غربی، N51°W، شیب (Dip) ۸۹ درجه غربی و زاویه ریک (Rake) برابر با ۱۳۸ درجه است.



شکل ۴. سازوکارکانونی زمین‌لرزه ۶ فروردین ۱۳۸۶ بم با نمایش صفحات گسلی و قطبیدگی ایستگاه‌ها.

#### ۴ نتیجه‌گیری

شد. مشاهدات صحرایی ریزش بخشی از دیوارهای خشت و گلی باغ‌های روستایی را در محل یاد شده تأیید می‌کند. با فرض نبود اثر ساختگاهی و شرایط خاک و شیب توپوگرافی یکسان، دقت تعیین محل به‌دست آمده به‌طور نسبی بیش از تعیین محل سایر مراکز لرزه‌نگاری برآورد می‌شود. در شمال شهر بم، امتداد گسیختگی در ۵ دی ۱۳۸۲ (به تعبیری گسل جدید) و گسل اصلی بم تقریباً به هم می‌رسند (آزادمنش، ۱۳۸۶). انتساب سازوکارکانونی به هریک از این گسل‌ها جای تأمل دارد. سازوکارکانونی این زمین‌لرزه تقریباً مشابه سازوکارکانونی زمین‌لرزه اصلی پنجم دی ماه ۱۳۸۲ است و فاصله آن تا محل رخداد قبلی براساس این تحقیق و تعیین محل شبکه‌های گوناگون دیگر در زمین‌لرزه پنجم دی ماه ۱۳۸۲ برای زلزله اصلی، حدود ۱۵ کیلومتر و در شمال آن است. وقوع این

وقوع زمین‌لرزه ۶ فروردین ۱۳۸۶ با گذشت ۴۰ ماه از زمین‌لرزه ۵ دی ۱۳۸۲ و وقوع پس‌لرزه‌های زیاد بین این دو رخداد حکایت از فعال بودن منطقه دارد. در این تحقیق با استفاده از داده‌های رقومی شتاب‌نگارهای مستقر در منطقه، پس از میانگین‌گیری از مقادیر پارامترهای مربوط به گشتاور لرزه‌ای ایستگاه‌های ششگانه: بم، پروات، ابارق، پشت‌رود، قطب‌آباد، محمدآباد مسکون با مؤلفه‌های گوناگون، میانگین مقدار محاسبه شده برابر  $M_0 = 3.6 \times 10^{16}$  نیوتن‌متر و مقدار حاصل برای بزرگی گشتاوری  $M_w = 5$  برآورد شد، که با نتایج حاصل از سایر مراکز لرزه‌نگاری تطابق و همخوانی نزدیکی دارد. همچنین محل زمین‌لرزه پیش‌گفته در شمال‌شرقی شهر بم، حوالی روستای پشت‌رود، تعیین محل

- Lay, T. and Wallace, T. C., 1995, Modern Global Seismology, Academic Press Inc., San diego.
- Walker, R. and Jackson, J. A., 2002, Offset and evolution of the Gowk fault S.E. Iran: a major intra-continental strike-slip system, Journal of structural Geology, 24, 1677-1698.

زمین لرزه در شمال شهر بم، با توجه به اینکه زمین لرزه اصلی پنجم دی ماه ۱۳۸۲ در جنوب بم رخ داده بود، نشان می دهد که فعالیت های لرزه ای زمین به سمت شمال شهر بم است.

#### منابع

- آزادمنش، ع. ا.، پایان نامه کارشناسی ارشد، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ۱۳۸۶.
- آمبرسیز، ن. ن. و ملویل، س. پ.، تاریخ زمین لرزه های ایران، ترجمه ابوالحسن رده، ۱۹۸۲.
- Ambraseys, N. N. and Melville C. P., 1982, A history of Persian Earthquakes, Cambridge University press, New York.
- Berberian, M. and Qorashi, M., 1994, Coseismic. Fault – related folding during the south Golbaf earthquake of November 20. 1989, in southeast Iran Geology, 22, 531-534.
- Berberian, M. and Yeats, R. S., 1999, Pattern of historical earthquake rupture in the Iranian plateau. Bull. Seismol. Soc. Am., 89, 120-139.
- Berberian, M., Jackson, J. A., Ghorashi, M. and Kadjar, M. H., 1984, Field and teleseismic Observations of the 1981 Golbaf – Sirch earthquake in SE Iran, Geophysics. J.R. Astron. soc., 77(3), 809-838.
- Berberian, M., Jackson, J. A., Fielding, E., Parsons, B. E., Priestly, K., Qorashi, M., Talebian, M., walker, R., Wright, T. J., Baker, C., 2001, The 1998 March 14 Fandoqa earthquake (Mw 6.6) in Kerman Province, southeast Iran: re- rupture of the 1981 Sirch earthquake fault, triggering of slip on adjacent thrusts and the active Tectonics of the Gowk fault zone, Geophys. J. Int., 146(2), 371-398.