

کنفرانس زلزله (یادواره فاجعه بم)

زلزله بم ۱۳۸۲

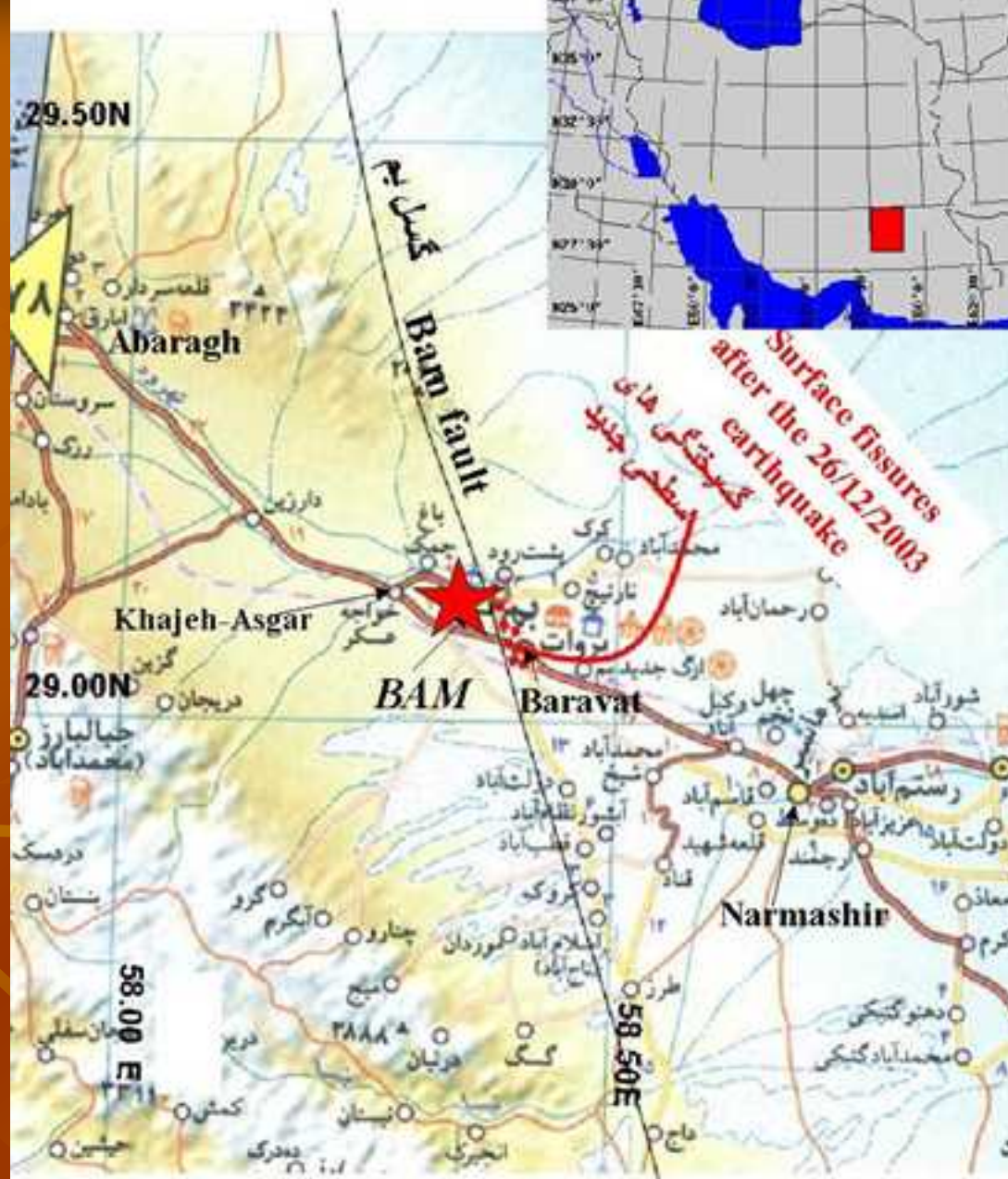
(مروری بر جنبش شدید زمین و دگرشکلی های سطحی)

مهدی زارع

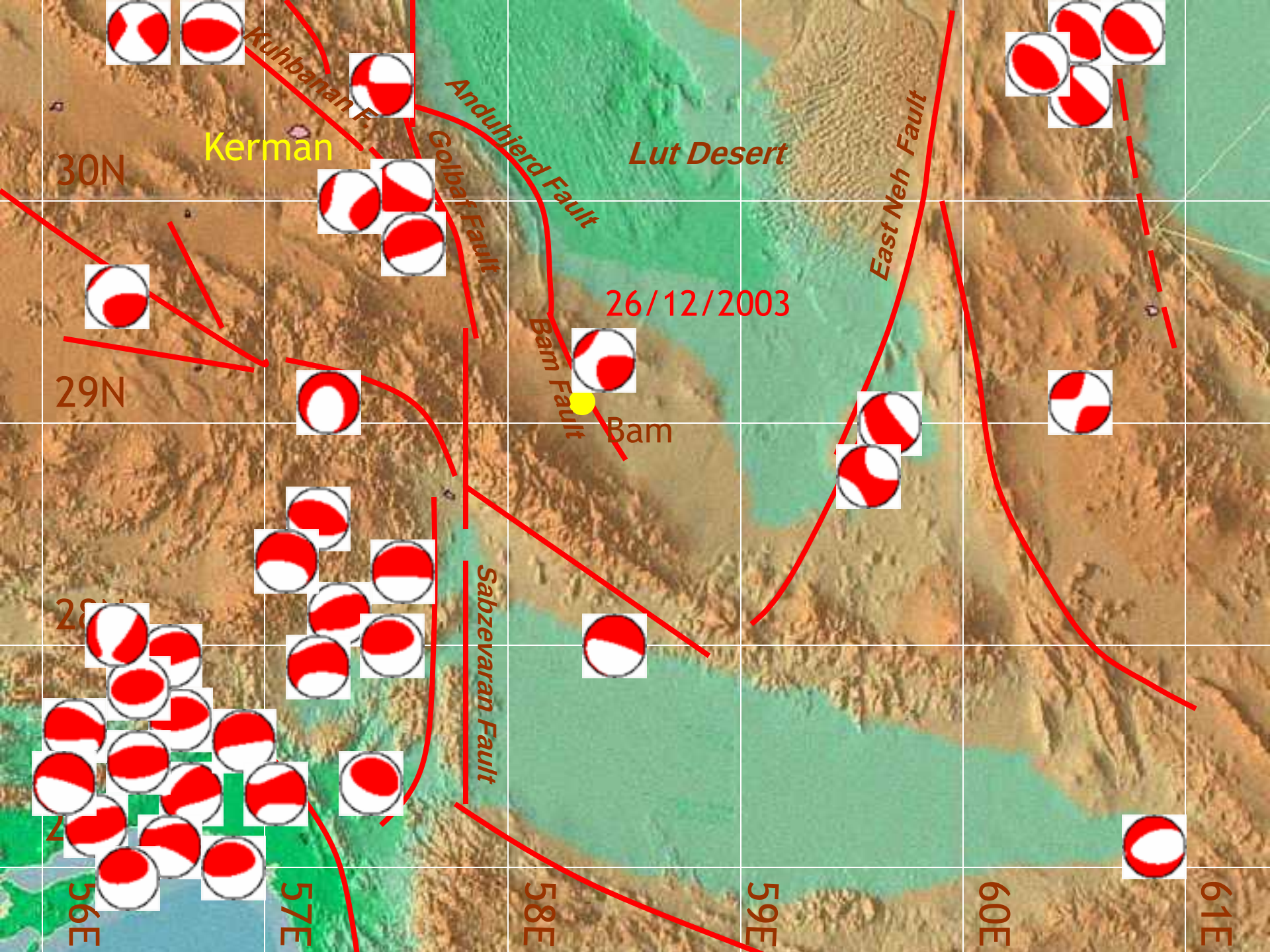
استاد زلزله شناسی مهندسی

پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

e-mail: mzare@iiees.ac.ir



*Bam Earthquake of December 26, 2003,
Mw 6.5*





Bam

Bam fault segments

NASA Image ,
December 2003





North

**Bam fault Scarp in the
north of Bam**

2004 2 26

Arg-e Bam
(Historic site)

Bam Fault
Segments

Airport of Bam

Baravat

City of Bam

Bam Fault
Segments

New Arg (Arg-e
Jadid) of Bam



Bam fault scarp



about 10
meters

2003 12 27

Bam Fault Scarp



Baravat

2004 5 31

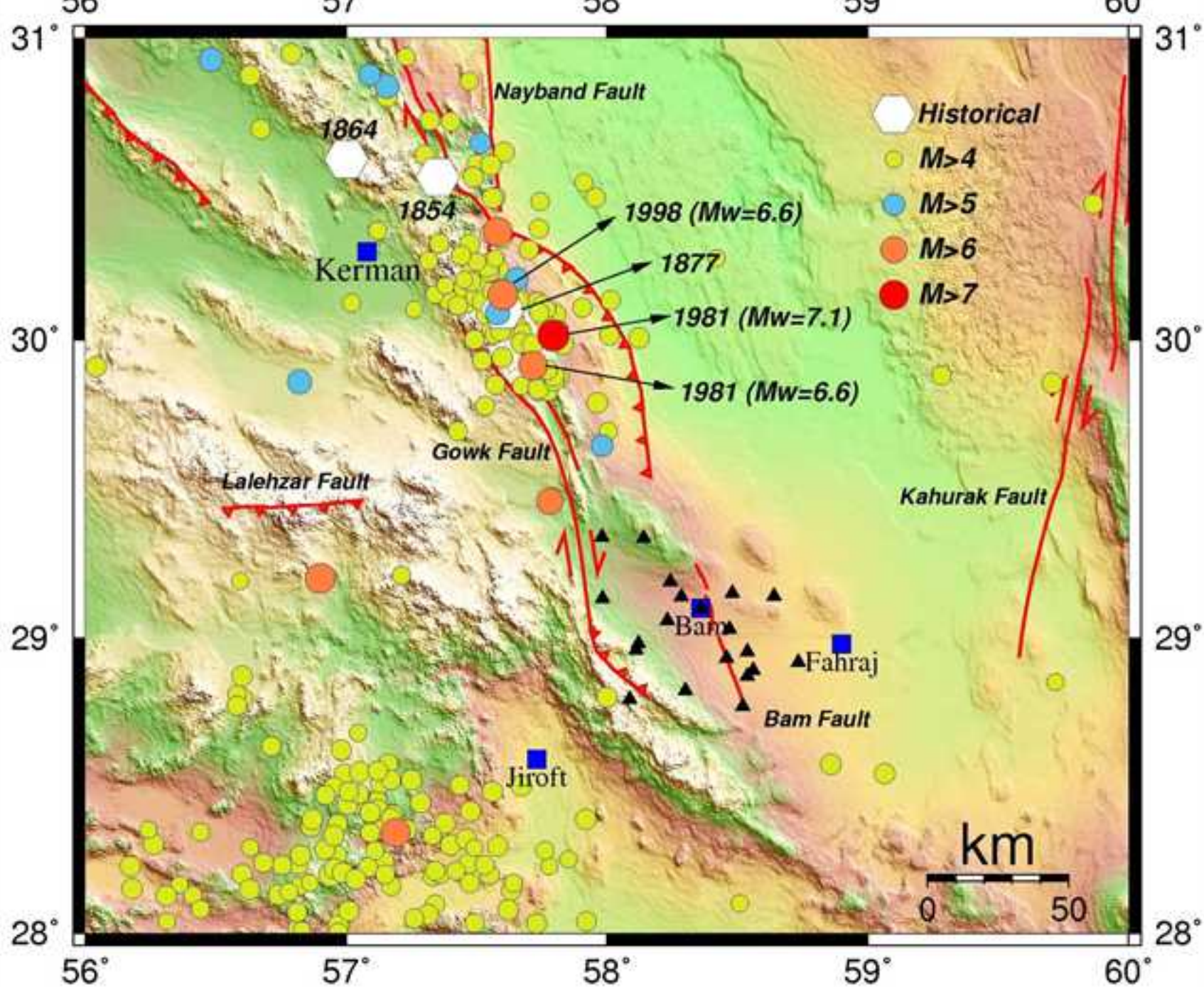
Baravat

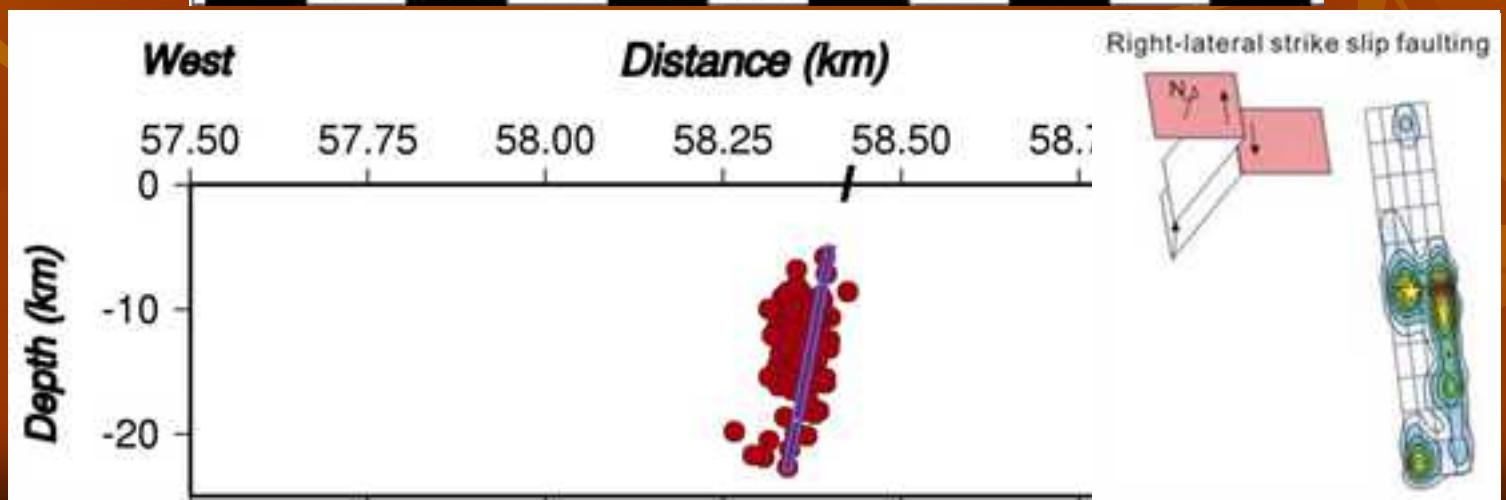
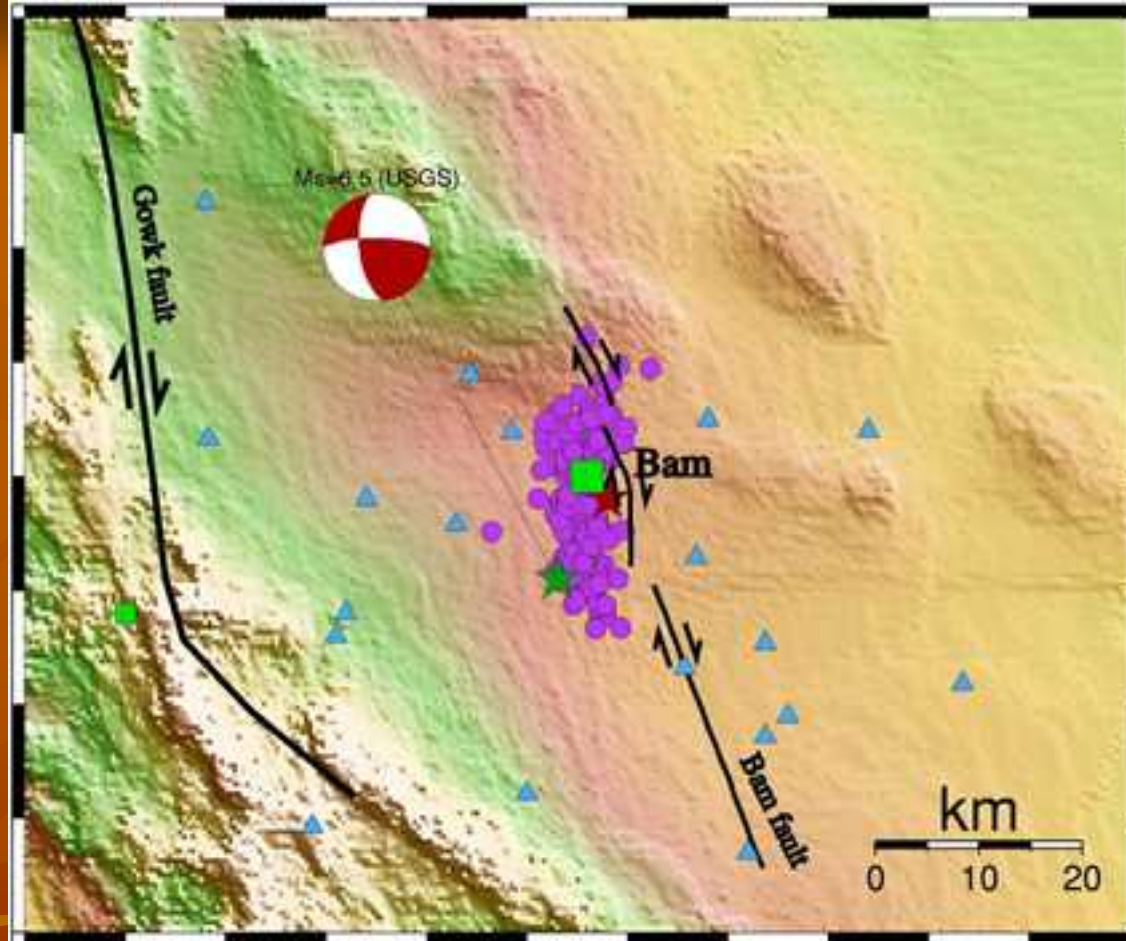


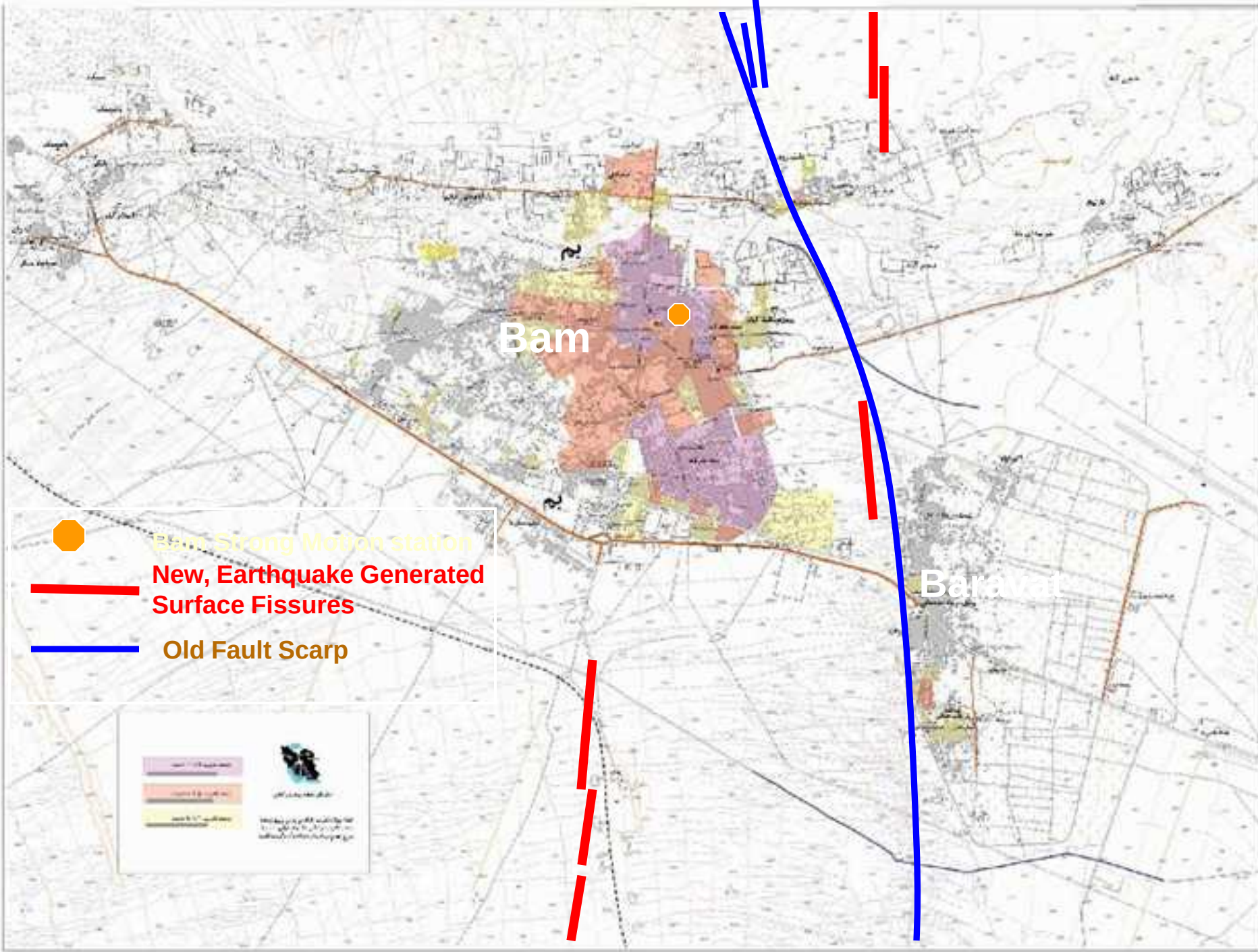
Eastern Part of the
City of Bam

Bam fault Scarp

2004 2 28







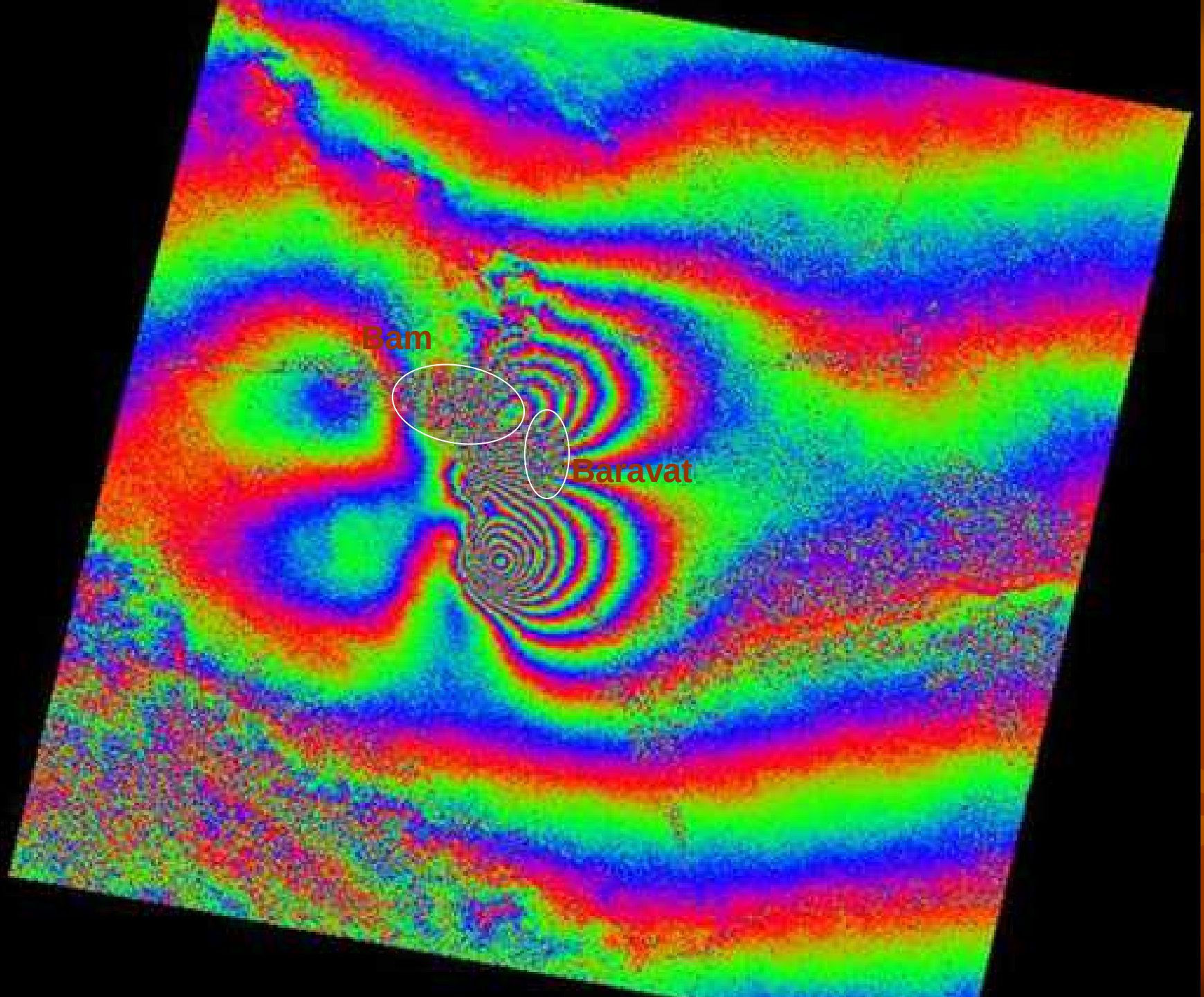
Bam

Baranui

-  Bam Strong Motion station
-  New, Earthquake Generated Surface Fissures
-  Old Fault Scarp









2004 12 3



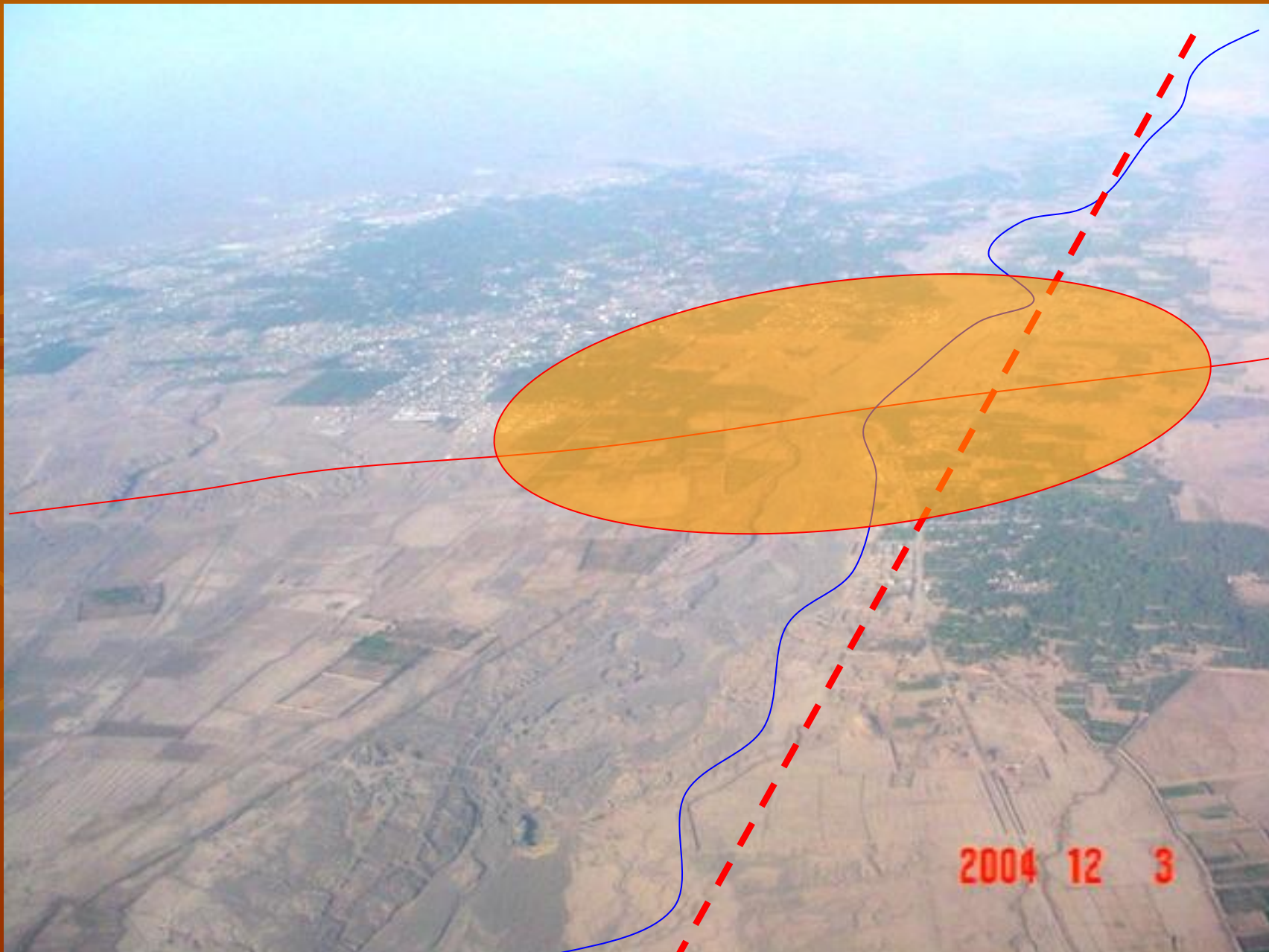
2004 2 26



2004 5 31



2004 5 31



2004 12 3

ارگ به

2004 5 31



2004 2 26



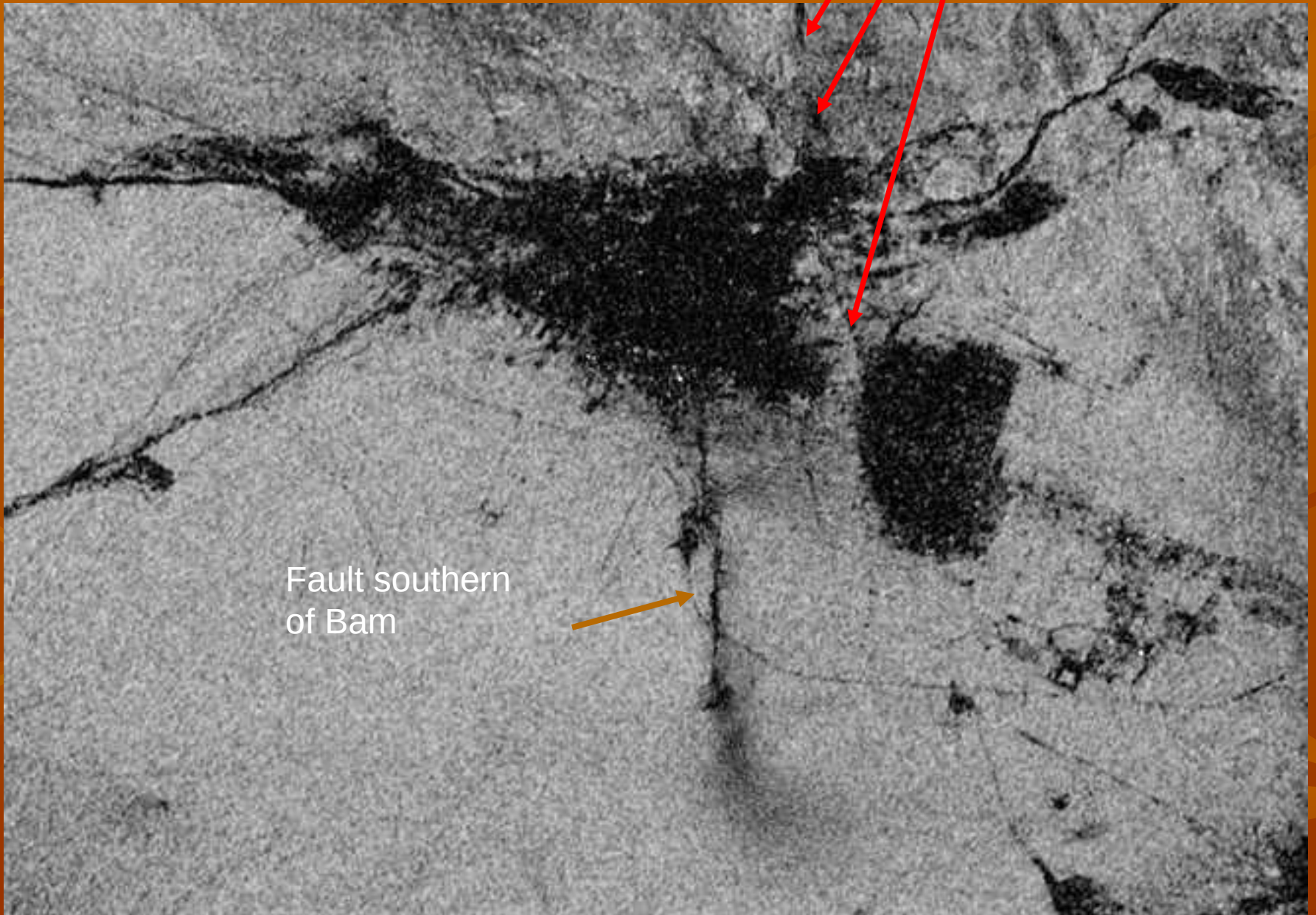




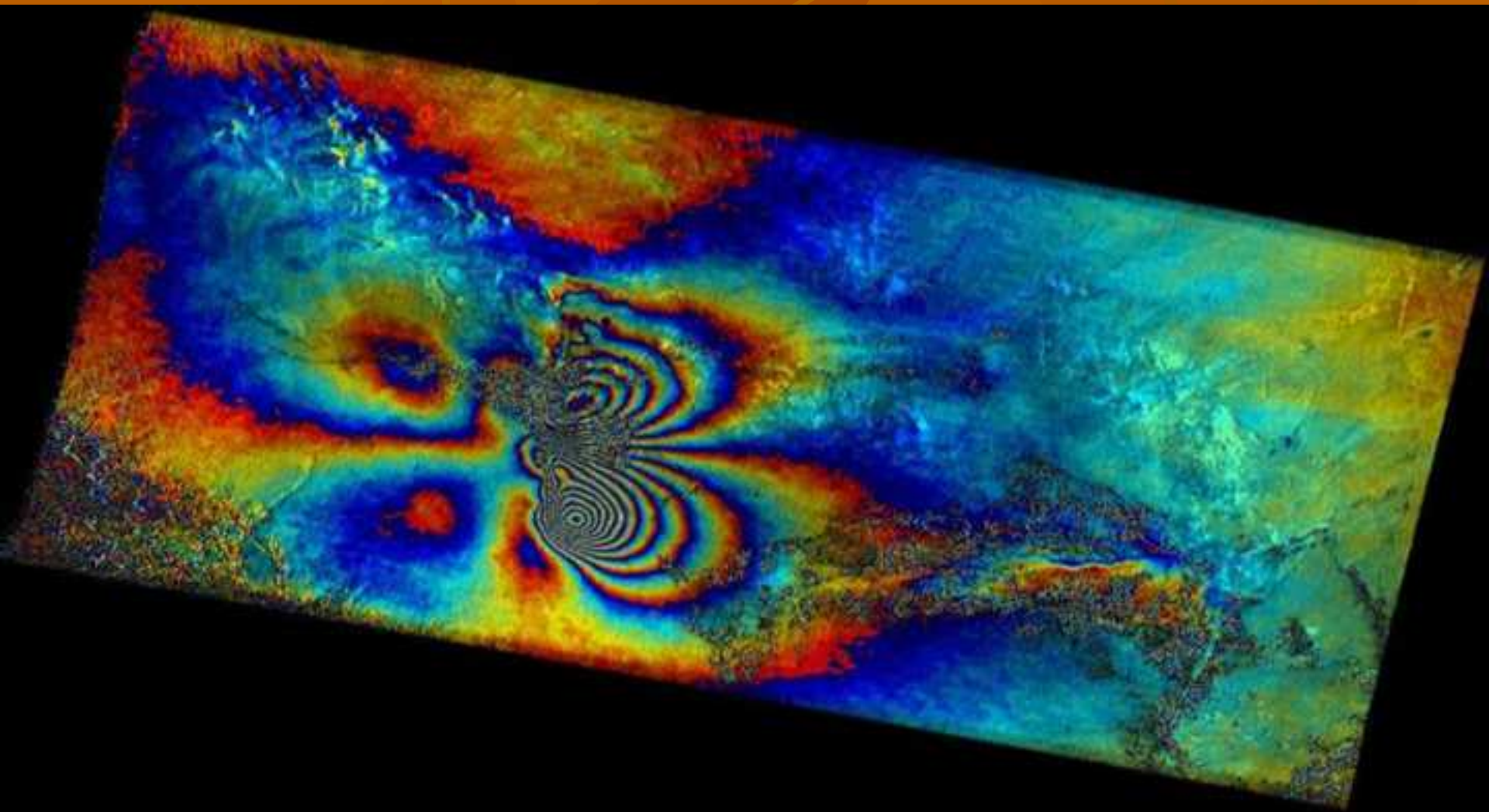


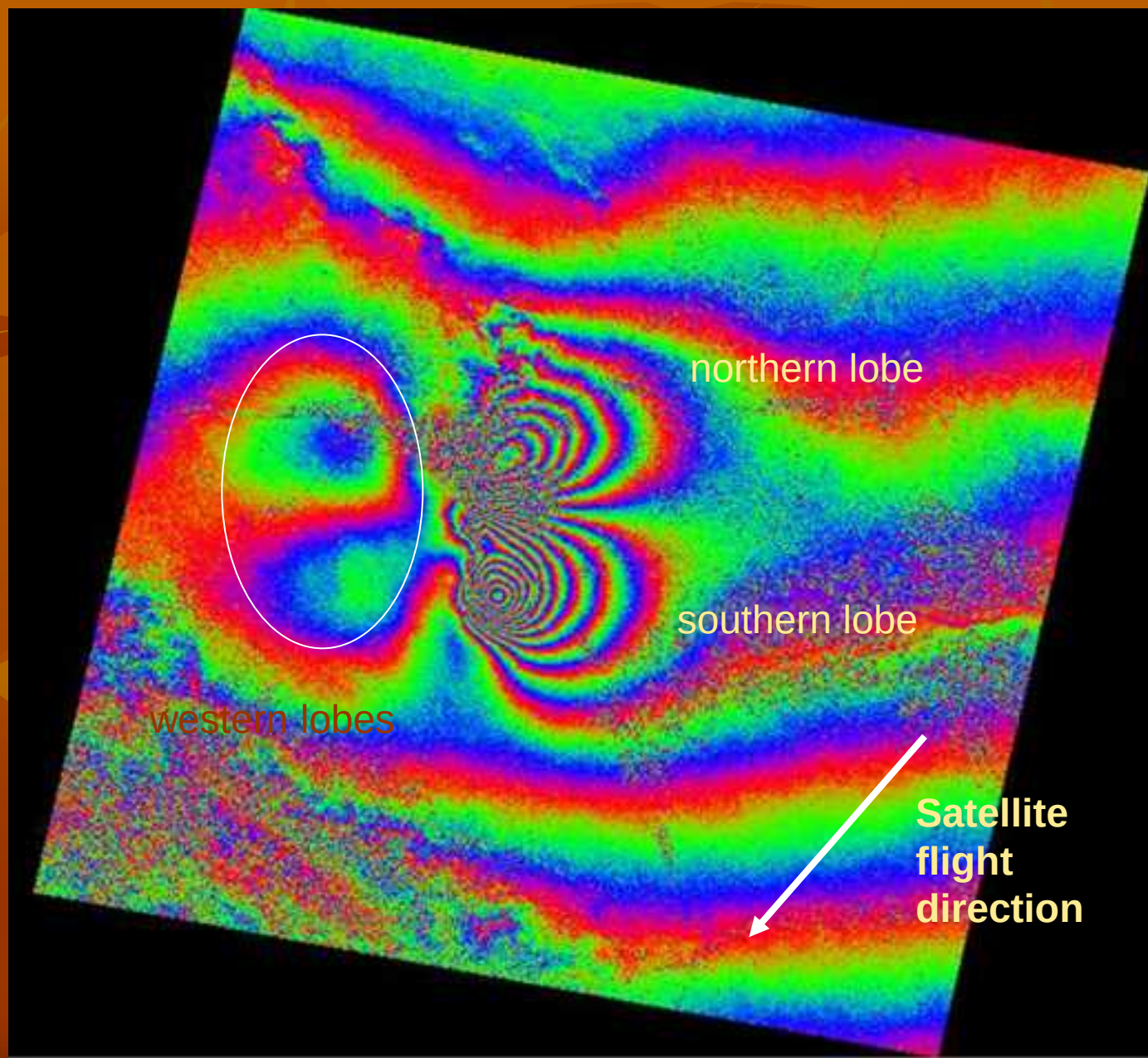


Eastern – NE Bam fault segment



Fault southern
of Bam







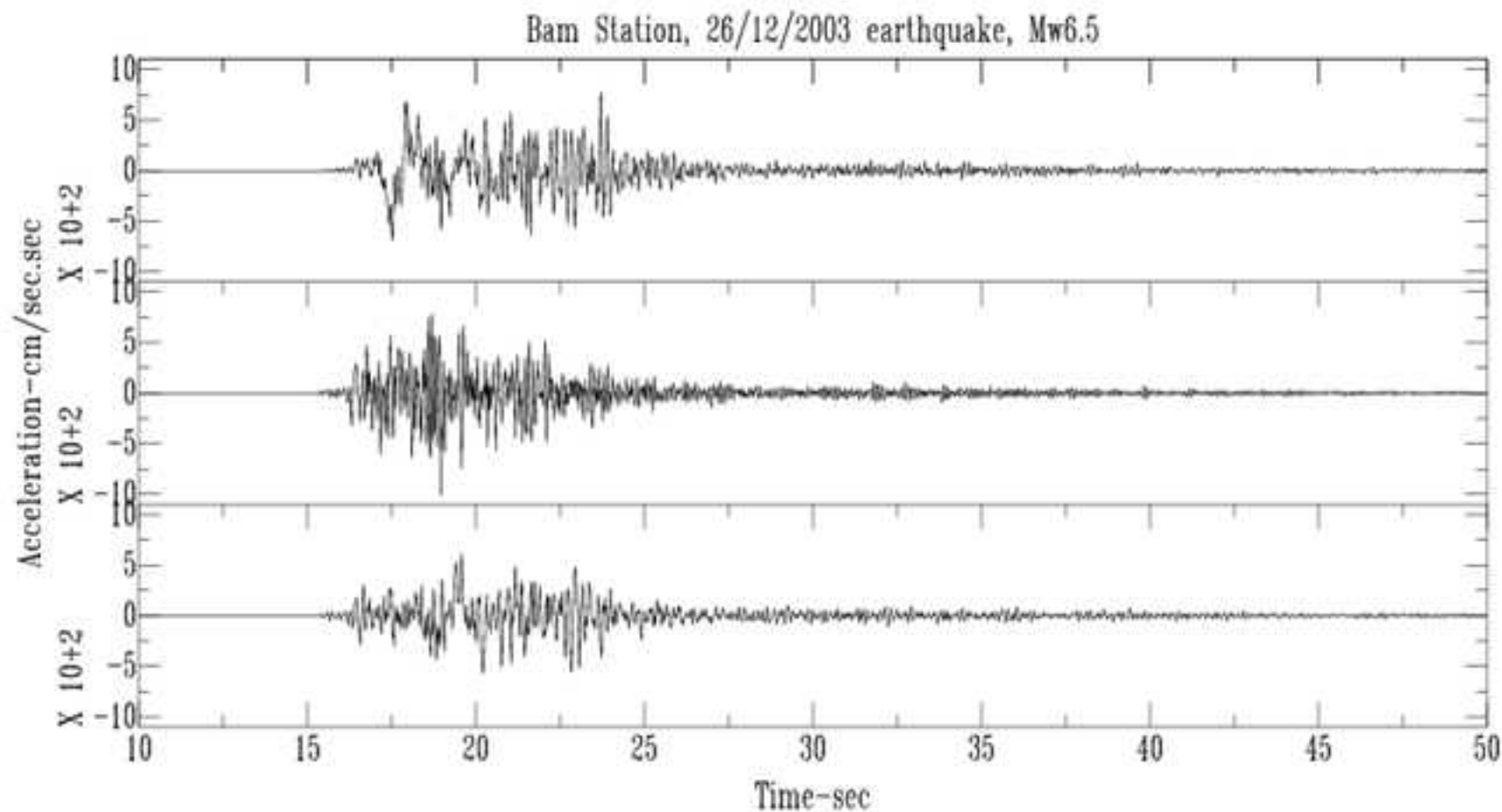
جنبش شدید زمین Strong Ground Motion

جنبش شدید زمین

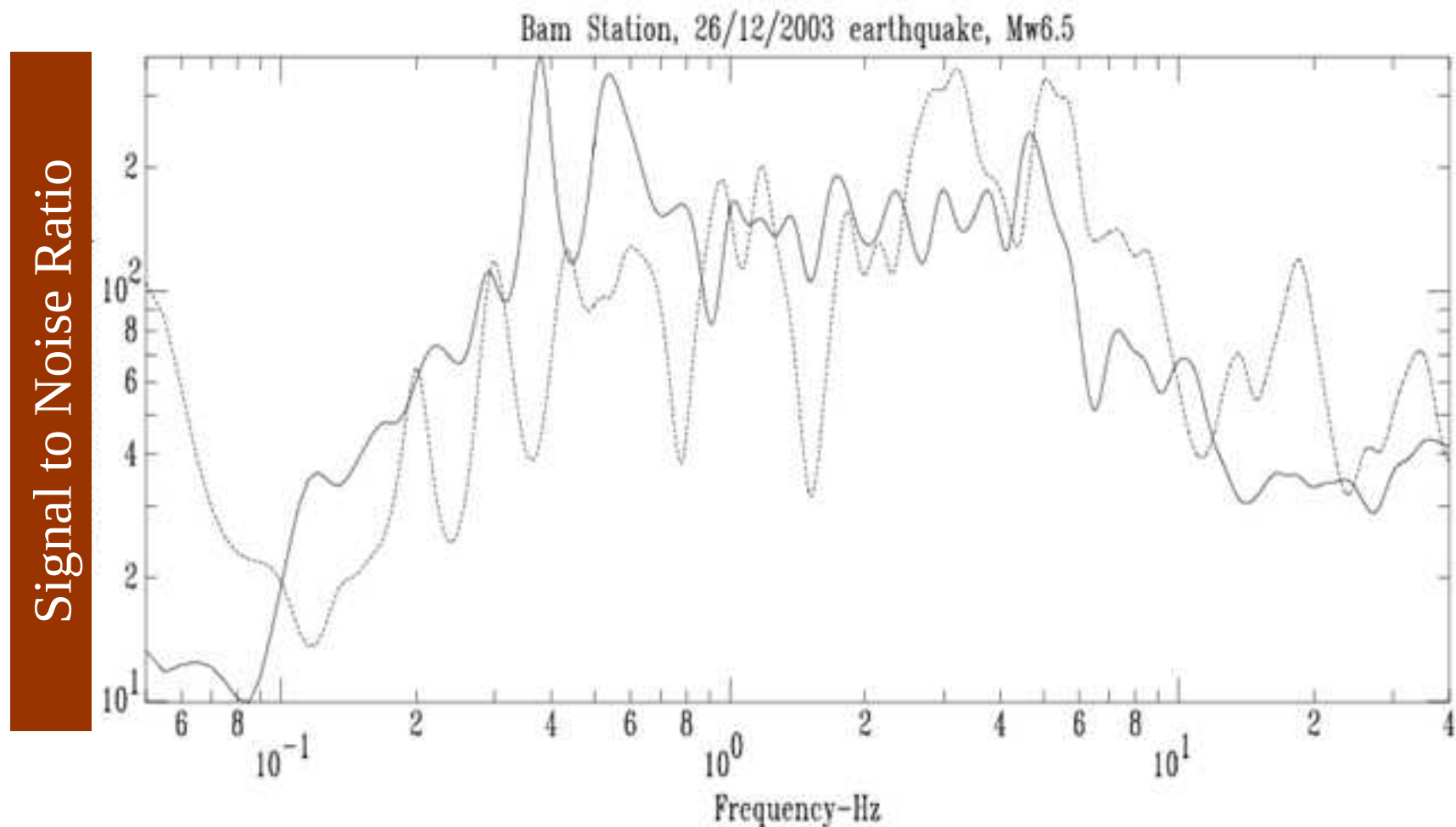
- داده های شتابنگاری در ۲۲ ایستگاه شتابنگاری ثبت شد
- بیشینه شتاب در ایستگاه بم و در فاصله حدود ۱ کیلومتری از گسل بدست آمد - فاصله کانونی حدود ۱۲ کیلومتر
- در ایستگاه بم مولفه قائم بیشینه شتاب ۹۹۲ گال
- مولفه افقی عمود بر گسل بیشینه شتاب ۷۷۵ گال
- مولفه افقی موازی گسل بیشینه شتاب ۶۲۳ گال

داده های شتابنگاری که در این مقاله ارائه می شود توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ثبت شده و در اختیار پژوهشگاه بین المللی زلزله قرار گرفته است .

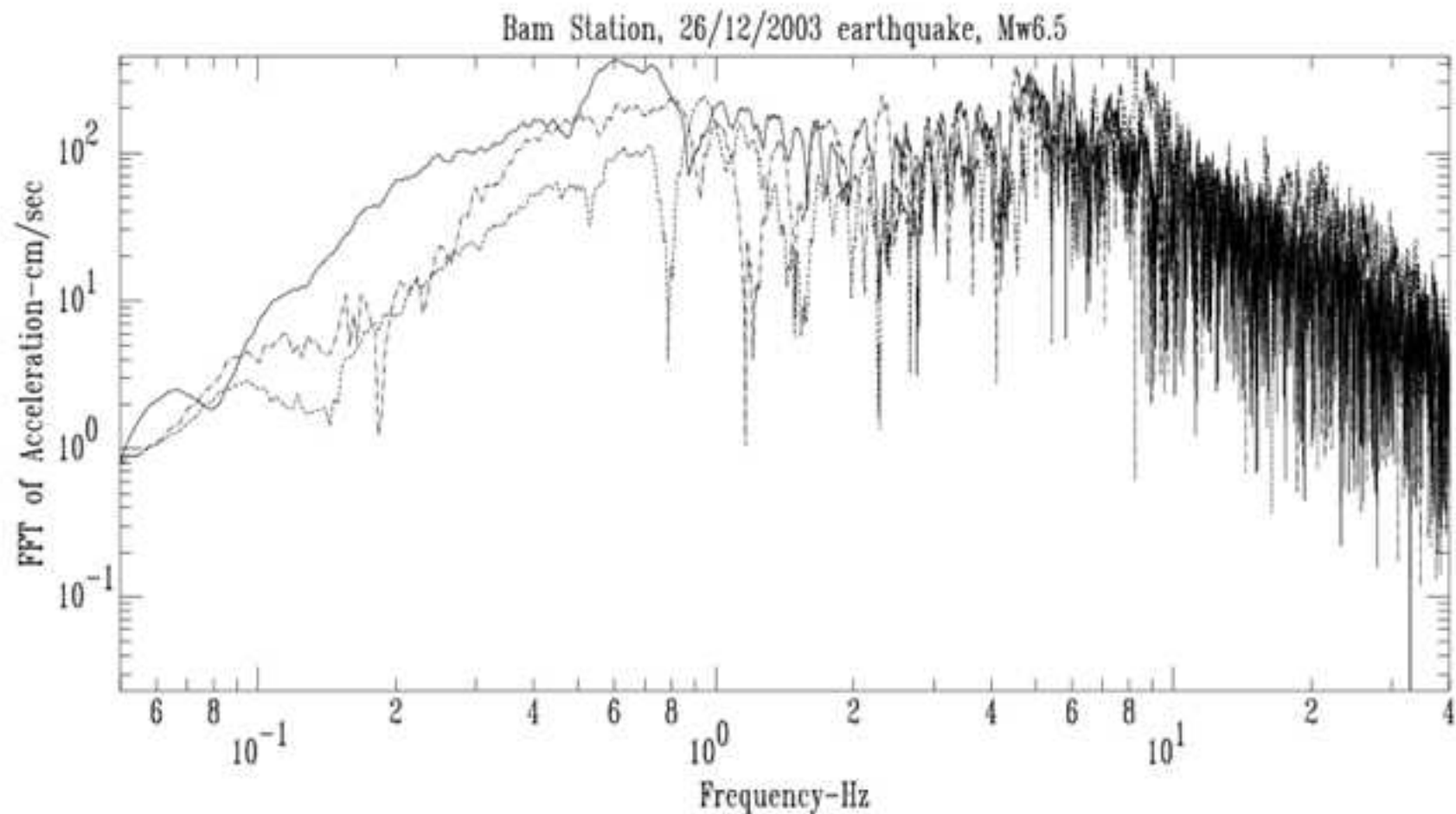
شتابنگاشت ثبت شده در بیم : پس از پردازش و فیلتر شدن در 0.11 و ۴۰ هرتز



شتابنگاشت ثبت شده در بزم : نسبت سیگنال به نوفه



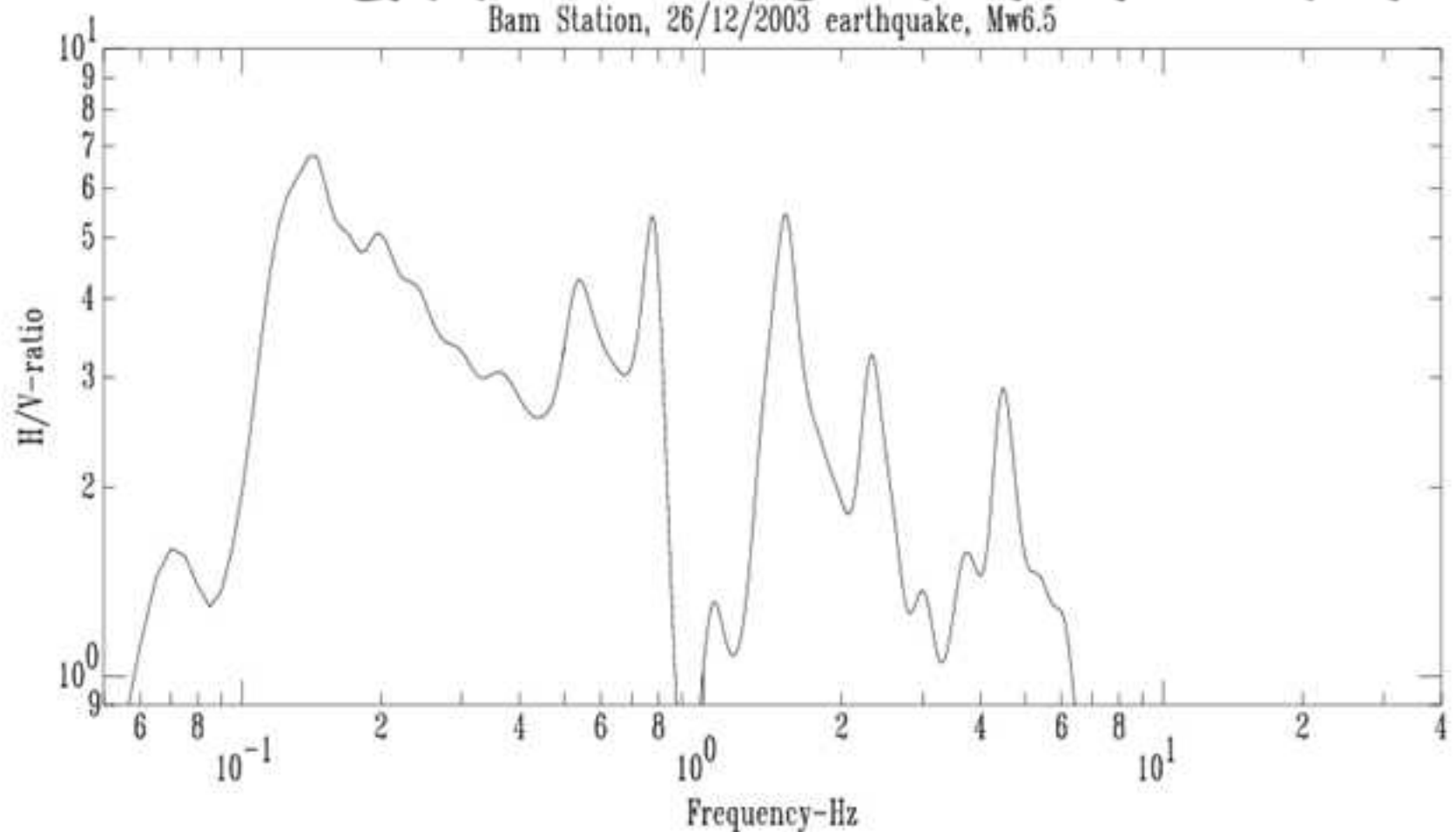
شتابنگاشت ثبت شده در بزم : طیف فوریه برای ۳ مؤلفه



شتابنگاشت ثبت شده در بم :

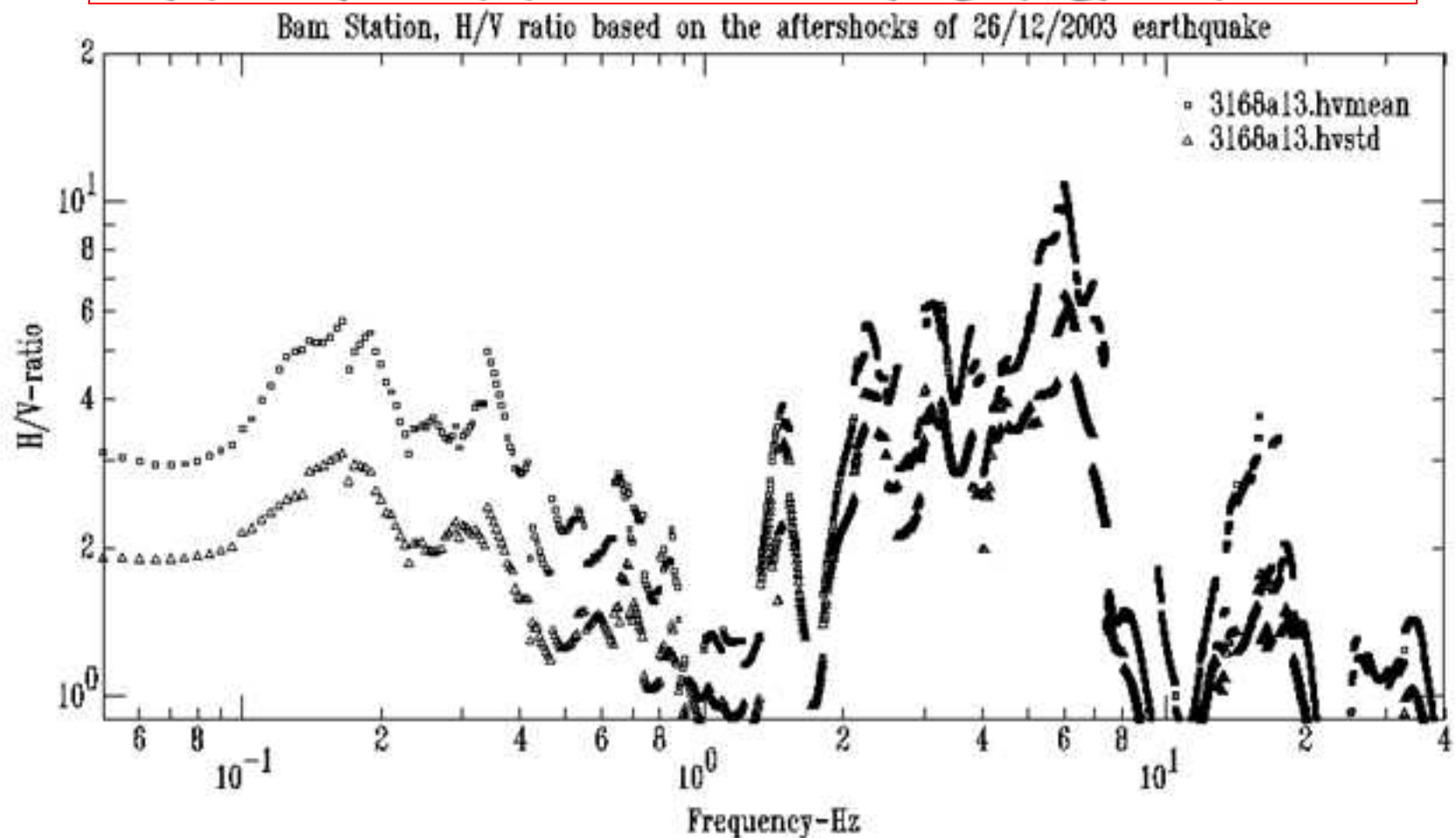
نسبت H/V نشان می دهد که یک مولفه پریود بلند در جنبش افقی

عمود بر گسل در حدود فرکانس 0.1 تا 0.2 هرتز رخ داده است

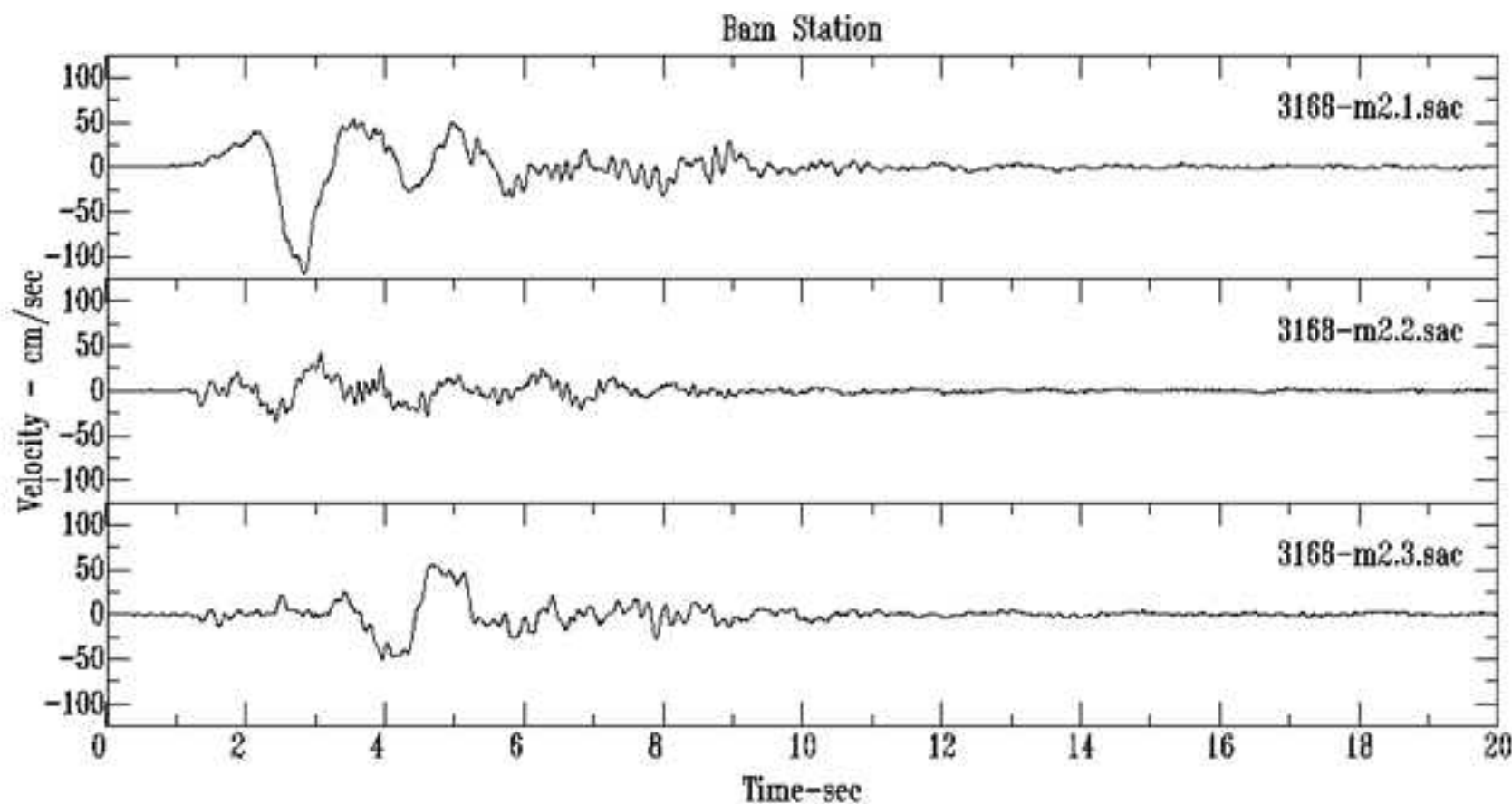


بر اساس ۱۳ پس لرزه ثبت شده در ایستگاه بم :
نسبت H/V نشان می دهد که فرکانس طبیعی ساختگاه شتابنگاری بم در
حد ۳ تا ۶ هرتز واقع بوده و رده ساختگاه به این ترتیب رده ۳ تعیین می
گردد

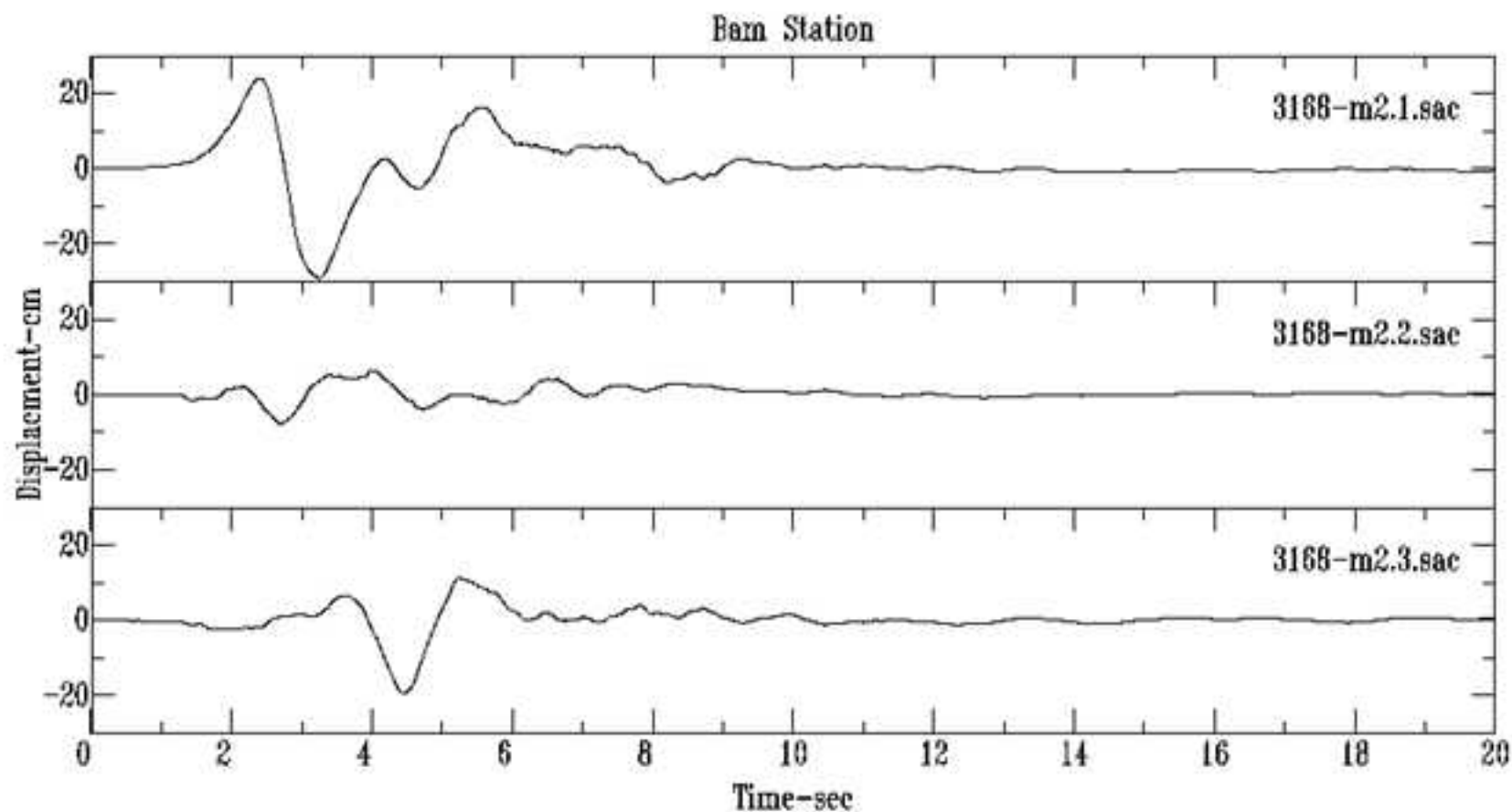
معادل سرعت موج برشی متوسط ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر بر ثانیه در ۳۰ متر اول



سرعت نگاشت بـم
به پالس بزرگ در حدود ۲ تا ۴ ثانیه به ویژه روی مؤلفه
افقی عمود بر گسل دقت شود

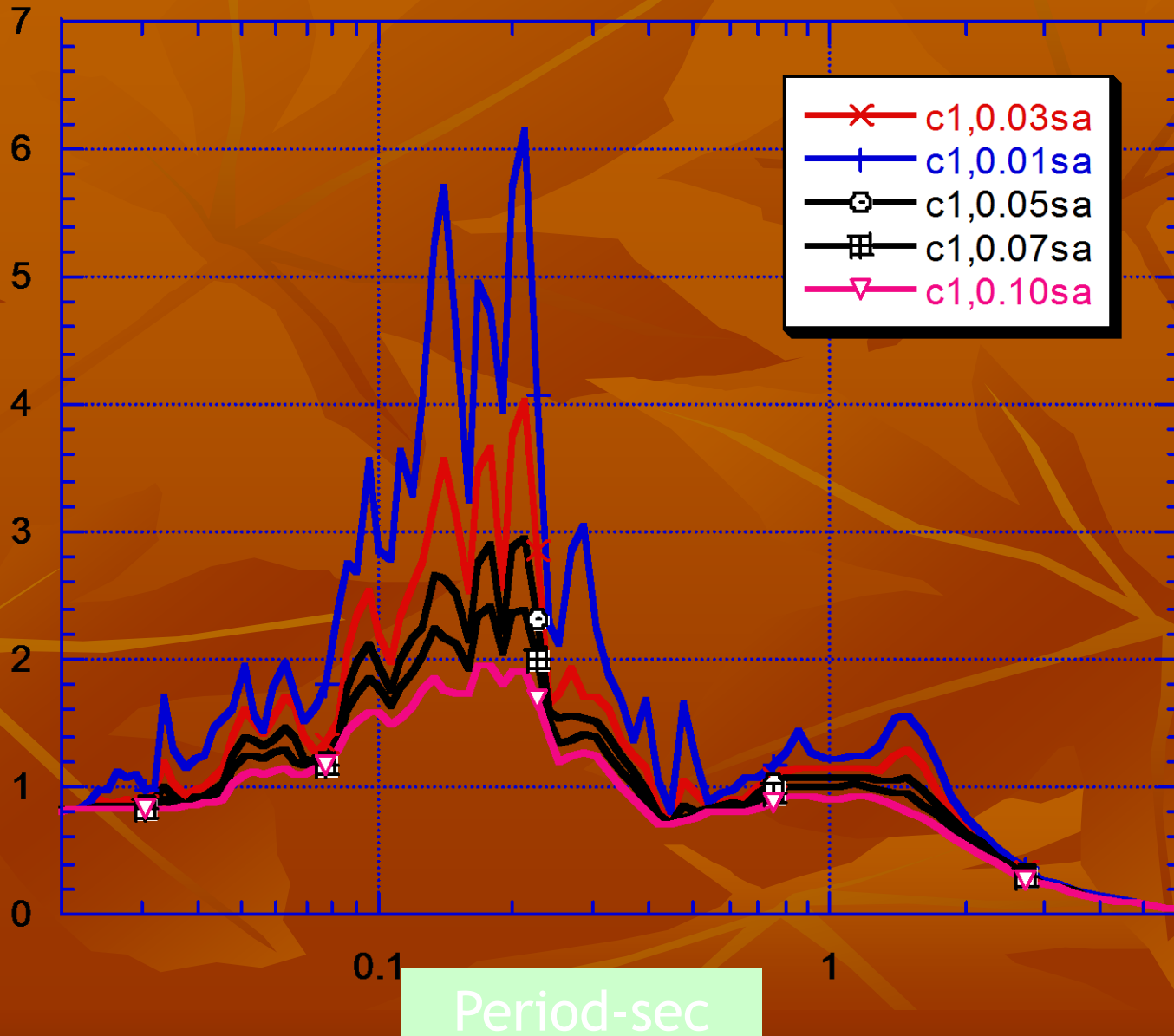


تغییر مکان نگاشت بم
به پالس بزرگ در حدود ۲ تا ۴ ثانیه به ویژه روی مؤلفه
افقی عمود بر گسل دقت شود



Bam earthquake of 26/12/2003, Mw6.5, horizontal (fault-normal) component, spectral acceleration for 1,3,5,7 and 10% damping

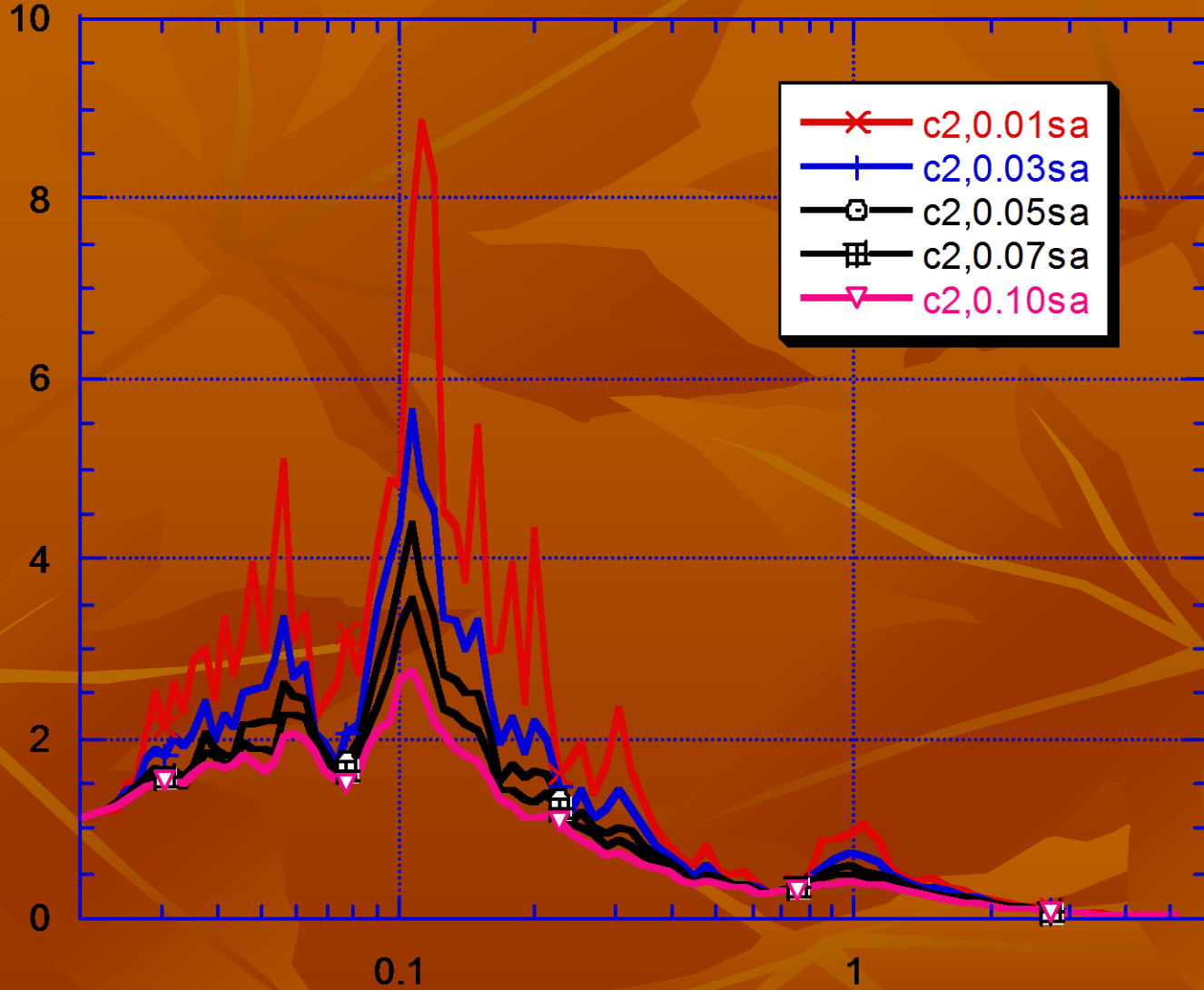
Spectral Acceleration - g



طیف پاسخ مولفه افقی عمود بر گسل

**Bam earthquake of 26/12/2003, Mw6.5, Vertical Component
Spectral Acceration for 1,3,5,7 and 10% damping**

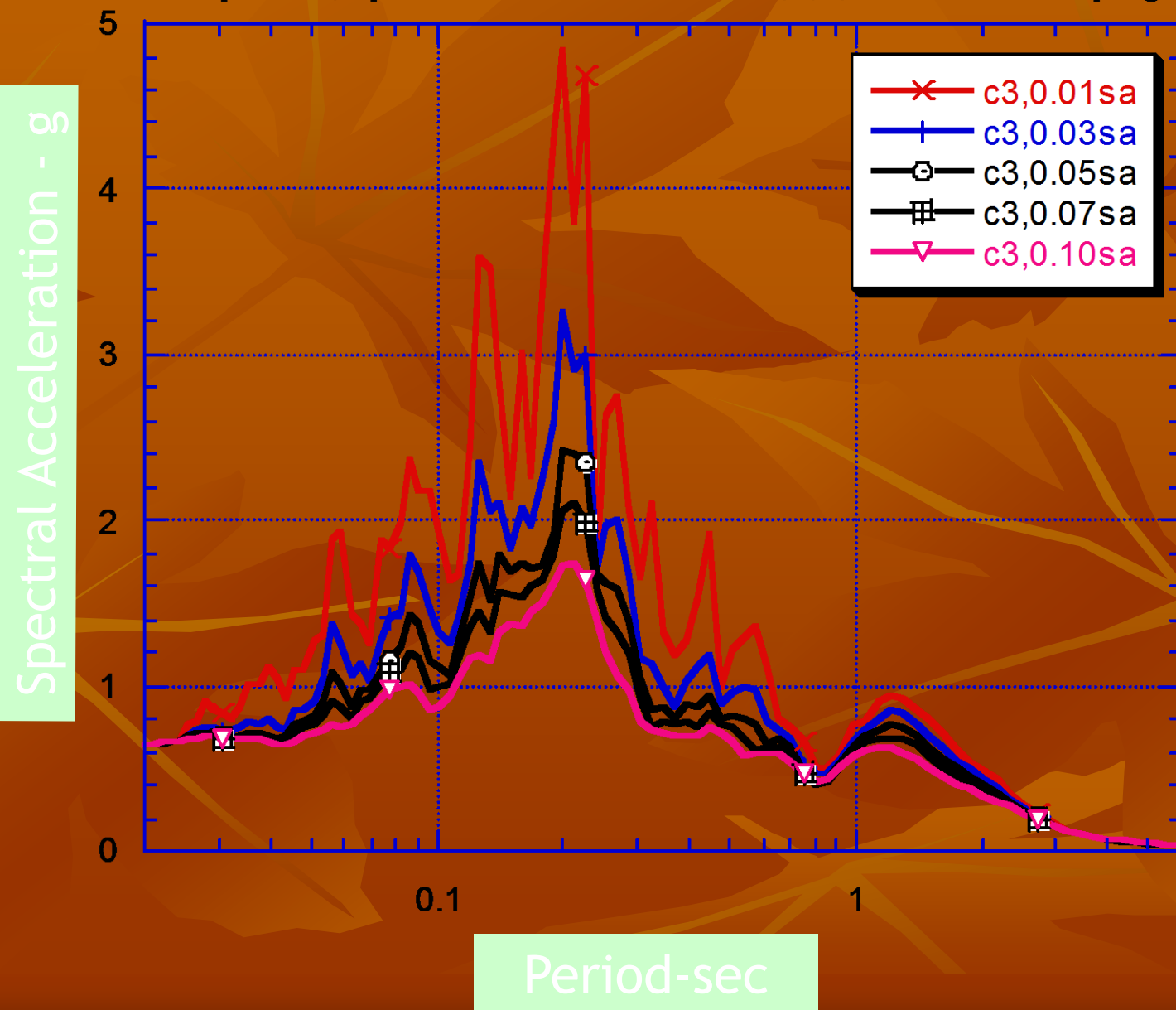
Spectral Acceleration - g



Period-sec

طیف پاسخ مولفه قائم

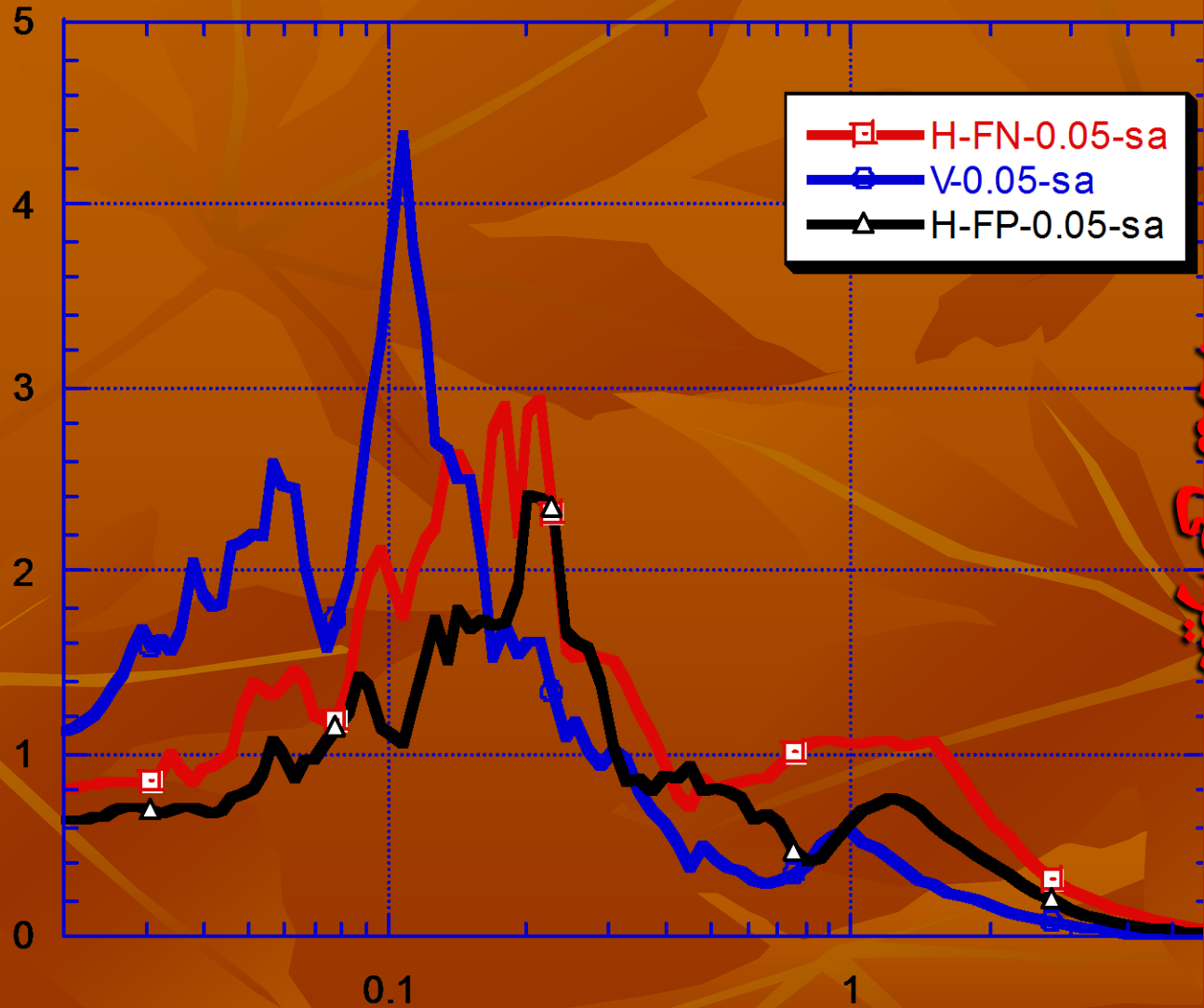
Bam earthquake of 26/12/2003, Mw6.5, horizontal (fault-parallel) component, spectral acceleration for 1,3,5,7 and 10% damping



طیف پاسخ مولفه افقی موزی
گسل

Bam earthquake of 26/12/2003, Mw6.5, comparison of Horizontal (FN: fault normal, and FP: fault parallel) and Vertical components (for 5% damping)

Spectral Acceleration - g

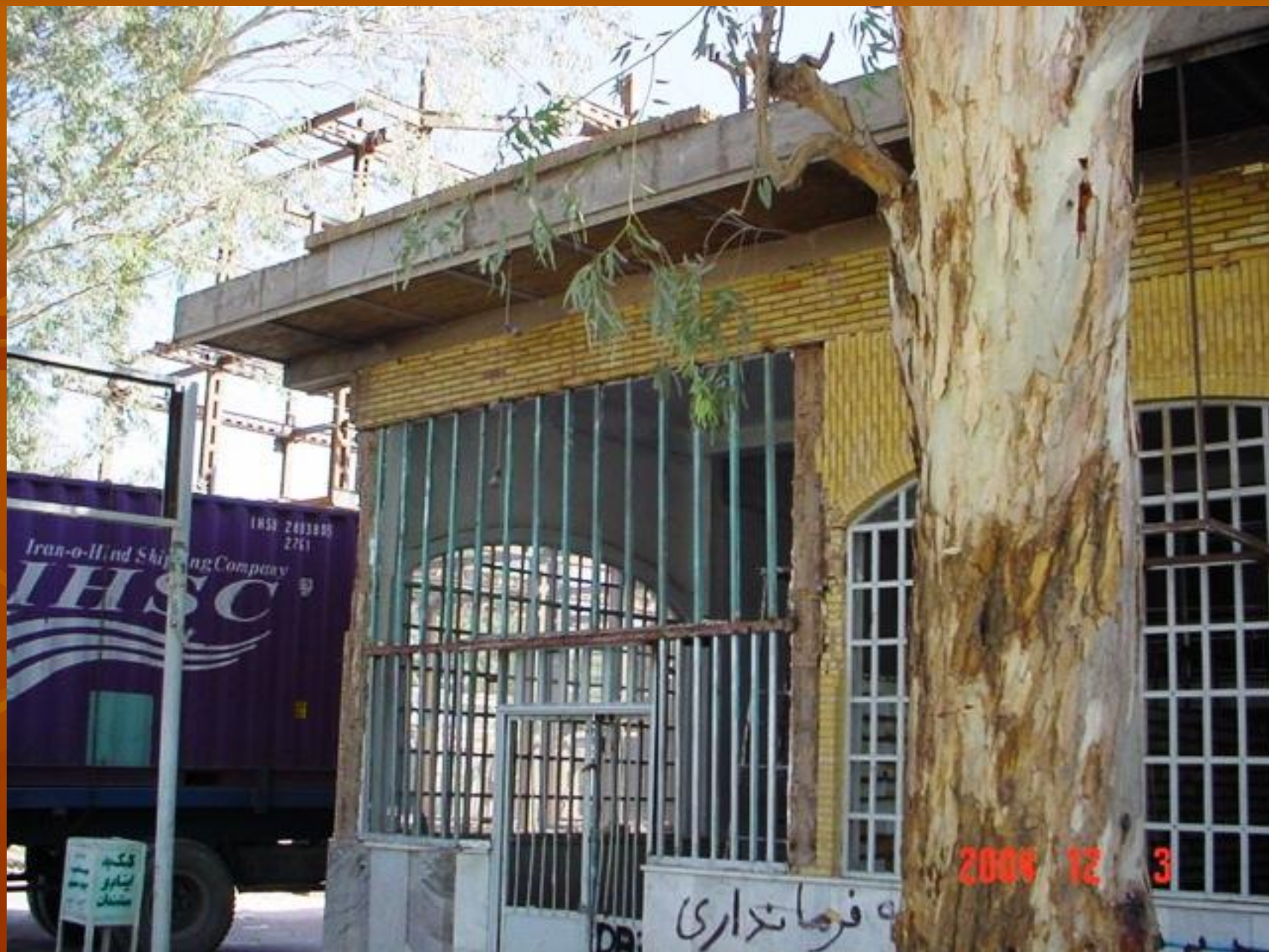


Period-sec

مقایسه طیفهای پاسخ مولفه افقی عمود
بر گسل ، موازی گسل و قائم برای
میرایی ۵٪

جنبش شدید زمین

- بررسی شتابنگاشت بزم و خرابی ها و تغییر مکانهای زمین در هنگام زلزله نشانگر جهت پذیری قائم است - تغییر مکانهای شدید و پریود بلند روی مولفه های قائم و افقی عمود بر گسل



مواد پر و تنینی محسن

بانی میک و ملد چین اسورت جزی و کئی

2004 12 3









بیمارستان و مرکز تخصصی

بیمارستان و مرکز تخصصی

شعبه پستانداران





2004 12 3



2004 12 3





2004 12 3

Satellite image of Arg-e Bam: the day after earthquake (27/12/2003)



Photo by www.spaceimaging.com
Interpreted by Dr Mehdi ZARE

Legend for the damages to different places of Arg-e Bam – Due to the 26/12/2003 earthquake , Mw6.5,

(Numbers are given on the satellite image) Damages are roughly assessed by

Dr Mehdi ZARE

1. **House of Hakem (about 70% demolished)**
2. **The southern entrance of Arg-e Bam 100% destroyed)**
3. **The walls of Khandagh (completely destroyed)**
4. **Stable - horse taking place – 60% demolished**
5. **Great Mosque is completely destroyed**
6. **Mirza-Naeim Complex mostly destroyed (90%).**
7. **Bazar: Meydan (Square) and Tekkiyeh are mostly (about 70% destroyed)**
8. **House of Soldiers (Gardians) is partially destroyed (about 60%)**
9. **House of Mir-Nezam is partially destroyed (about 60%)**
10. **Asiab-e Badi (Windmill) is completely destroyed (80%)**
11. **Bazar is mostly destroyed (80%)**
12. **Kenari Mahalleh (district) is completely destroyed (90%)**
13. **Jail is mostly demolished (80%)**
14. **School or Khaneghaah is mostly destroyed (80%)**



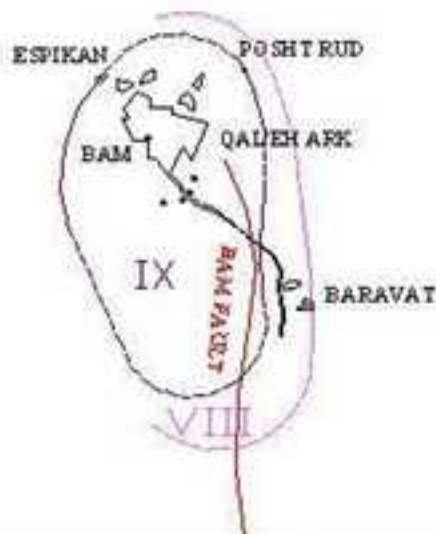
- ۱- خندق
- ۲- بخجال
- ۳- مسجد حضرت رسول (ص)
- ۴- برج ها و دروازه ها
- ۵- ورودی
- ۶- بازار
- ۷- میدان و تکیه بازار
- ۸- مسجد بزرگ ارگ
- ۹- مجموعه میرزا نعیم
- ۱۰- زورخانه
- ۱۱- محله جهودها
- ۱۲- کوچه های غربی
- ۱۳- مدرسه یا خانقاه
- ۱۴- کتابخانه

- ۱۵- حصار دوم
- ۱۶- اصطبل
- ۱۷- سربازخانه یا پادگان
- ۱۸- خانه میر نظام
- ۱۹- آسیاب بادی
- ۲۰- حصار سوم
- ۲۱- خانه مسکونی حاکم
- ۲۲- سپاهچال و زندان
- ۲۳- چهار قصل
- ۲۴- چاه سوم و حمام حاکم
- ۲۵- برج دیدبانی



شدت زلزله – مقیاس INQUA

29°11'



MACROSEISMIC INTENSITY
THE ISOSISMAL MAP OF THE BAM
IRAN EARTHQUAKE OF 26/12/2003
MW 6.5

INQUA 2003 MACROSEISMIC
INTENSITY SCALE

BY: ASHOORI, 2004

RAHMAN
ABAD

VII

29°1'

58°45'

58°15'

● One of the main sources of drinking and agricultural water at Bam area is underground irrigation systems called Qanats. Most of the Qanats of the area have been damaged due to Bam Earthquake. In some cases the collapse of some of these Qanats caused severe damages to the building and lifelines. Bam Earthquake has considerable effects on a lot of Qanats that excavated at the Bam area and its vicinity. Based on the preliminary evaluations, about 40 percents of these Qanats have been collapsed or experienced severe damages due to the earthquake. In some cases the collapse of the Qanats stopped the water flow completely. The area of Qanats have occurred in IX level of INQUA intensity scale.



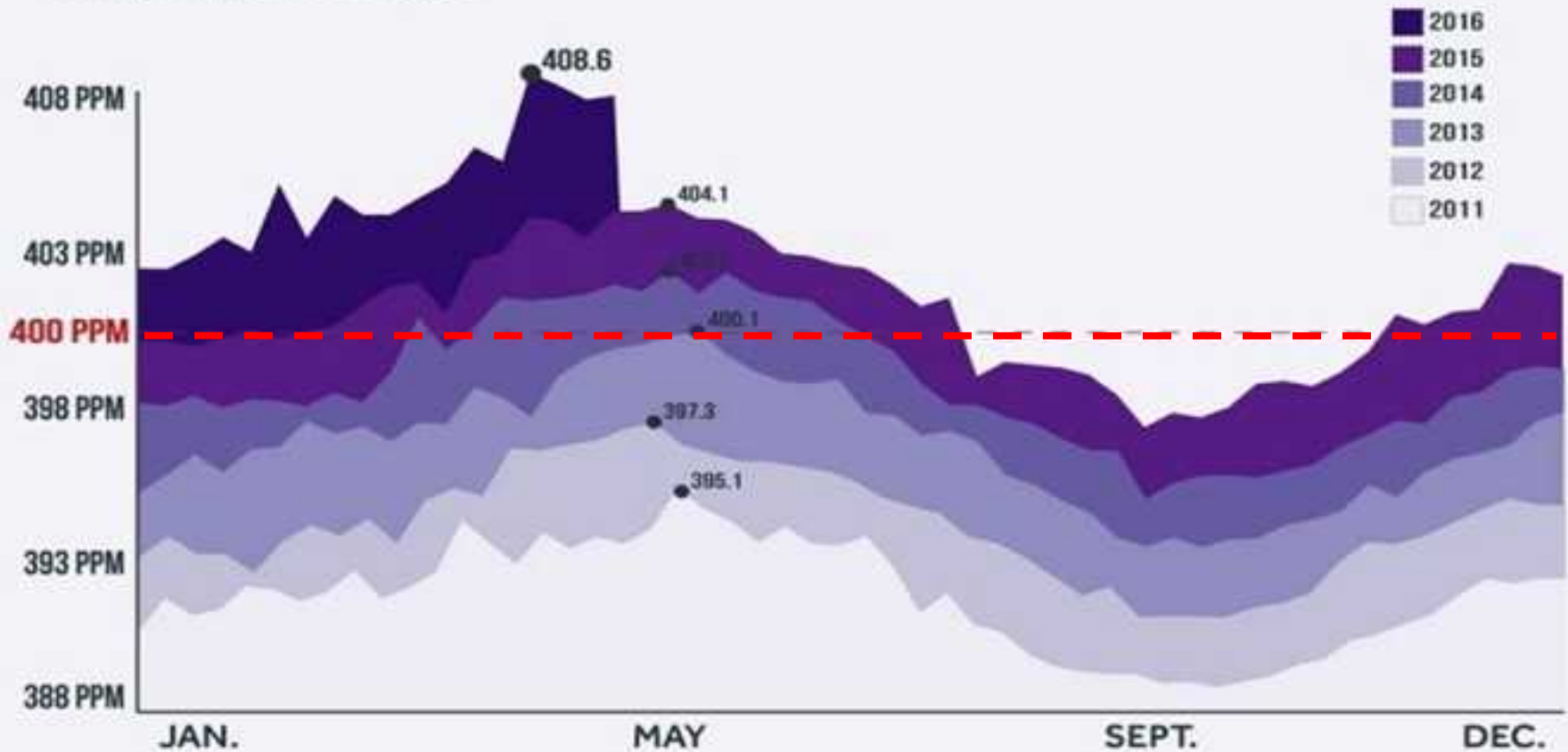
1 December 2017
Mw6.0

Kerman

تغییرات اقلیمی... چالشی مهم!

Climbing CO2

A higher peak each year



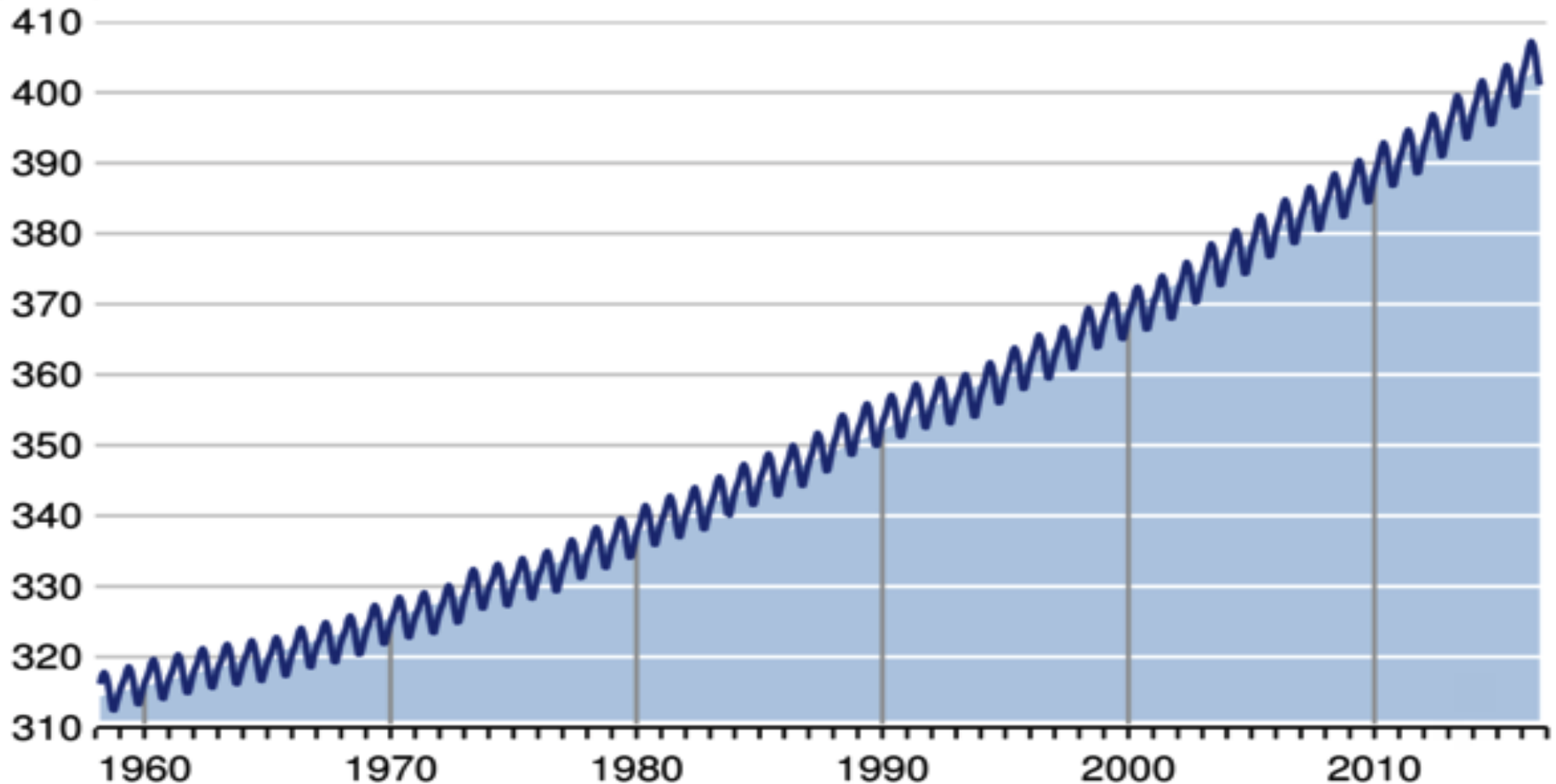
Source: Scripps CO2 Program

CLIMATE CO2 CENTRAL

تغییرات اقلیمی... چالشی مهم!

Monthly Carbon Dioxide Concentration

parts per million



تغییرات اقلیمی... چالشی مهم!

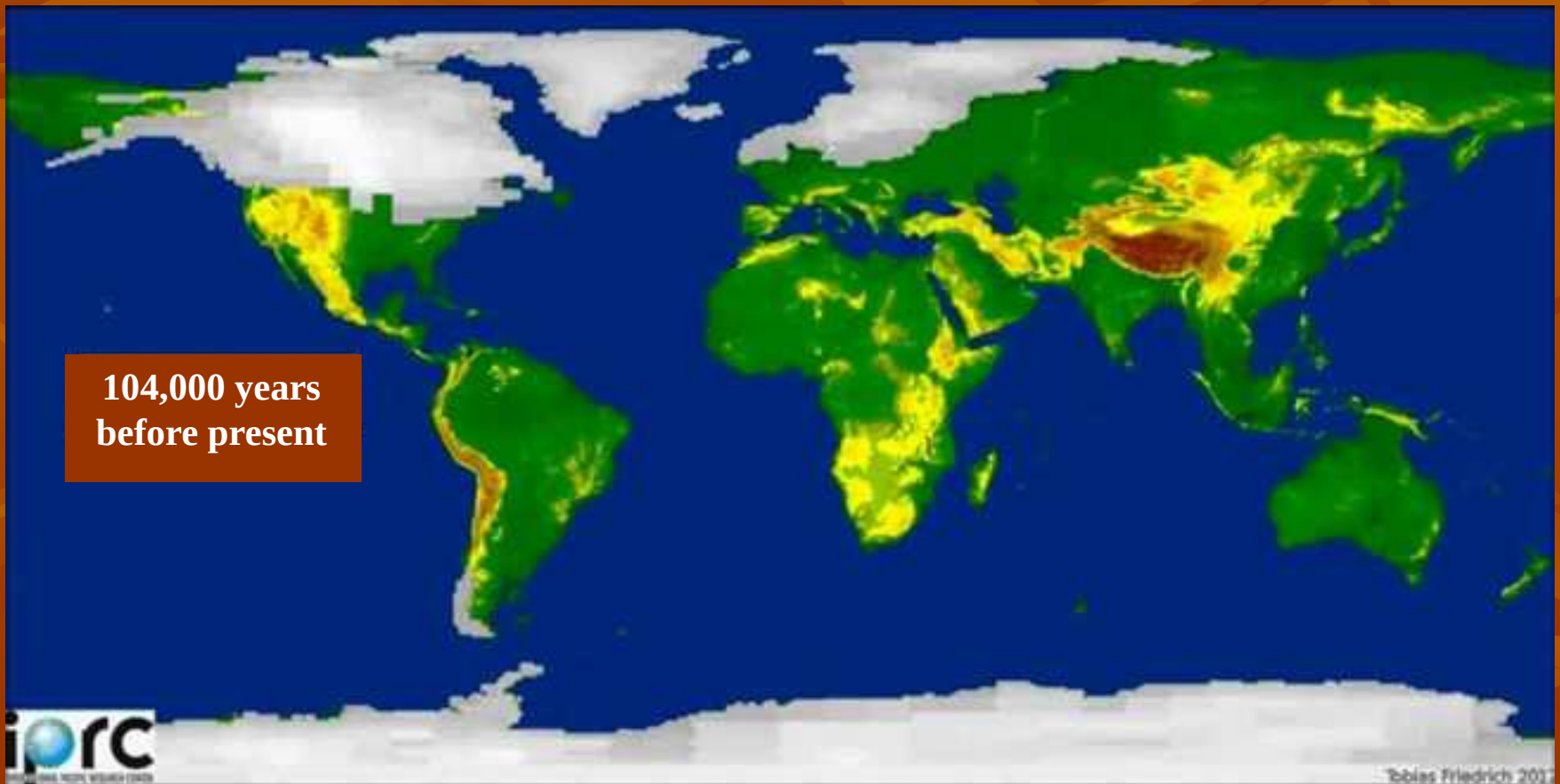
Table 1.2 Potential geological and geomorphological hazards in the context of projected future climate changes

Potential hazard	Mechanism/potential relationship with climate change	Relevant climate drivers	Environmental settings	References
Subaerial landslides and debris flows	Permafrost thaw; pore-water pressurisation; intense rainfall destabilising regolith	Temperature rise; ice-mass loss; intense precipitation	Mountainous terrain; volcanic landscapes	Deeming et al. (2010); Huggel et al. (2010); Keiler et al. (2010); Tuffen (2009)
Glacial outburst floods (GLOFs)	Glacier retreat; accumulation of meltwater in pro-glacial lakes	Temperature rise; ice-mass loss	High latitudes; mountainous terrain; glaciated volcanic landscapes	Keiler et al. (2010); Tuffen (2009)
Earthquakes	Ice-sheet and glacier wastage; ocean island and ocean margin loading due to sea-level rise	Temperature rise; ice-mass loss; ocean volume increase	High latitudes; glaciated terrain at mid-to-low latitudes; ocean basins and margins	Hampel et al. (2010); Guillas et al. (2010)
Volcanic activity	Unloading due to ice-sheet and glacier wastage; loading due to sea-level rise; pore-water pressurisation; intense rainfall destabilising regolith	Temperature rise; ice-mass loss; intense precipitation; ocean volume increase	Volcanic landscapes at all latitudes	Deeming et al. (2010); Sigmundsson et al. (2010); Tuffen (2009)
Tsunamis	Submarine and sub-aerial slope failures and volcano lateral collapses; gas-hydrate breakdown; ocean load-related earthquakes; ice quakes	Ocean temperature rise; ocean volume increase; intense precipitation	Ocean basins and margins	Day & Maslin (2010); Maslin et al. (2010); Dunkley Jones et al. (2010); Tappin (2010)

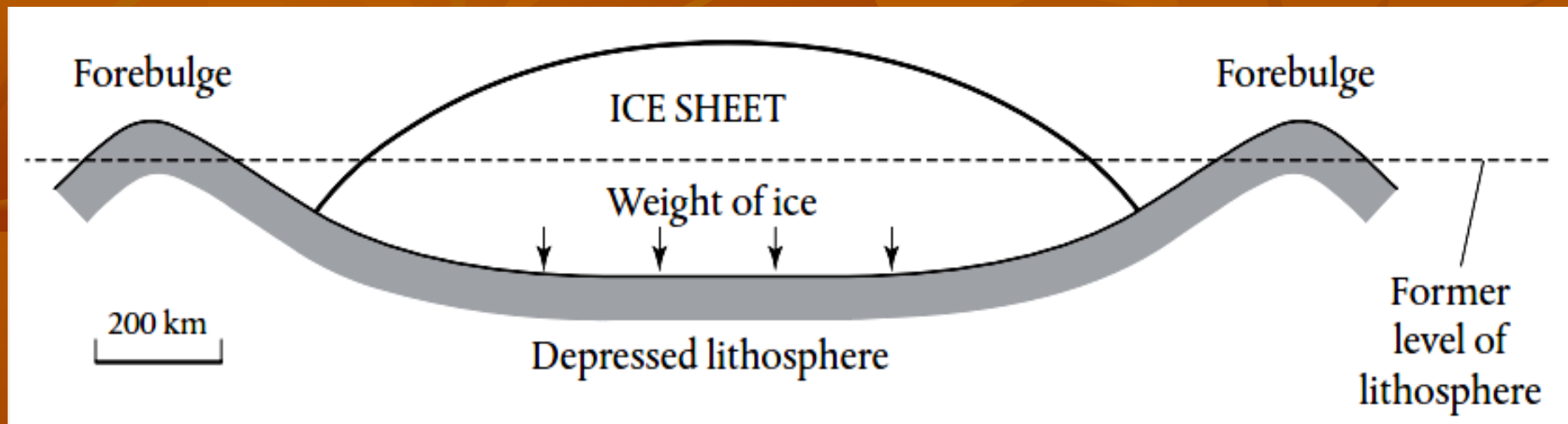
Columns show responsible mechanisms and relationship to climate change, relevant climate drivers, and most susceptible environmental settings.

تغییرات اقلیمی... چالشی مهم!

آخرین دوره یخبندان، که عموماً به عنوان «عصر یخبندان» شناخته می شود، آخرین دوره یخبندان زمین بوده که طی ۱۱۰,۰۰۰ تا ۱۲,۰۰۰ سال پیش رخ داده است.



ارتباط میان تغییرات اقلیمی و زلزله ها



The influence of thick ice sheets on stress and strain in surrounding rocks is widespread. When a thick ice sheet forms, the lithosphere immediately below is forced down, pushing the underlying mantle sideways to make room. Around the margins of the depressed area, the lithosphere flexes upwards in compensation, helped by the outward flow of the mantle, so that the hollow formed beneath the ice is surrounded by a so-called 'forebulge' that extends well beyond the ice sheet front. As the ice disappears during deglaciation, the lithosphere rebounds while the forebulge gradually subsides in a wave that moves outwards away from the area of the former ice sheet.

ارتباط میان تغییرات اقلیمی و زلزله ها

such a wave of forebulge collapse might have provided the perfect conditions for the release of tectonic strain accumulated during glaciation, resulting in a corresponding cascade of seismic activity that migrated progressively away from the former margins of the ice sheet. ➤

Some scientists suggest that this model could explain the 1811-1812 events in the New Madrid Seismic Zone as well as a large and damaging earthquake that struck Charleston, South Carolina, in 1886, and others off the coast of eastern Canada. ➤

مثال هایی از ارتباط میان تغییر اقلیم و زلزله ها

زلزله هایی که تصور می شود به علت تغییرات اقلیمی رخ داده باشند:

1811-1812 ($M_w = 7.7, 7.5$ and 7.7) New Madrid Earthquakes ➤

31 August 1886 ($M_w = 7.3$) Charleston Earthquake within New ➤
Madrid fault zone in America East

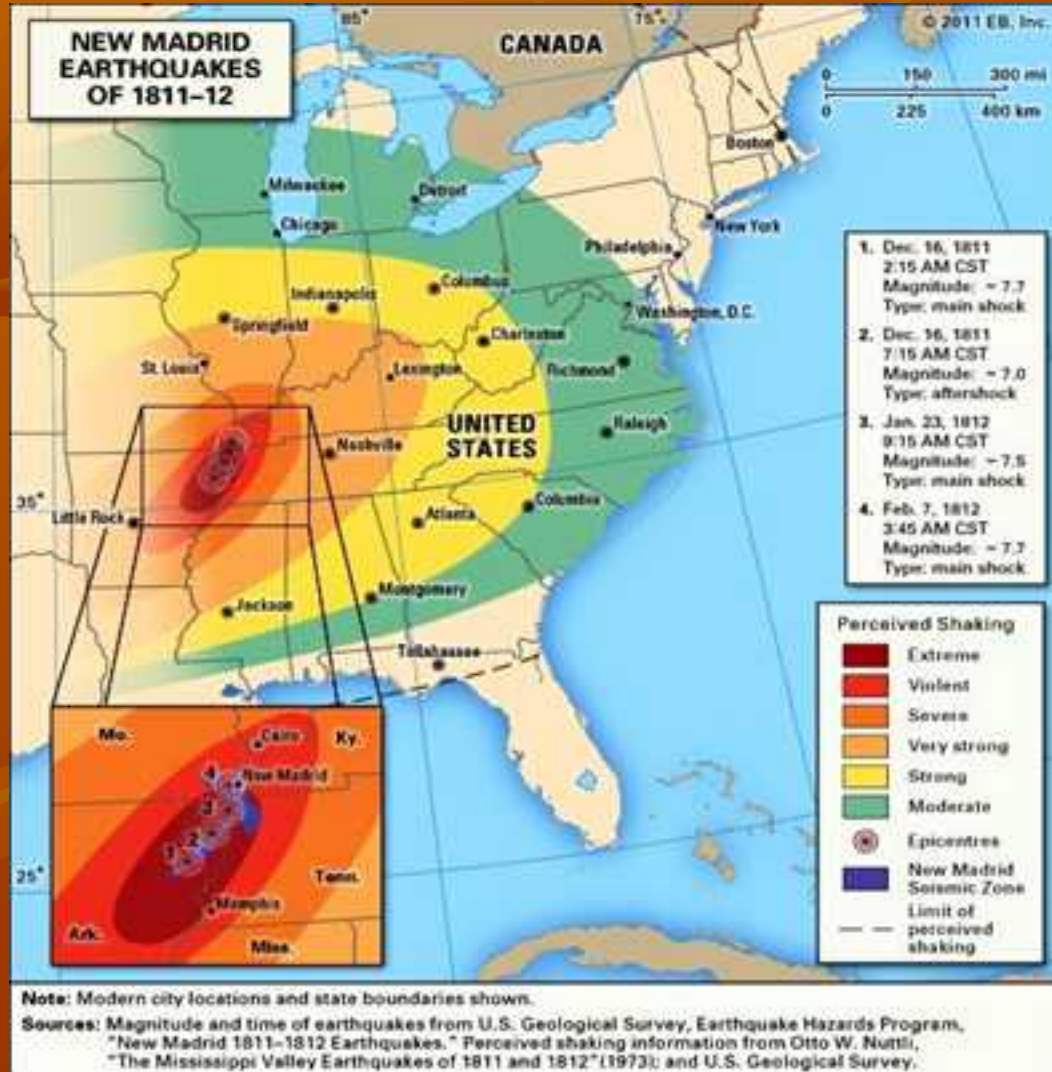
27 March 1964 ($M_w = 9.2$) Earthquake in the Prince William ➤
Sound region of Alaska

28 February 1979 ($M_w = 7.2$) Earthquake in Mt. St. Elias, Alaska ➤

25 April 2015 ($M_w = 7.8$) Gorkha Earthquake in Nepal ➤



زلزله های ۱۸۱۱-۱۸۱۲ نیومادرید



December 16, 1811 - M7.7 ■

December 16, 1811 - M7.0 ■

January 23, 1812 - M7.5 ■

February 7, 1812 - M7.7 ■



زلزله های ۱۸۱۱-۱۸۱۲ نیومادرید

- منشا توالی زلزله های نیومادرید مبهم بوده و همچنان موضوع مورد بحث در میان زلزله شناسان است.
- نکته مهم این است که ناحیه رخداد زلزله های نیومادرید به دور از حاشیه ورقه های فعال تکتونیکی قرار دارد.
- این نشان می دهد که تکتونیک صفحه ای مستقیماً مسئول رخداد زلزله های نیومادرید نیست، بنابراین زمین شناسان مجبورند به دنبال علت دیگری برای این رخدادها باشند.

زلزله های ۱۸۱۱-۱۸۱۲ نیومادرید

- از این رو، توجه زیادی به ورقه یخی لارنتاید (Laurentide ice sheet) معطوف شده که بیشتر قسمت شمالی قاره آمریکا را در آخرین عصر یخبندان دفن کرده بود.
- اثر ذوب این ورقه یخی برروی لیتوسفر زیر آن ممکن است موجب ایجاد زلزله های نیومادرید شده باشد.
- این ورقه یخی حتی هزاران سال پس از عقب نشینی آن ممکن است موجب تغییرات تنش و ایجاد زلزله گردد.

زلزله های ۱۸۱۱-۱۸۱۲ نیومادرید



The Barnes Ice Cap, containing remnants of the Laurentide Ice Sheet.



زلزله های تایوان

- بررسی ارتباط میان طوفان های رخ داده در سراسر تایوان و زمان زمین لرزه های کوچک در زیر این جزیره (لیو و همکاران، ۲۰۰۹).
- حجم زیادی از باران حاصل از طوفان های گرمسیری، که منجر به جاری شدن سیل شدید می شود ممکن است با زلزله مرتبط باشد.
- در جایی که گسلی در وضعیت بحرانی لرزه خیزی خود وجود داشته باشد، افزایش فشار سیال می تواند با نفوذ آب و افزایش فشار منفذی و روان سازی سطح صفحه گسل موجب سهولت حرکت گسل و ایجاد زلزله شود.

زلزله ۱۹۷۹ جنوب آلاسکا

- دانشمندان ناسا و سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) بر این باورند که زلزله ۱۹۷۹ در جنوب آلاسکا، به نام زلزله سنت الیاس ($M_w 7.2$) توسط یخچالهای طبیعی که به سرعت در حال ذوب شدن در منطقه هستند، ایجاد شد.
- بین ۱۸۹۹ و ۱۹۷۹، بسیاری از یخچالهای طبیعی در این منطقه تا حدود صدها متر ذوب شده و و برخی کاملاً ناپدید شده‌اند.



یخچال های ایران...



➤ غرب البرز (علم کوه)

➤ مرکز البرز (دماوند و توچال)

➤ زاگرس (زردکوه و دنا)

➤ سبلان

➤ جوپار و لاله زار در کرمان