

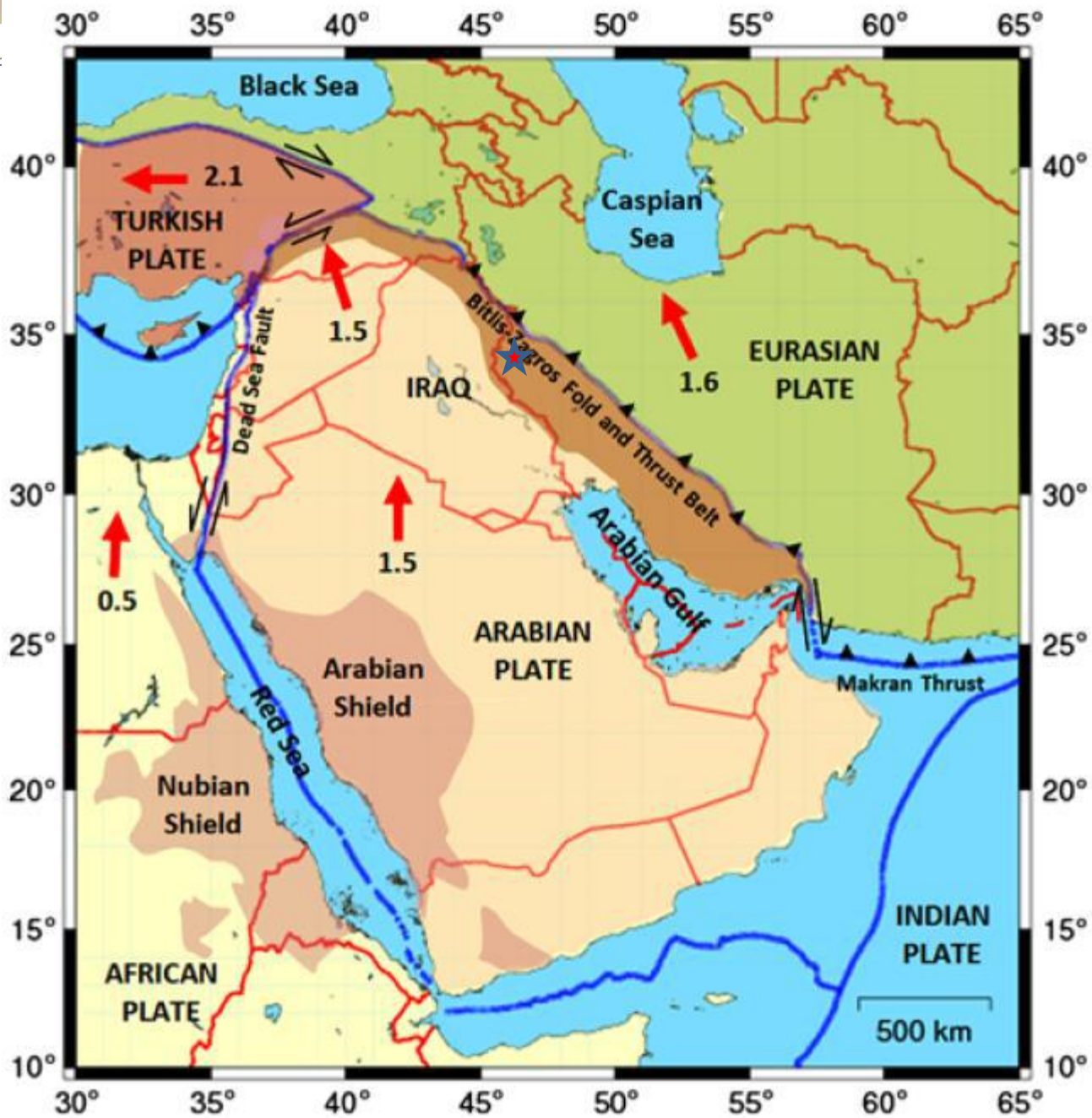


# جنبه های زلزله شناسی مهندسی سرپل ذهاب

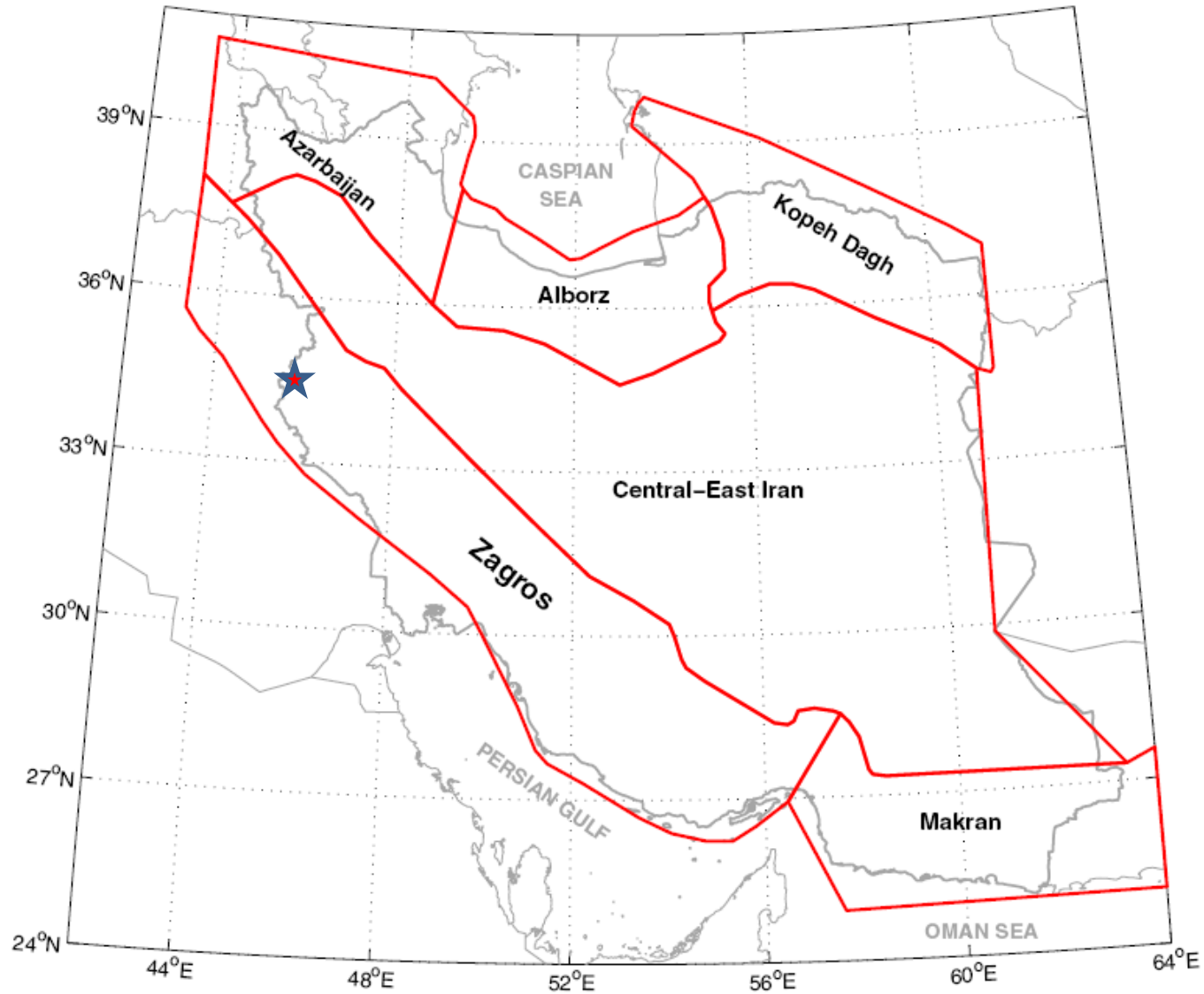
حمید زعفرانی

«سمینار چهارمین سالگرد زمین لرزه ۲۱ آبان ۱۳۹۶ سرپل ذهاب»

۲۱ آبان ۱۴۰۰ - پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

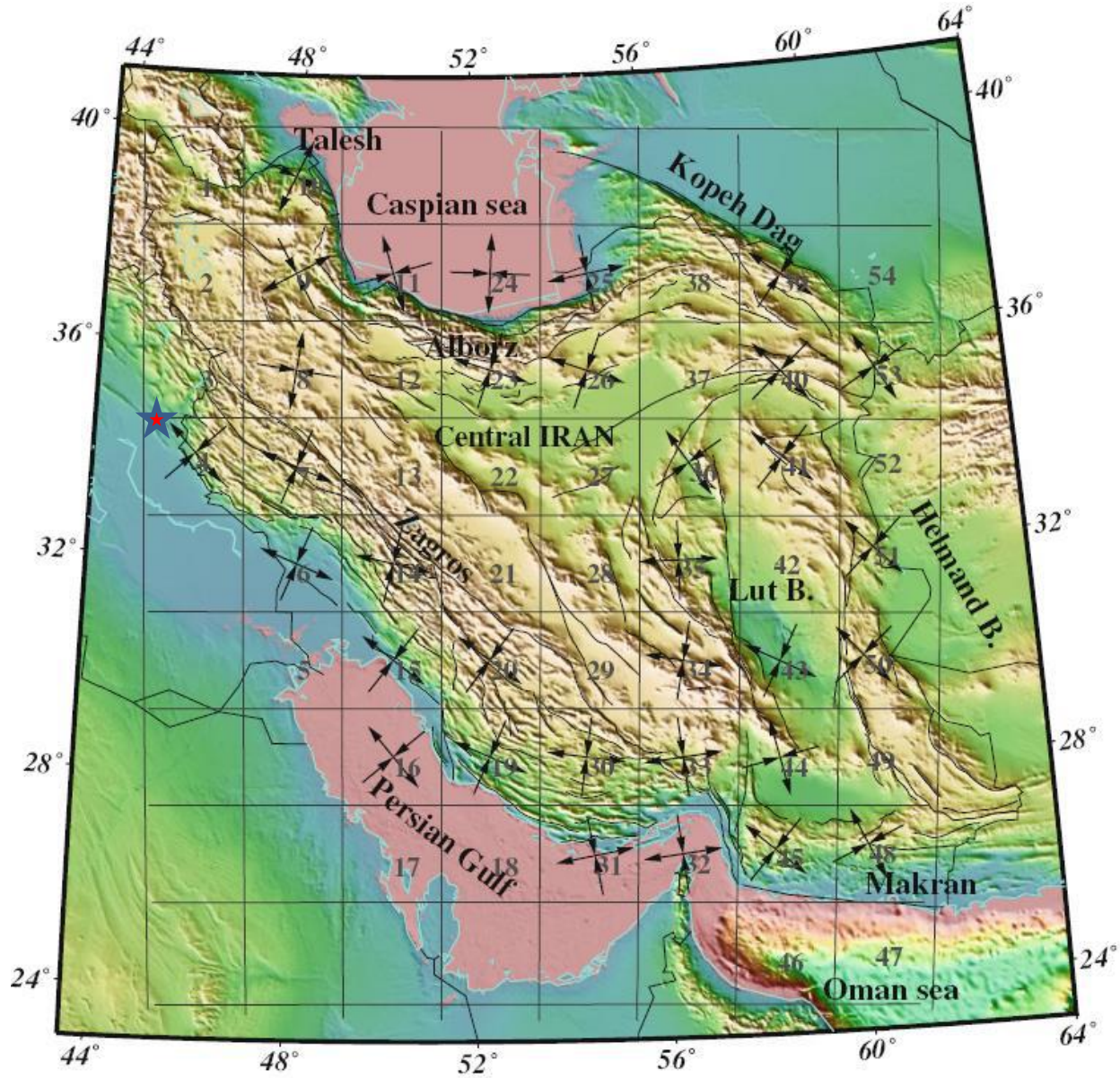


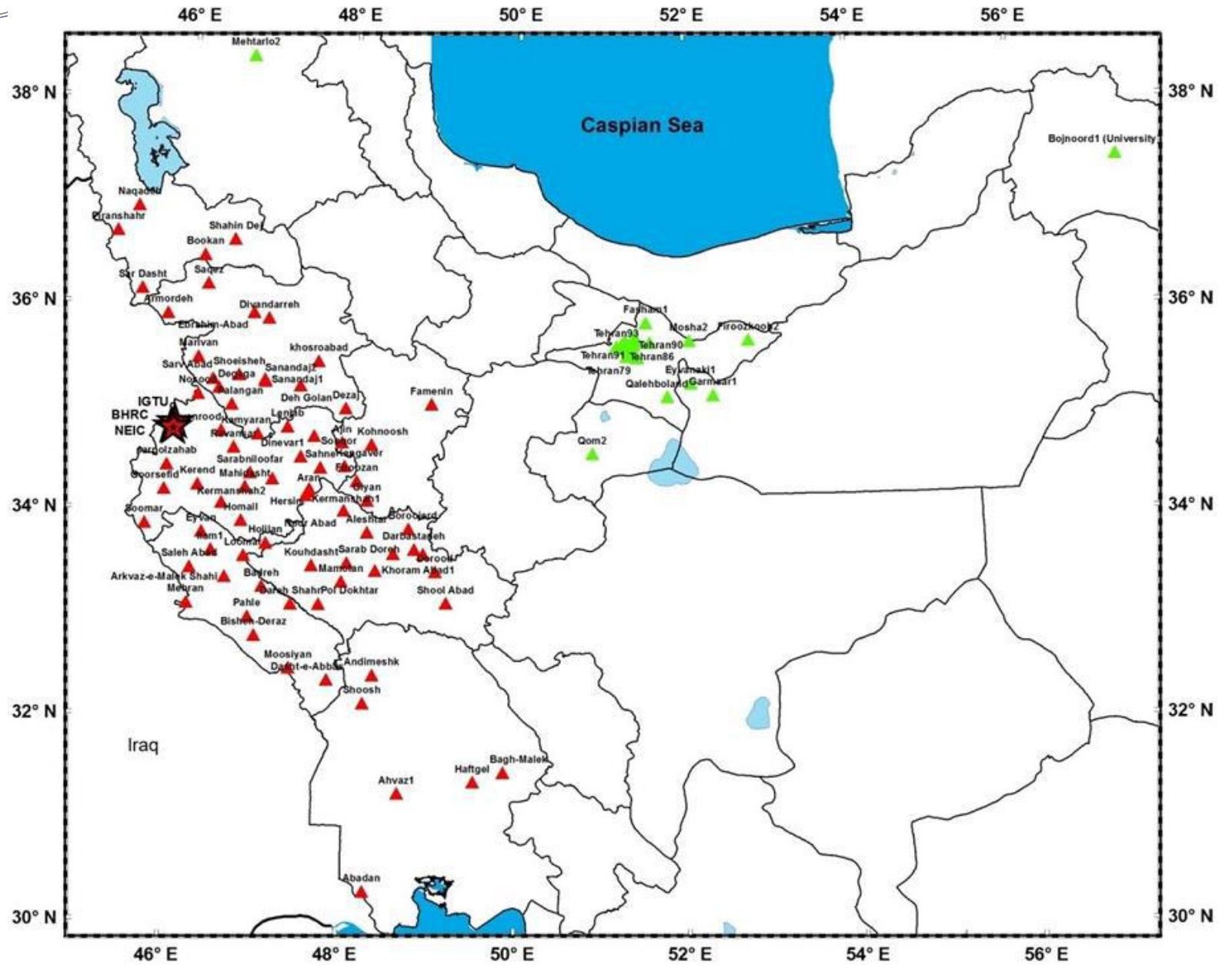
# ساختارهای لرزه زمین ساخت اصلی ایران



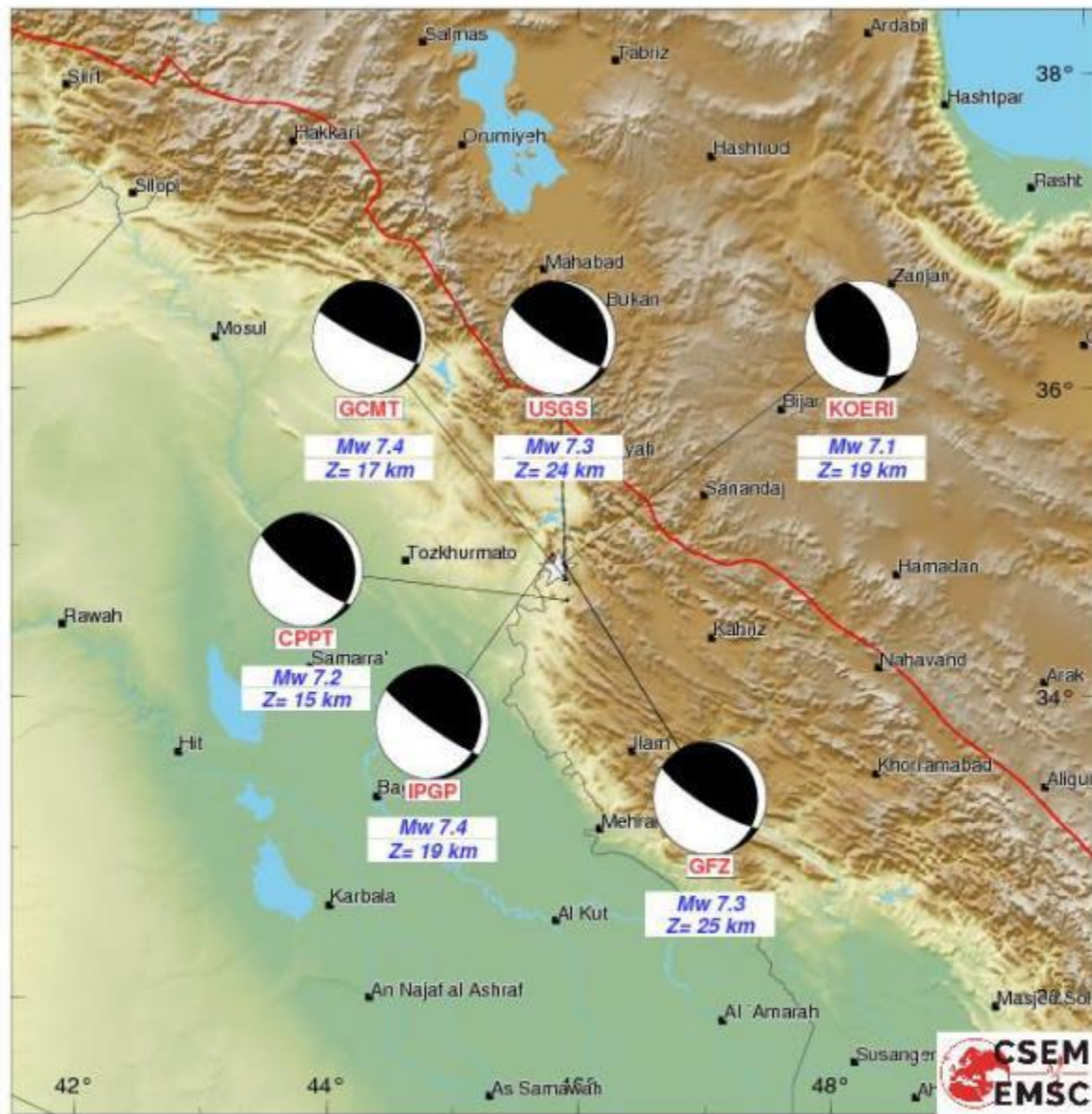


# جهت تنش اصلی در فلات ایران









— Political boundaries  
 — Tectonic plates boundaries

شکل (۳): سازوکار کانونی زمین‌لرزه ۲۱ آبان‌ماه ۱۳۹۶ از جمله (برگرفته از سایت [www.emsc-csem.org](http://www.emsc-csem.org))

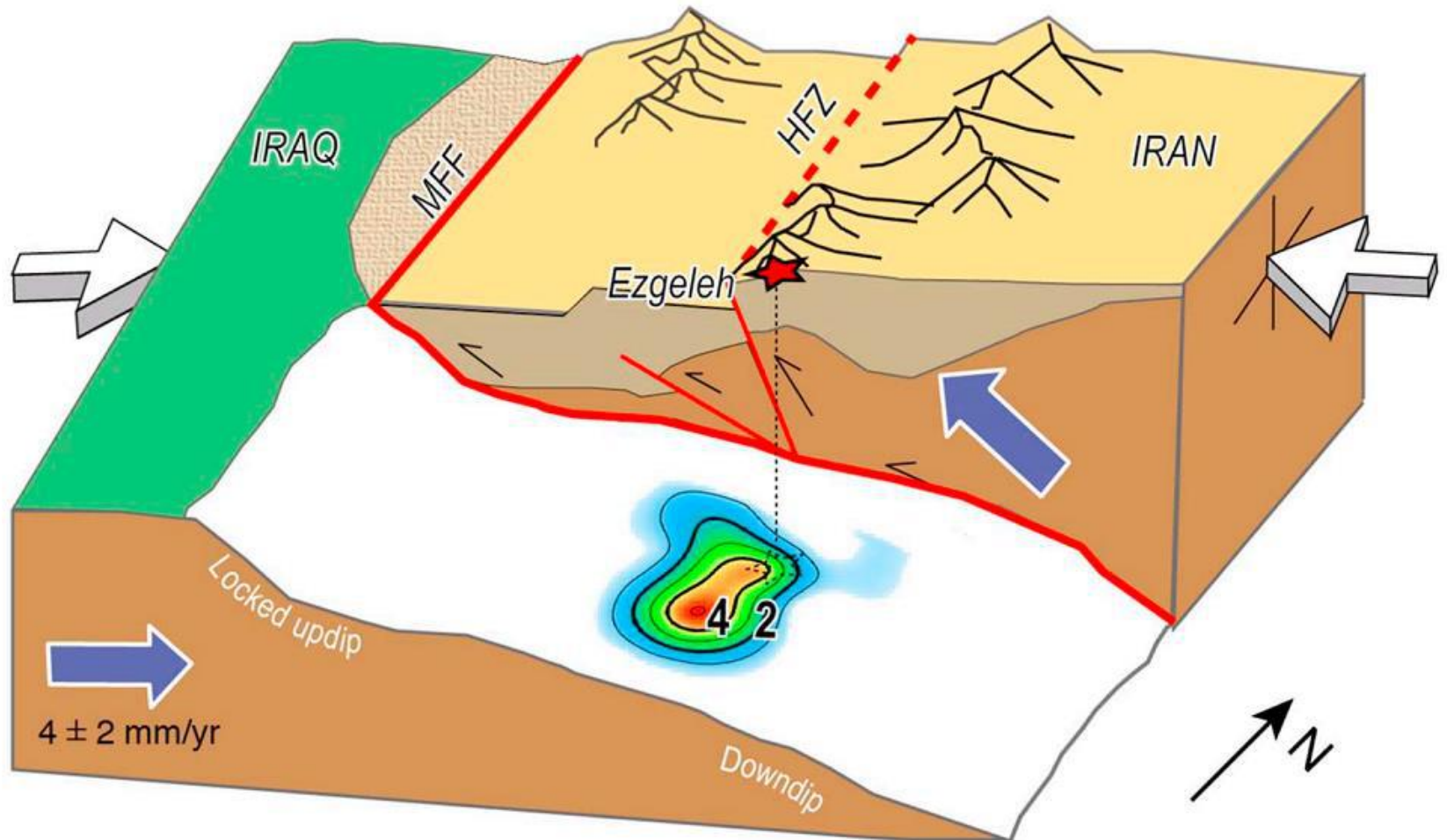
## آخرین برآوردهای مشخصات زمین لرزه

Source parameters estimated from different studies.

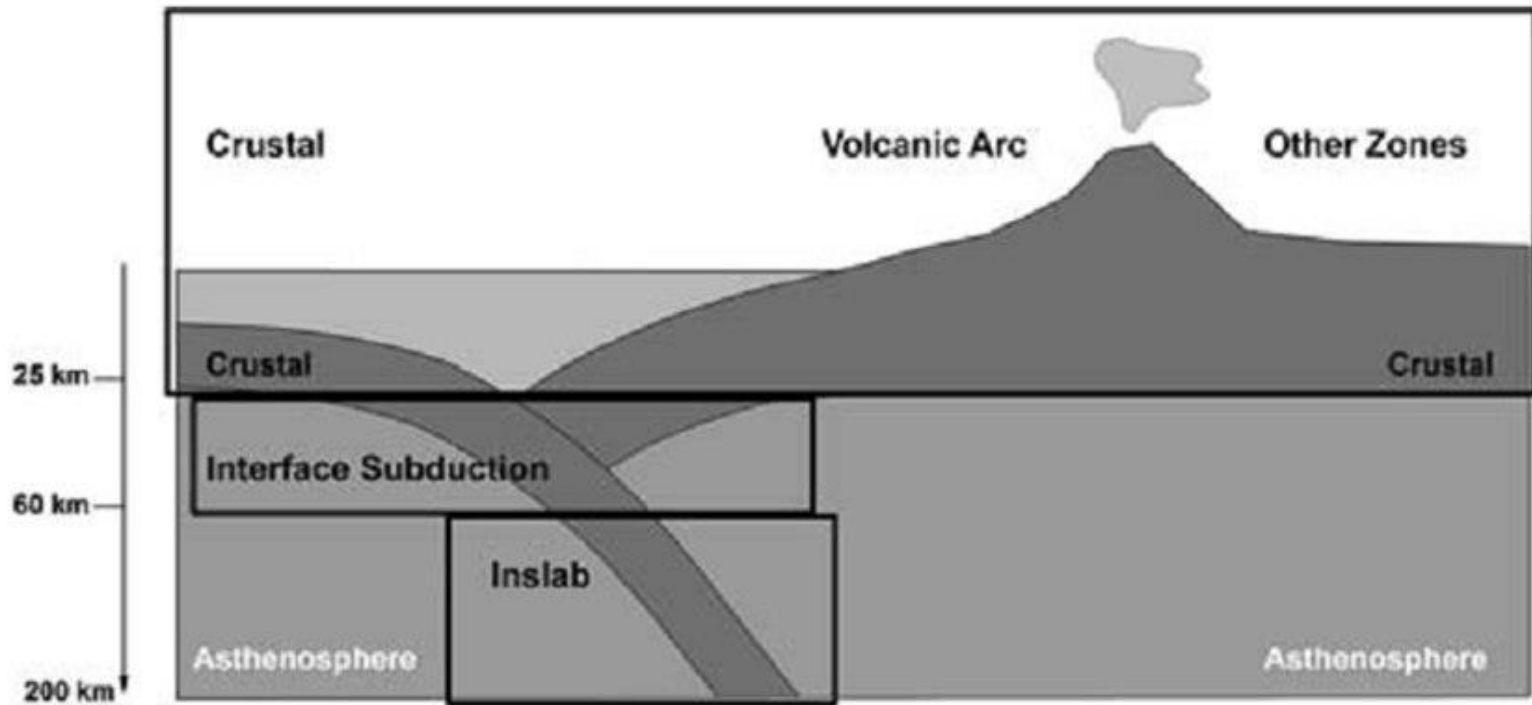
Solution	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	Major slip depth (km)	Total moment (Nm)	
Barnhart et al. (2018)	350	15	128	~12-20	$0.95 \times 10^{20}$	M <sub>w</sub> =7.25
Feng et al. (2018)	351	14.5	136	~12-17	$1.08 \times 10^{20}$	M <sub>w</sub> =7.28
Chen et al. 2018 → This study	351	15	135	~13-18	$1.35 \times 10^{20}$	M <sub>w</sub> =7.35



A conceptual model showing the coseismic rupture with final slip colored and contoured (in meters) of the 2017 Sarpol Zahāb earthquake (Chen et al. 2018).



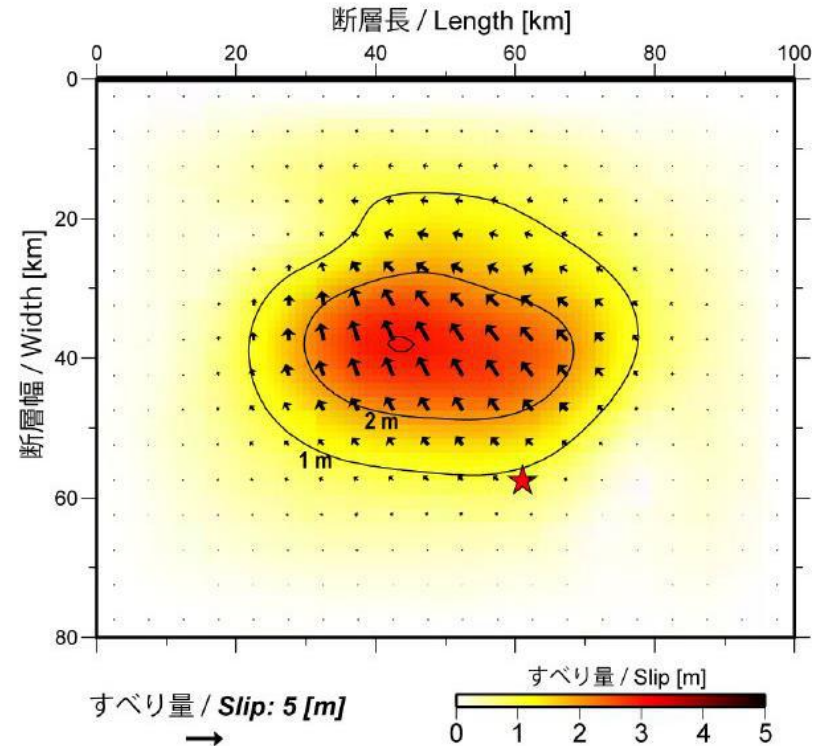
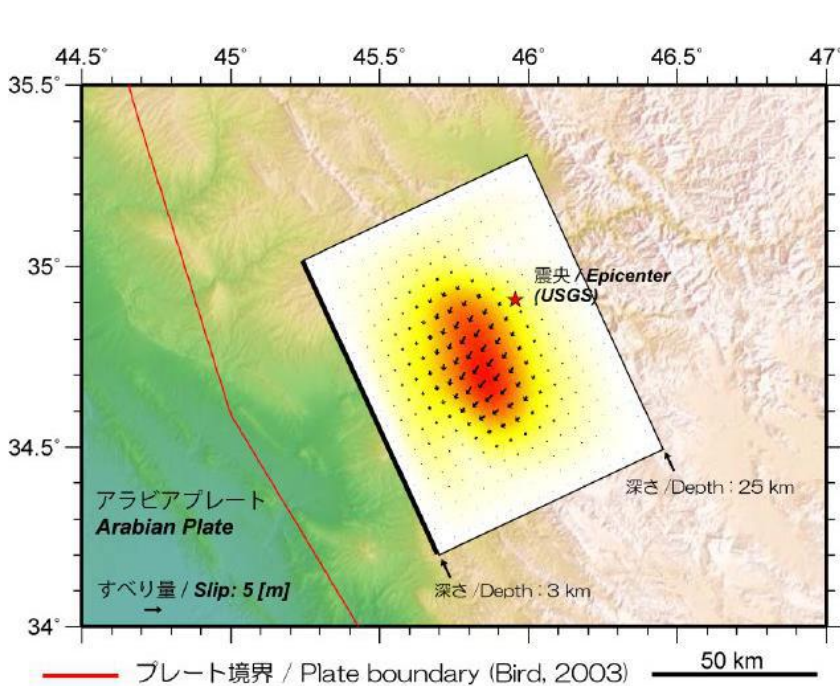
# در ایران غالب زلزله ها، کم عمق است



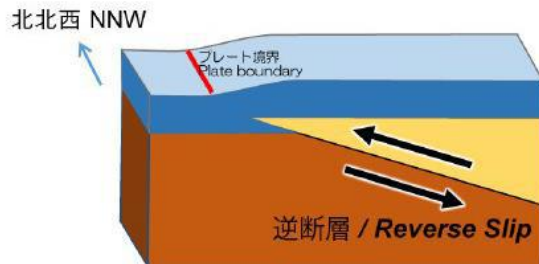
# در ایران غالب زلزله ها، کم عمق است

Event name	yy/mm/dd	$M_w$	Latitude (deg)	Longitude (deg)	Depth (km)
Tabas	1978/09/16	7.4	33.20	57.33	10
Khuli-Buniabad	1979/11/27	7.1	34.05	59.63	10
Rudbar	1990/06/20	7.3	36.96	49.33	12
Zanjiran	1994/06/20	5.8	29.06	52.67	9
Garmkhan	1997/02/04	6.5	37.39	57.35	8
Sarein	1997/02/28	6.0	38.10	47.79	9
Zirkuh	1997/05/10	7.2	33.86	59.83	13
Fandoqa	1998/03/14	6.6	30.08	57.58	5
Karehbas	1999/05/06	6.1	29.54	51.93	7
Pol-e-Abgineh	1999/10/31	5.2	29.37	51.85	15
Salehabad	1999/11/08	5.5	35.70	61.22	9
Changureh	2002/06/22	6.4	35.63	49.20	10
Masjedsoleiman	2002/09/25	5.6	32.08	49.33	24
Dinehvar	2002/12/24	5.2	34.55	47.48	20
Haji Abad	2003/07/10	5.8	28.31	54.17	10
Ryqan	2003/08/21	5.9	29.02	59.74	20
Bam	2003/12/26	6.5	29.05	58.36	3

# صفحه گسل پیشنهادی و فرآیند انتشار لغزش از کانون



## 【概念図 / Schematic view】



地震モーメント / Seismic Moment:  $1.40 \times 10^{20}$  Nm  
 モーメントマグニチュード / Moment Magnitude:  $M_w = 7.36$

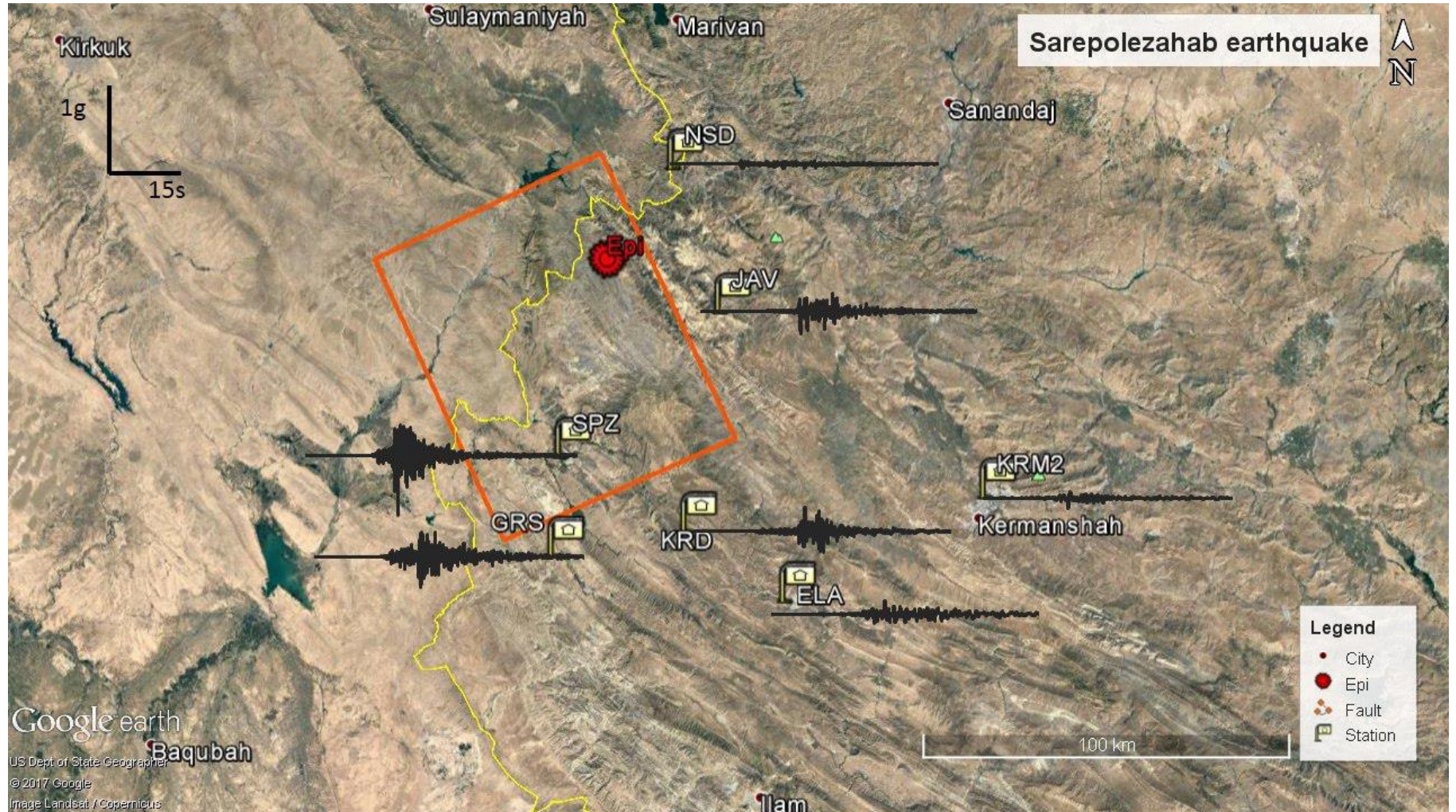
(剛性率 / Rigidity: 30 GPa)



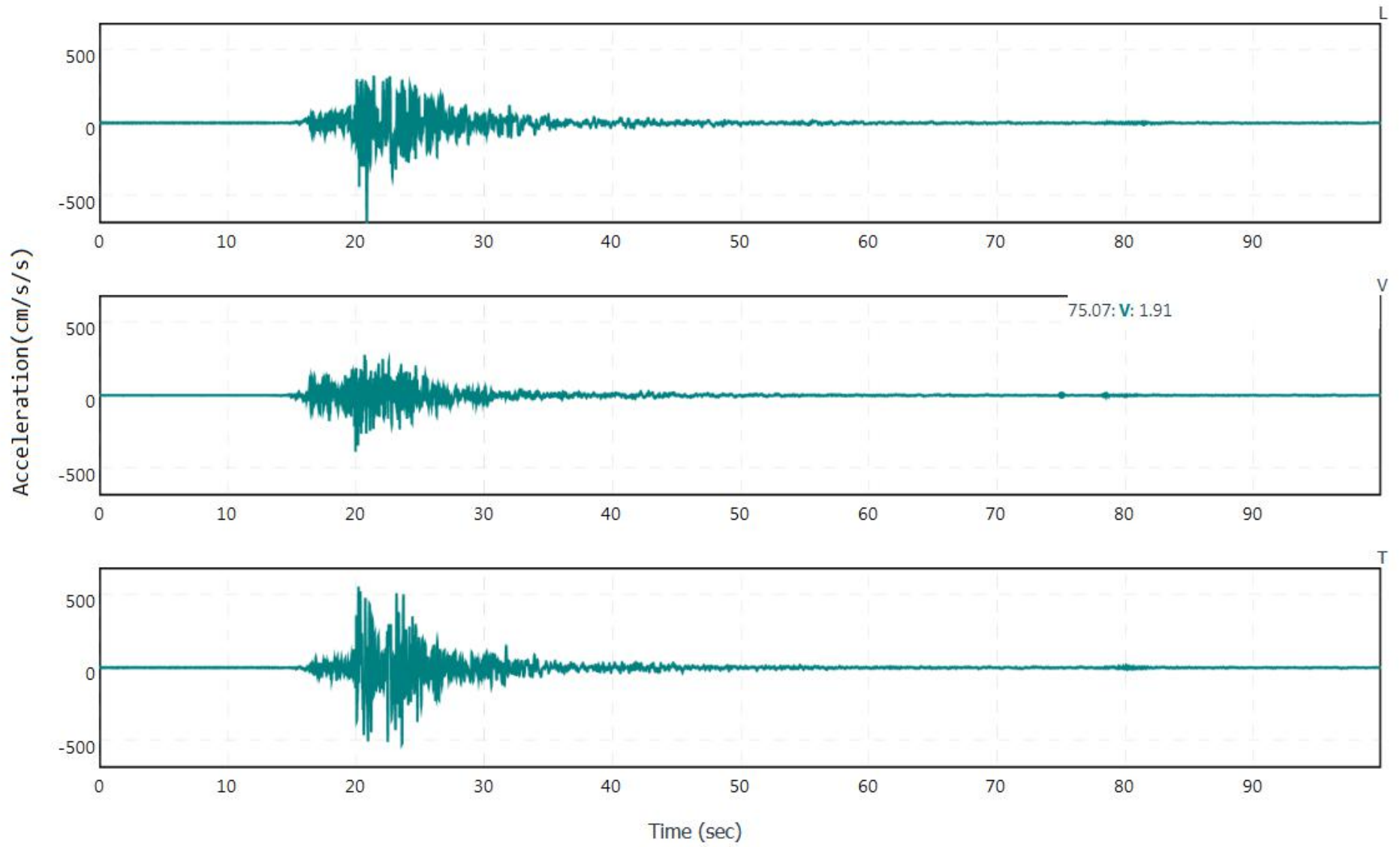
# میانگین شتاب و فاصله از گسل در ایستگاه های اصلی، (اهمیت تعریف صحیح فاصله)

ایستگاه	$R_{epi}$ (Km) فاصله تا رومرکز	$R_{jb}$ (Km) فاصله تا تصویر گسل	ACC (cm/s/s) میانگین دو مولفه افقی
SPZ (سرپل ذهاب)	42	0	630
GRS (گورسفید)	69	10	292
KRD (کرد)	70	20	226
JAV (جوانرود)	53	11	194
ELA (اسلام آباد)	100	46	108
KRM2 (کرمانشاه)	122	74	92
NSD (نوسود)	45	16	45

# توجیه الگوی مکانی توزیع شتاب مشاهده شده



Sarpolezahab Station Record No:7384/01 Origin Time:2017/11/12 18:18:16

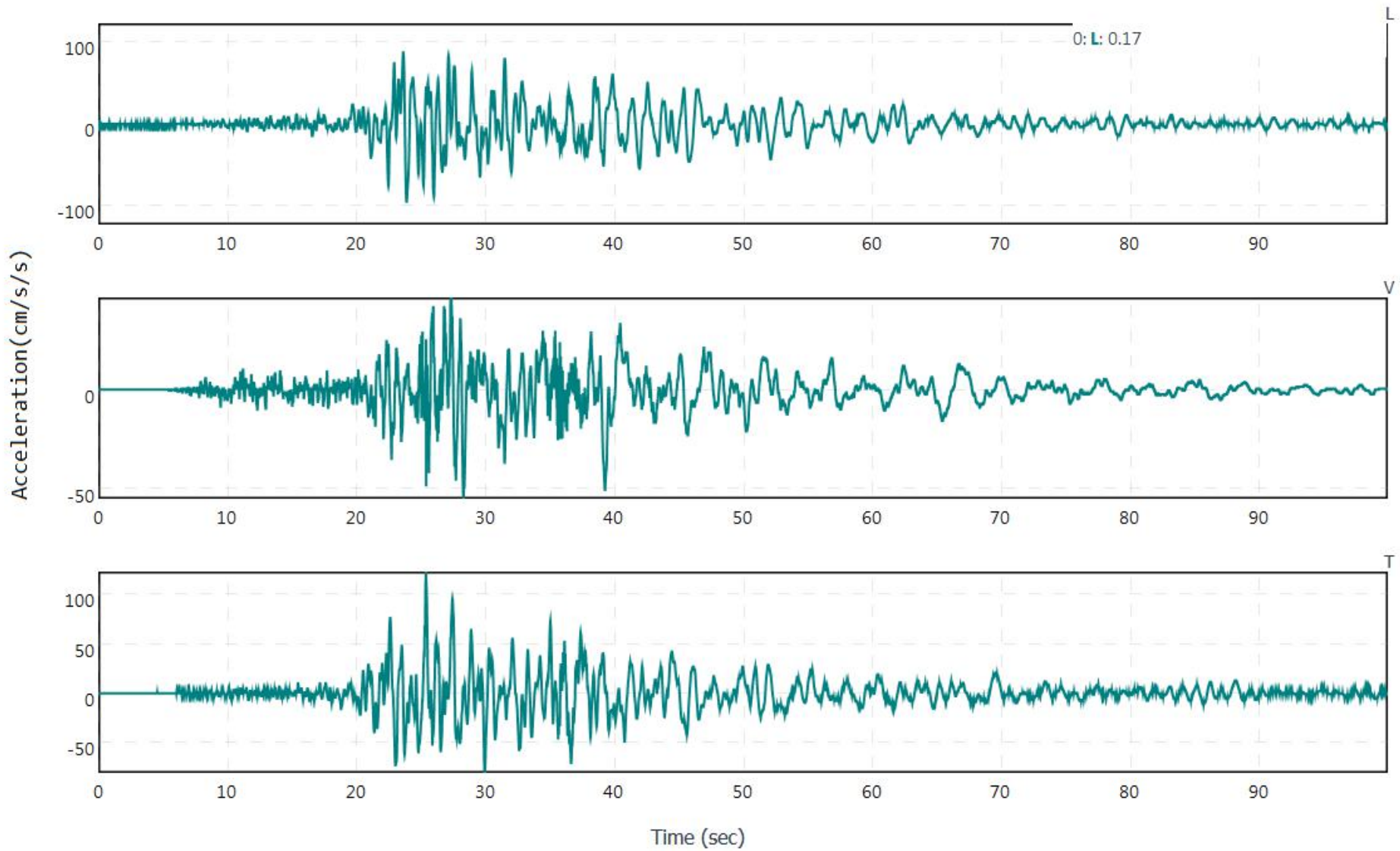




Eslamabadqarb Station

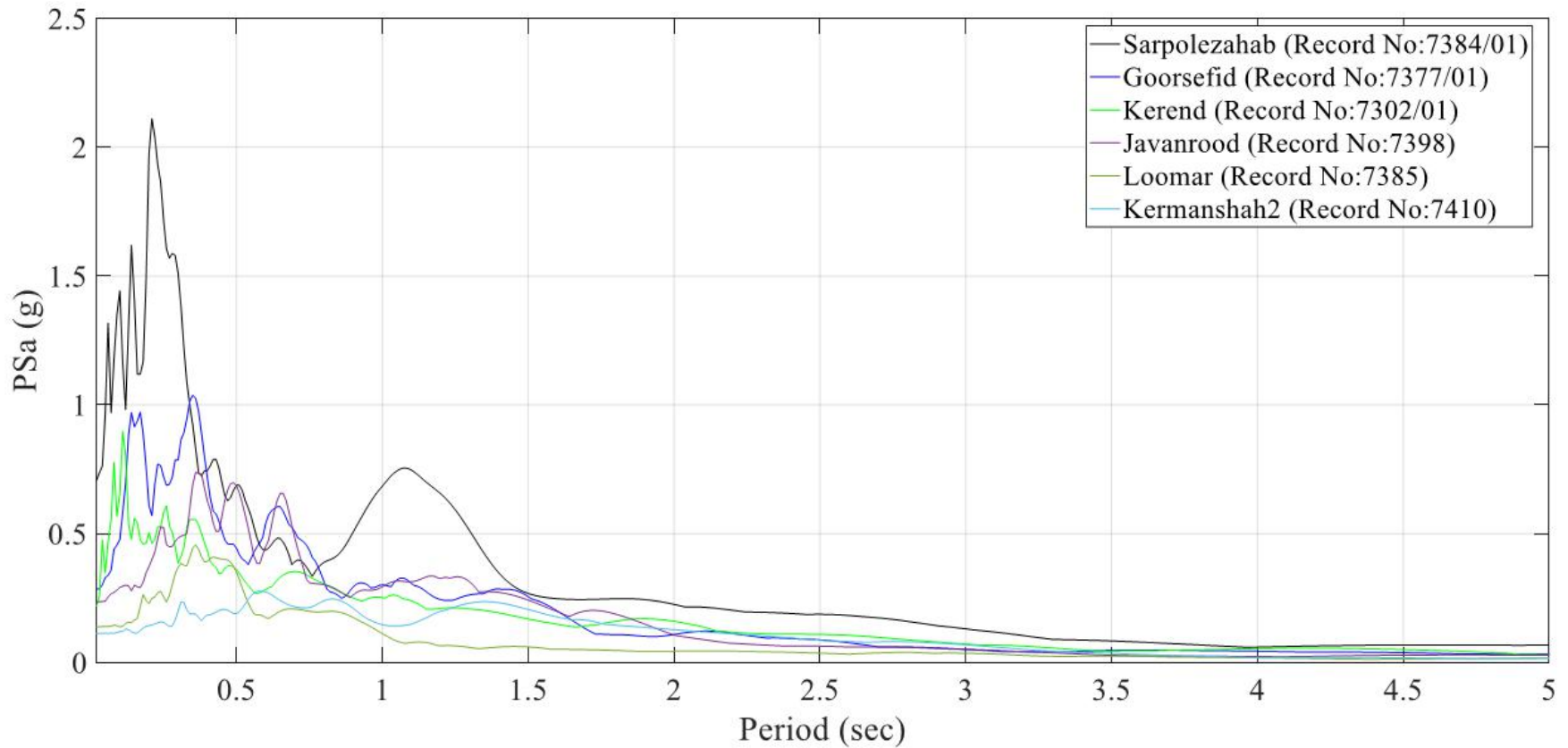
Record No:7313

Origin Time:2017/11/12 18:18:16



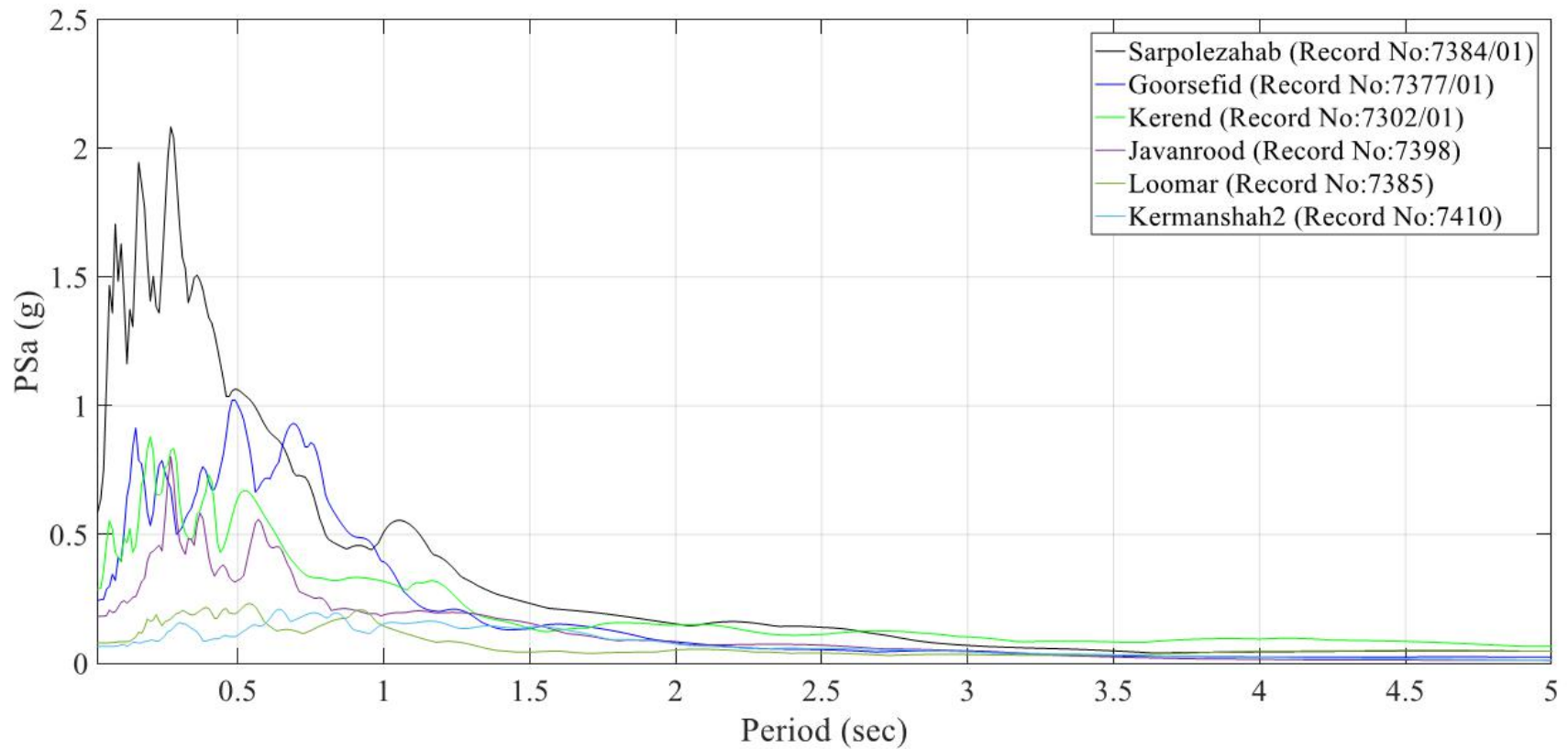


# مقایسه طیفهای ثبت شده (طولی)



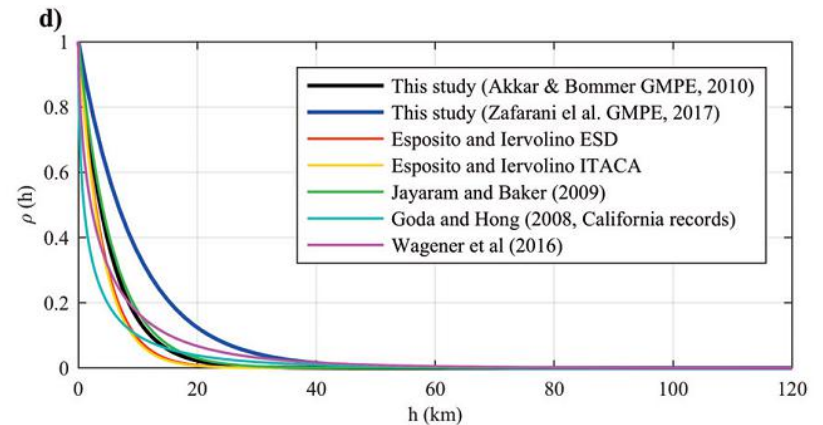
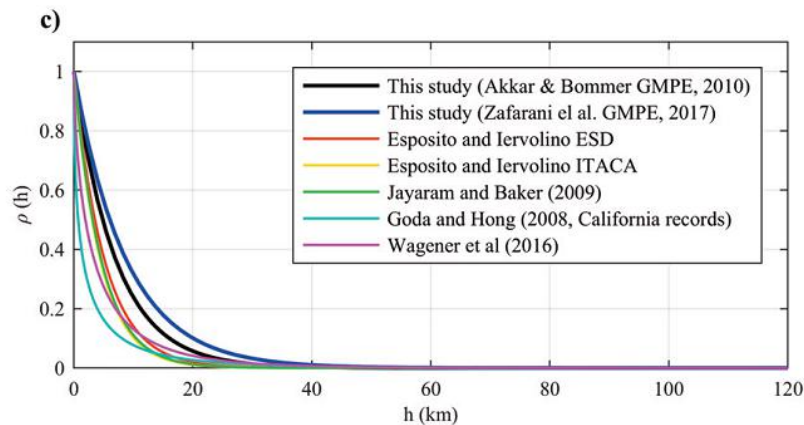
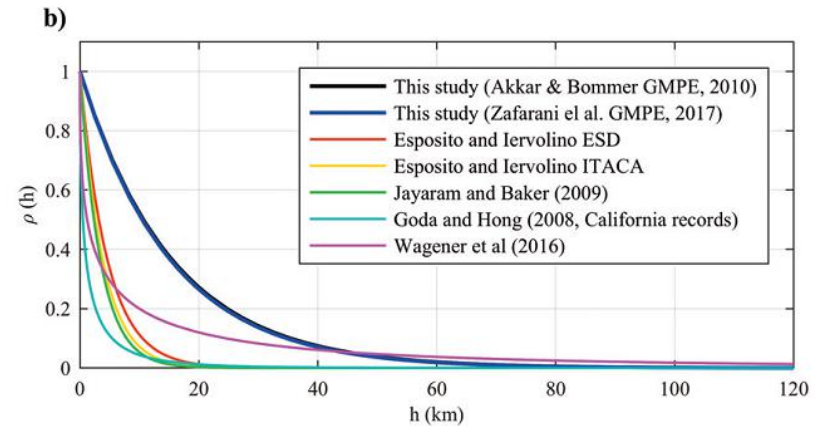
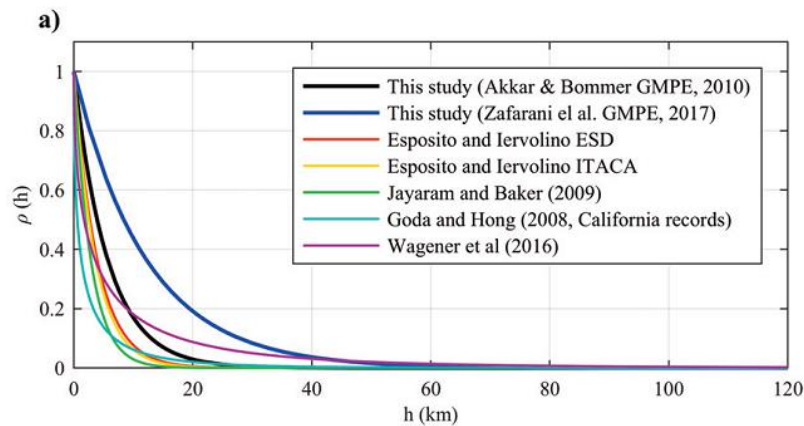
(a) Longitudinal

# مقایسه طیفهای ثبت شده (عرضی)



(b) Transvers

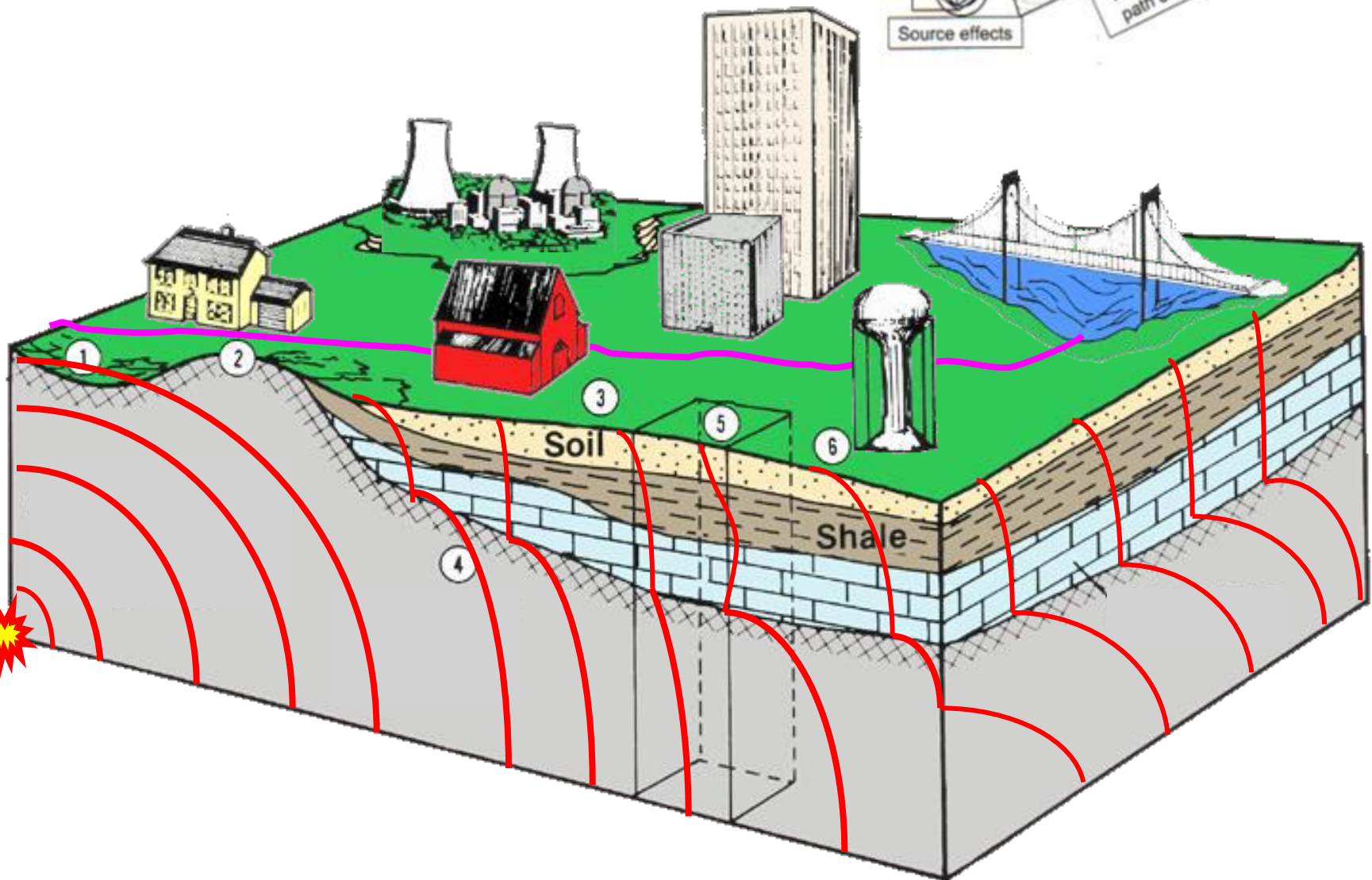
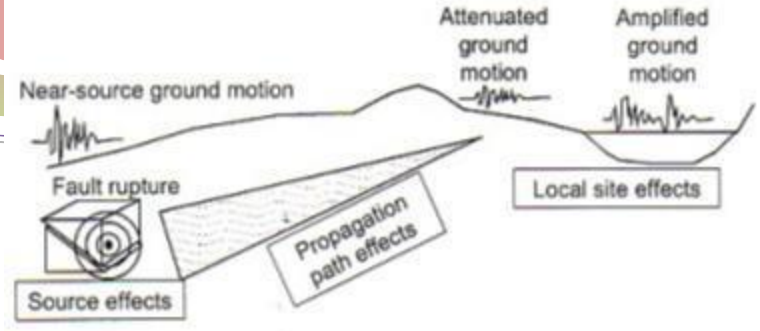
# مقایسه همبستگی مکانی (بین جنبش ایستگاه ها) با مدلهای سایر نقاط جهان



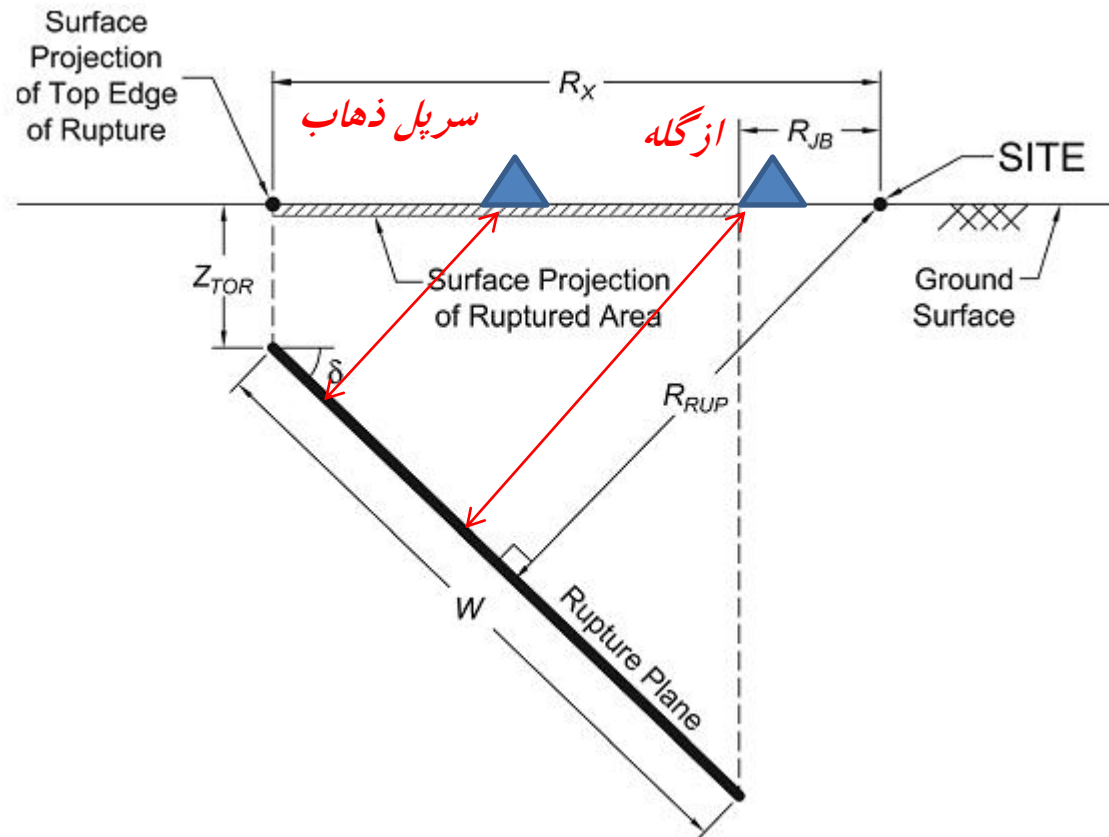
# توجیه الگوی مکانی توزیع شتاب

- اثر چشمه: جهت پذیری (توجیه الگوی شتاب در منطقه)
- اثر مسیر: فاصله از منبع آزاد شدن انرژی (صفحه گسل)، (توجیه الگوی شتاب در منطقه)
- اثر ساختگاه: بزرگنمایی رسوبات، یا اثرات احتمالی دره ها و توپوگرافی (توجیه الگوی شتاب در مقیاس محلی)

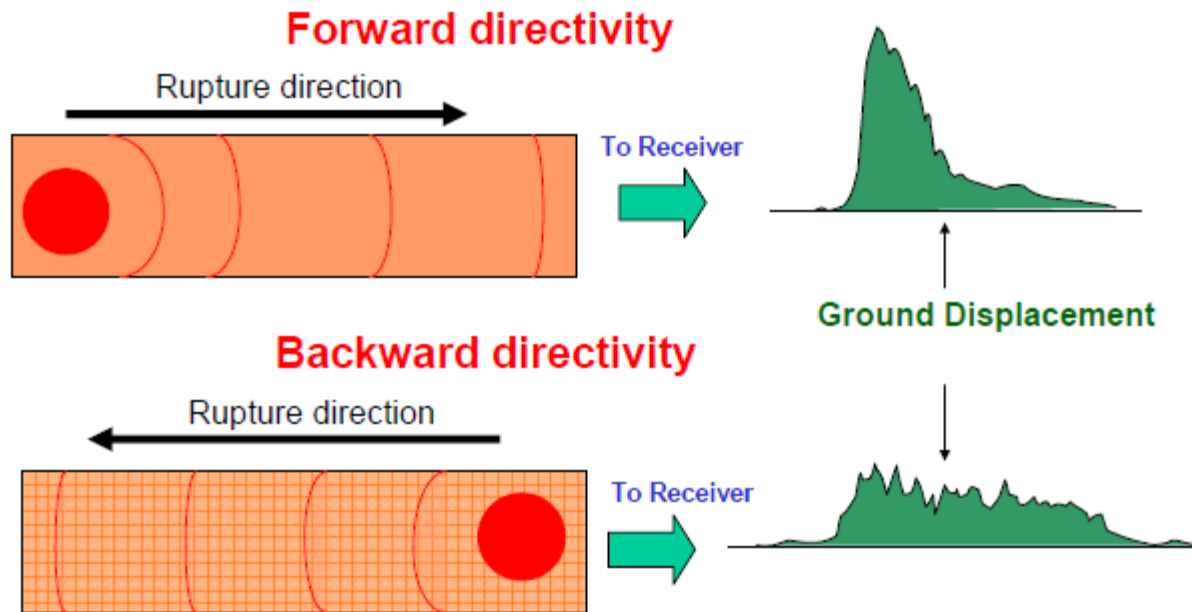




# فاصله از گسل، عاملی مهم در توزیع خرابی، اما نه همه آن



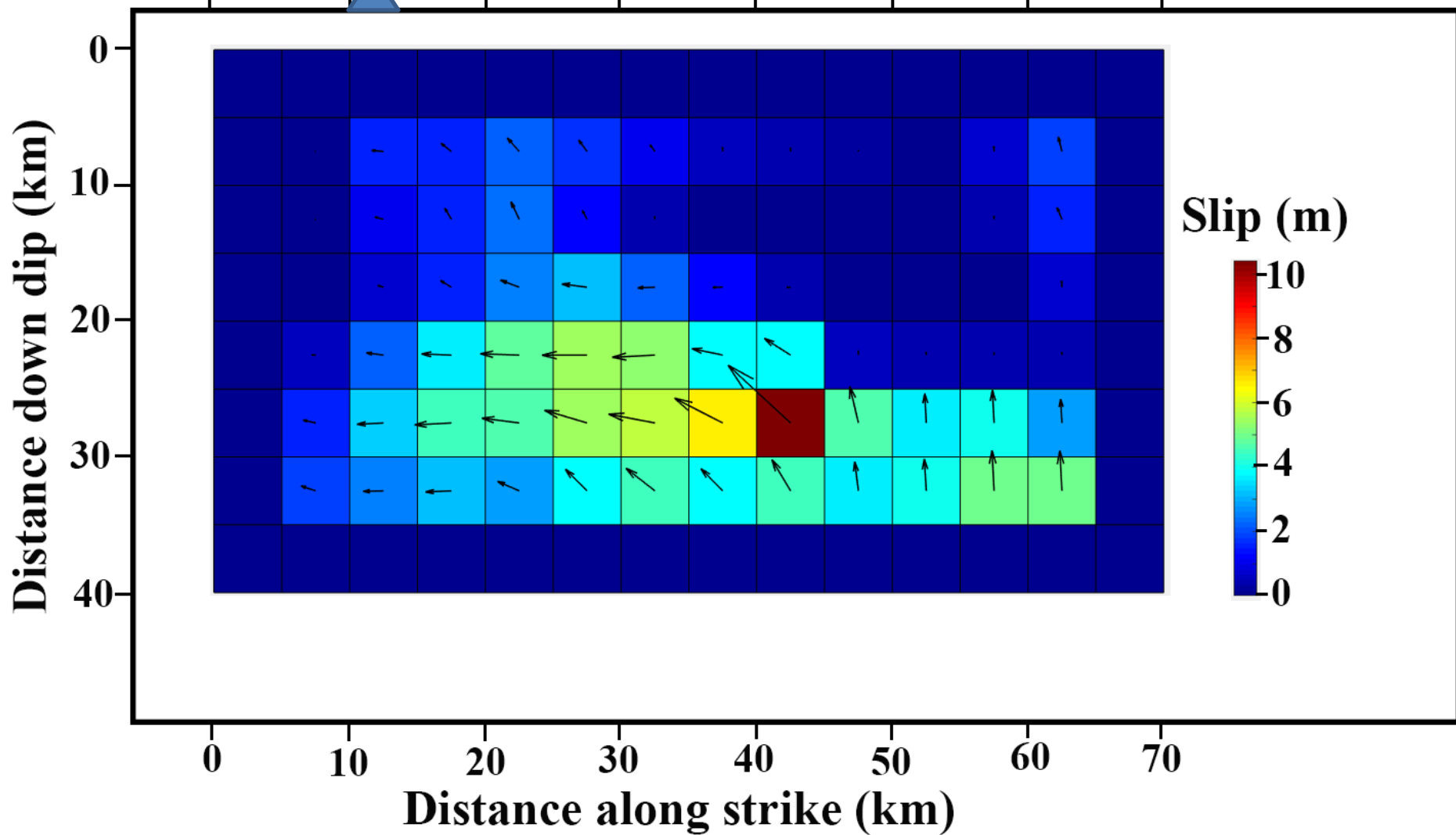
# پدیده جهت پذیری



The areas under the far-field displacement pulses are equal, but the amplitudes and durations differ. This has major effects on the ground velocity and acceleration.

# جهت پذیری مهمتر از فاصله تا گسل، تمرکز خرابی در سرپل ذهاب

سرپل ذهاب

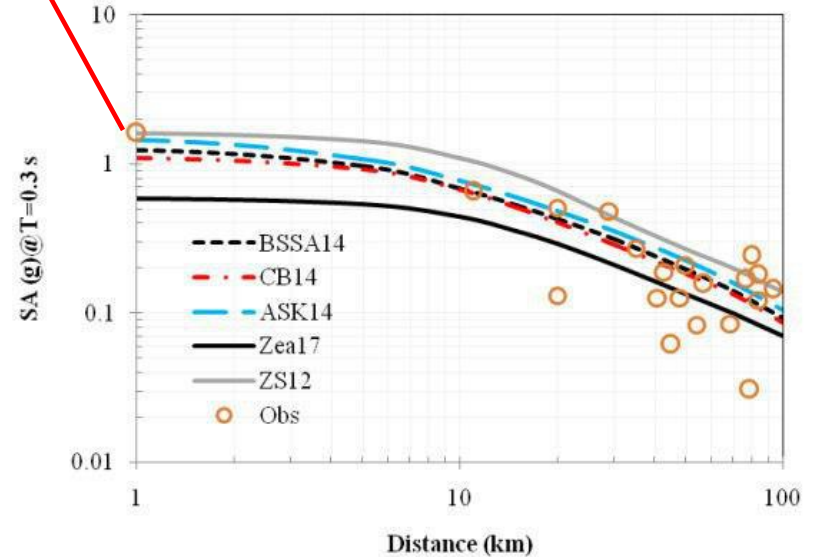
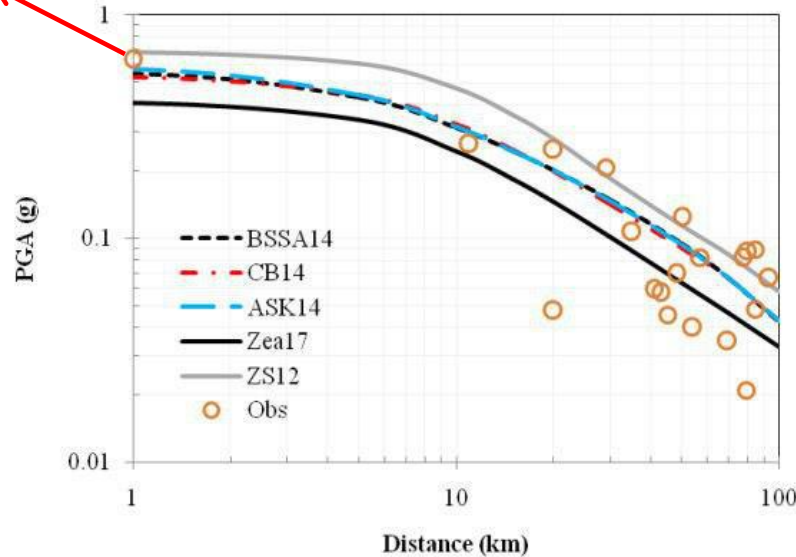




# مقایسه سطح جنبش با روابط کاهندگی

سرپیل ذهاب

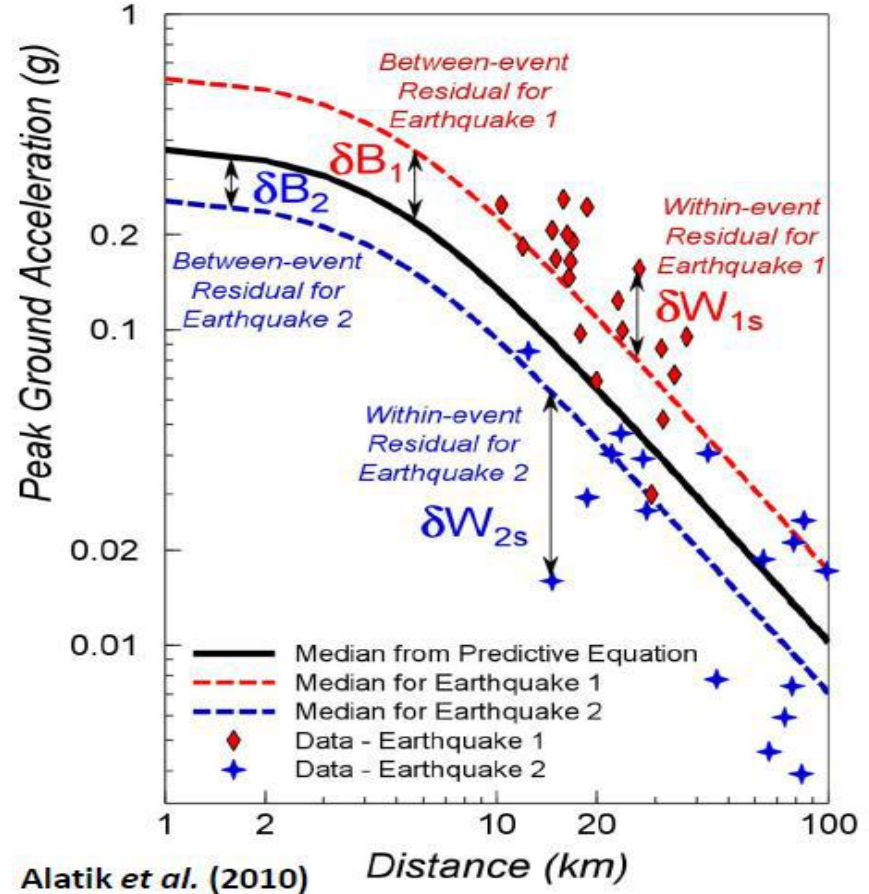
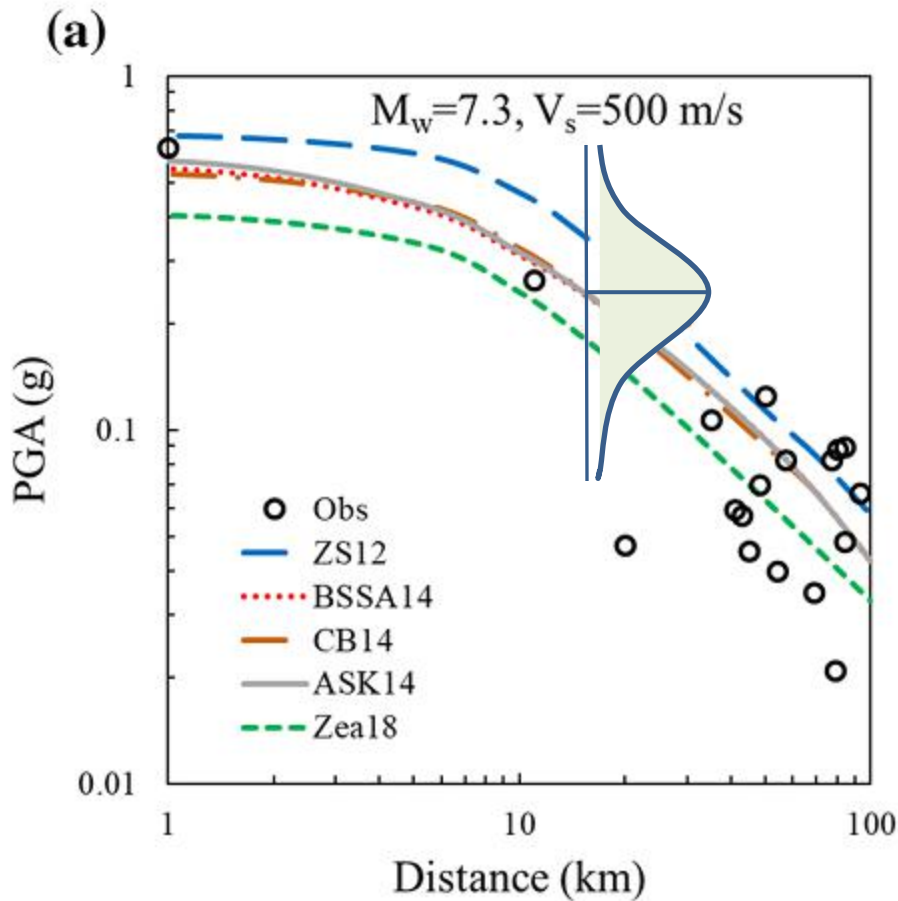
سرپیل ذهاب



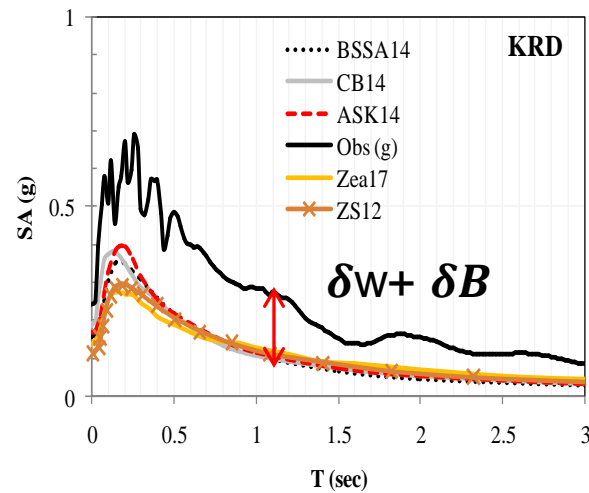
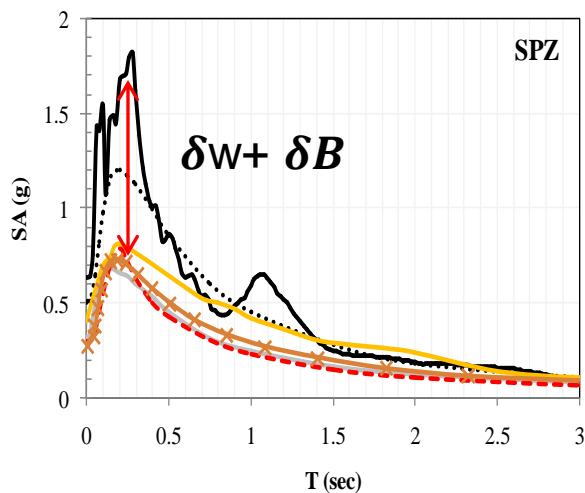
# علت تفاوت سطح جنبش با روابط کاهشندگی

خطای درون رخدادی ( $\delta W_{ij}$ )

و بین رخدادی ( $\delta B_j$ )،



# مقایسه طیف شتاب در سرپیل ذهاب و کرد، با روابط کاهندگی

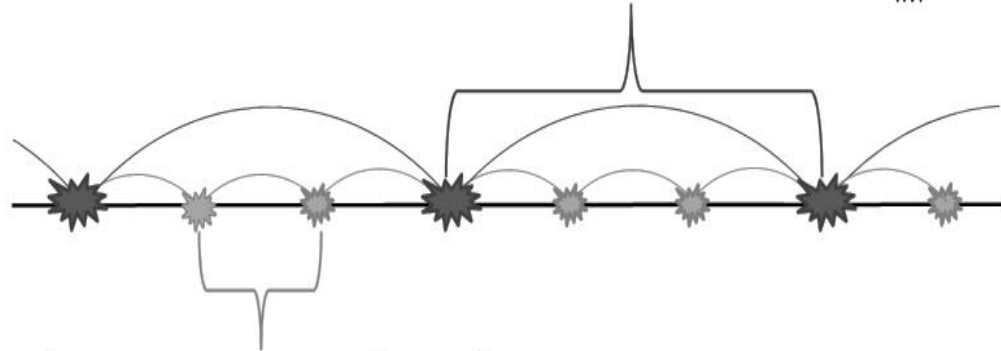


# برخی زلزله های بزرگ با شتاب بیش از شتاب طرح آیین نامه

تلفات	شتاب حداکثر مشاهده شده	شتاب طرح سنگ بستر آیین نامه در زمان زلزله	آخرین بر آورد شتاب طبق مقالات معتبر		بزرگا	تاریخ	نام زلزله
			2475	475			
26271	0.76g	0.3	0.55g-0.65g	0.38-0.4g	6.6	2003	بم (ایران)
6434	0.69g	0.32	---	---	6.9	1995	کوبه (ژاپن)
87587	0.5-0.9g	0.16g	0.47g	0.24g	8.0	2008	ونچوان (چین)
308	0.66g	0.25~0.27	0.45-0.50g	0.25~0.27g	6.3	2009	لاکویلا (ایتالیا)
185	>1.0g	0.22	0.50g	0.31g	7.1, 6.3, 6.2	2010-2011	کرایسچرچ (نیوزلند)
27	0.3g	0.15~0.17	0.27-0.30g	0.15~0.17g	6.0	2012	ایملیا (ایتالیا)
~500	0.68	0.3	0.55g-0.65g	0.38-0.4g	7.4	2017	سرپل ذهاب (ایران)

# تفاوت دوره بازگشت زلزله و دوره بازگشت شتاب

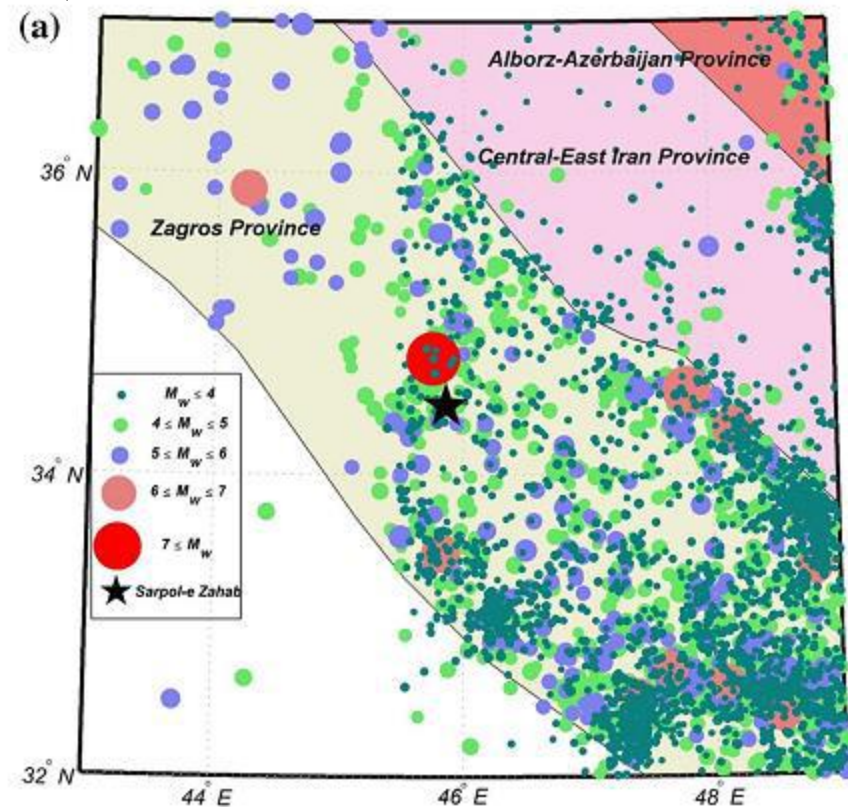
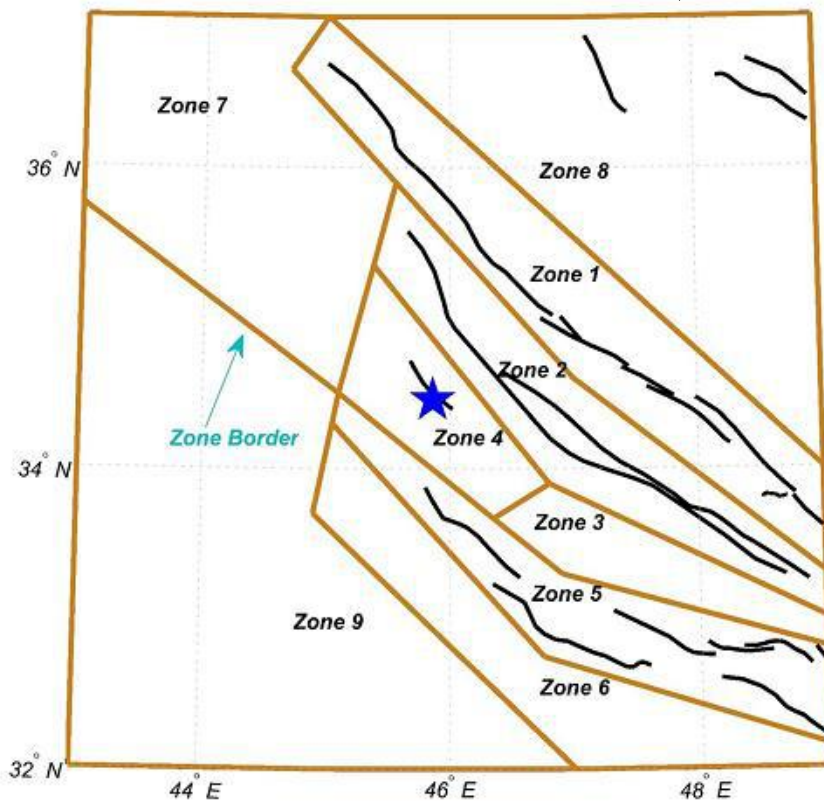
Return period of events causing exceedance  
of an IM-level at the site:  $T_r = 1/\lambda_{IM}$



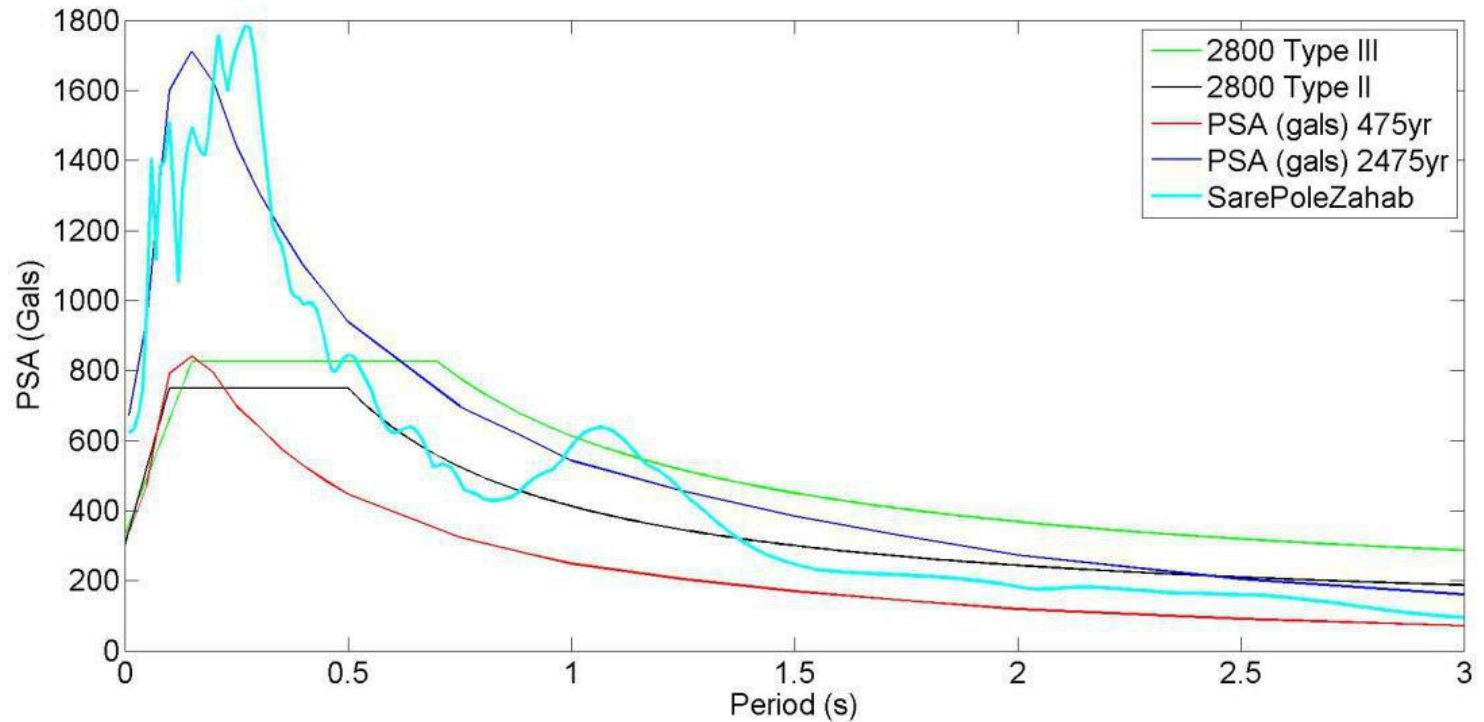
Average recurrence time of  
events on the source:  $T_r = 1/\nu$



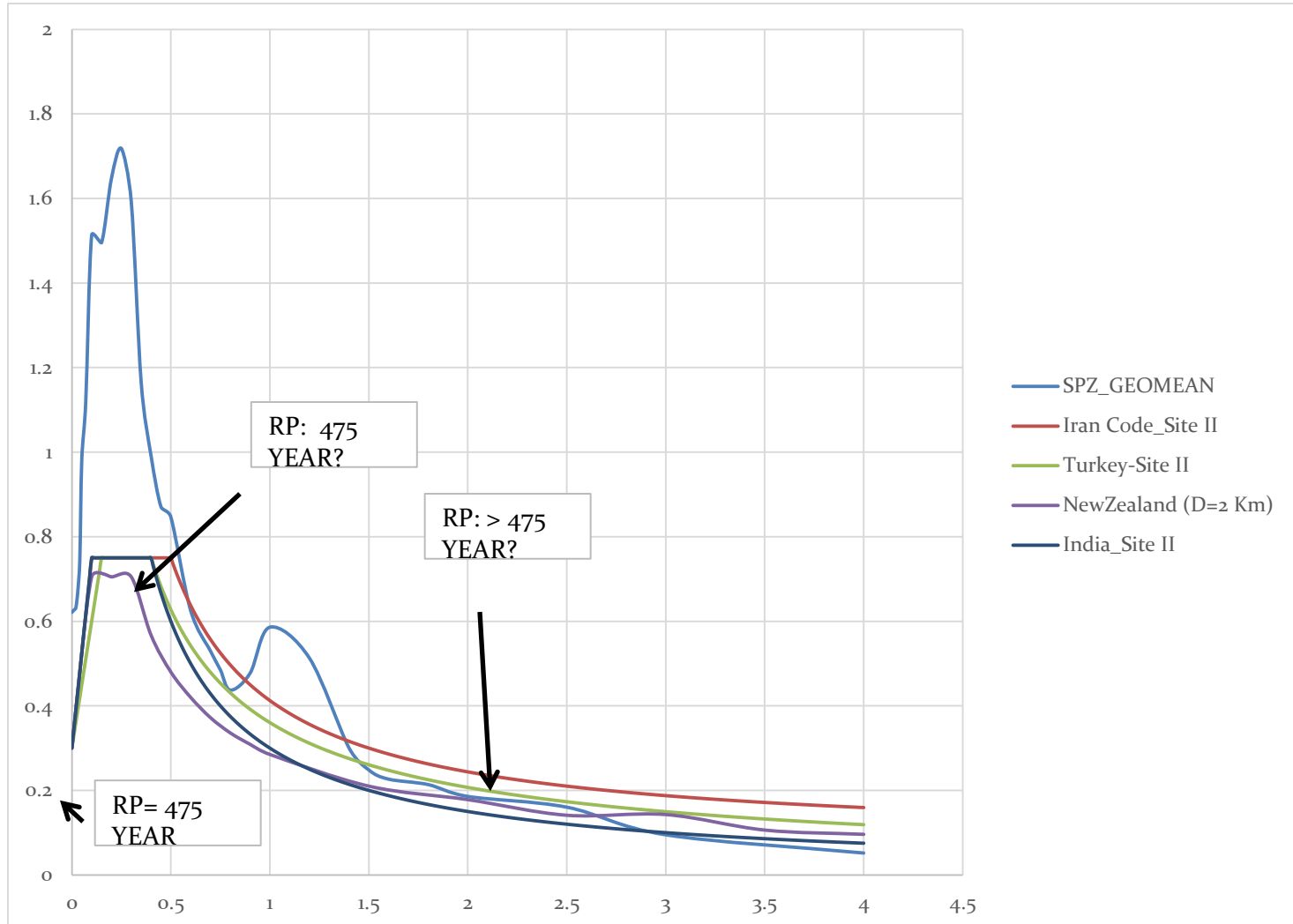
# برآورد احتمالاتی خطر زلزله در سرپل ذهاب (PSHA)



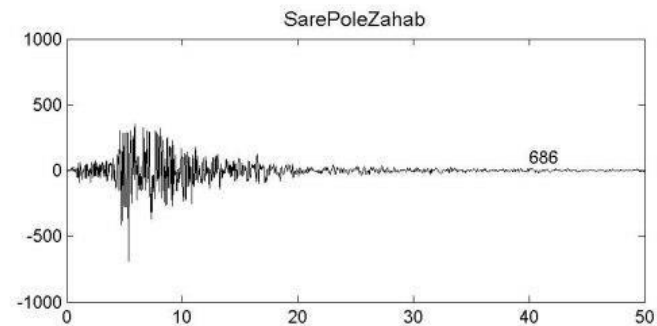
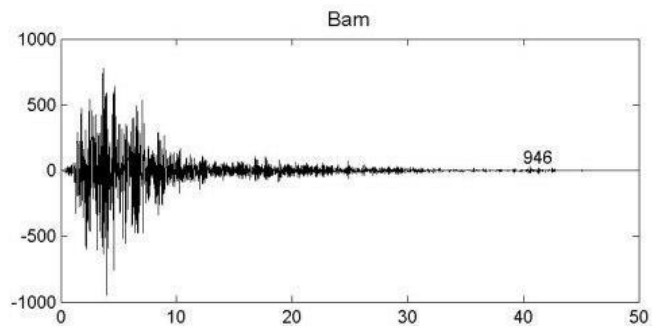
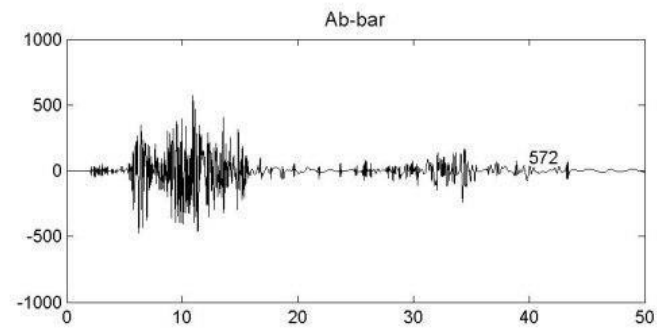
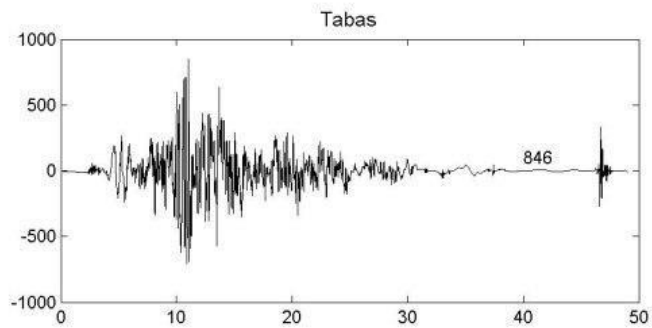
# برآورد احتمالاتی خطر زلزله در سرپل ذهاب (PSHA)



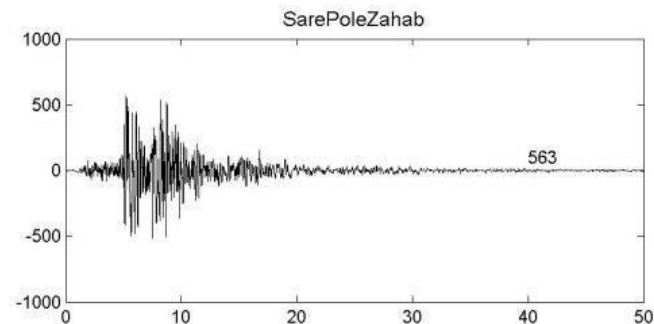
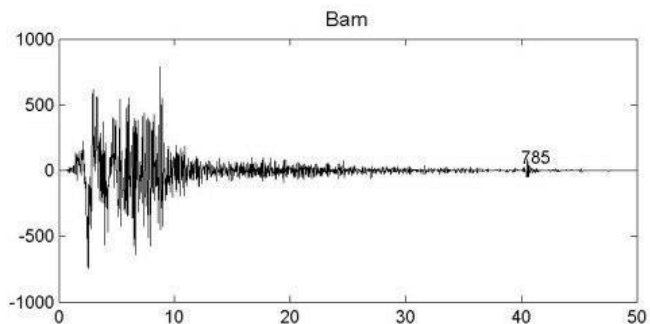
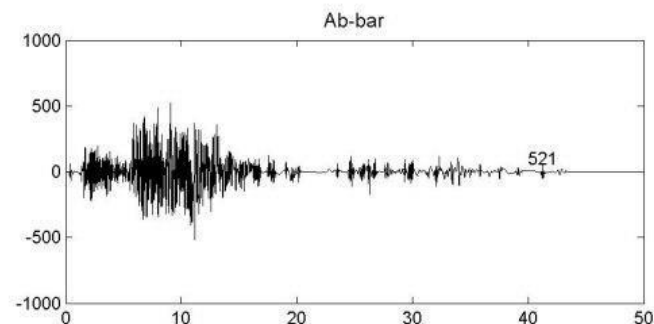
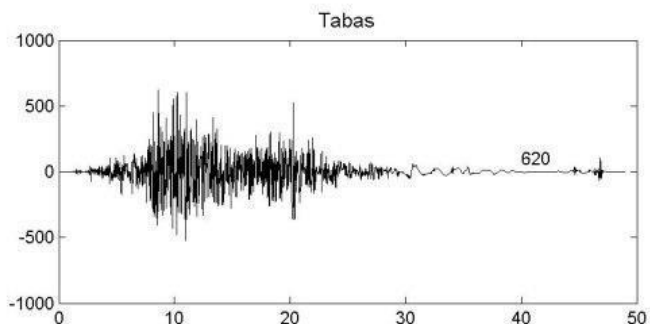
# مقایسه با طیف آیین نامه، بعد از هر زمین لرزه



# مقایسه چهار شتابنگاشت ثبت شده از چهار زلزله مهم ایران (طولی)

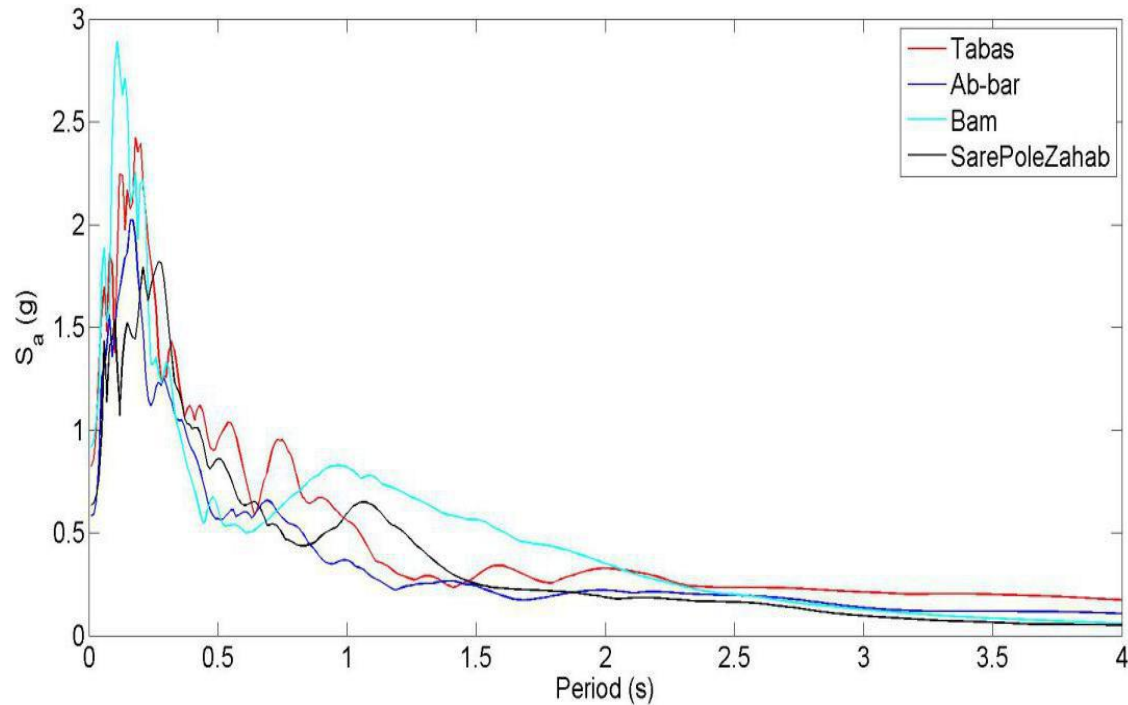


# مقایسه چهار شتابنگاشت ثبت شده از چهار زلزله مهم ایران (عرضی)





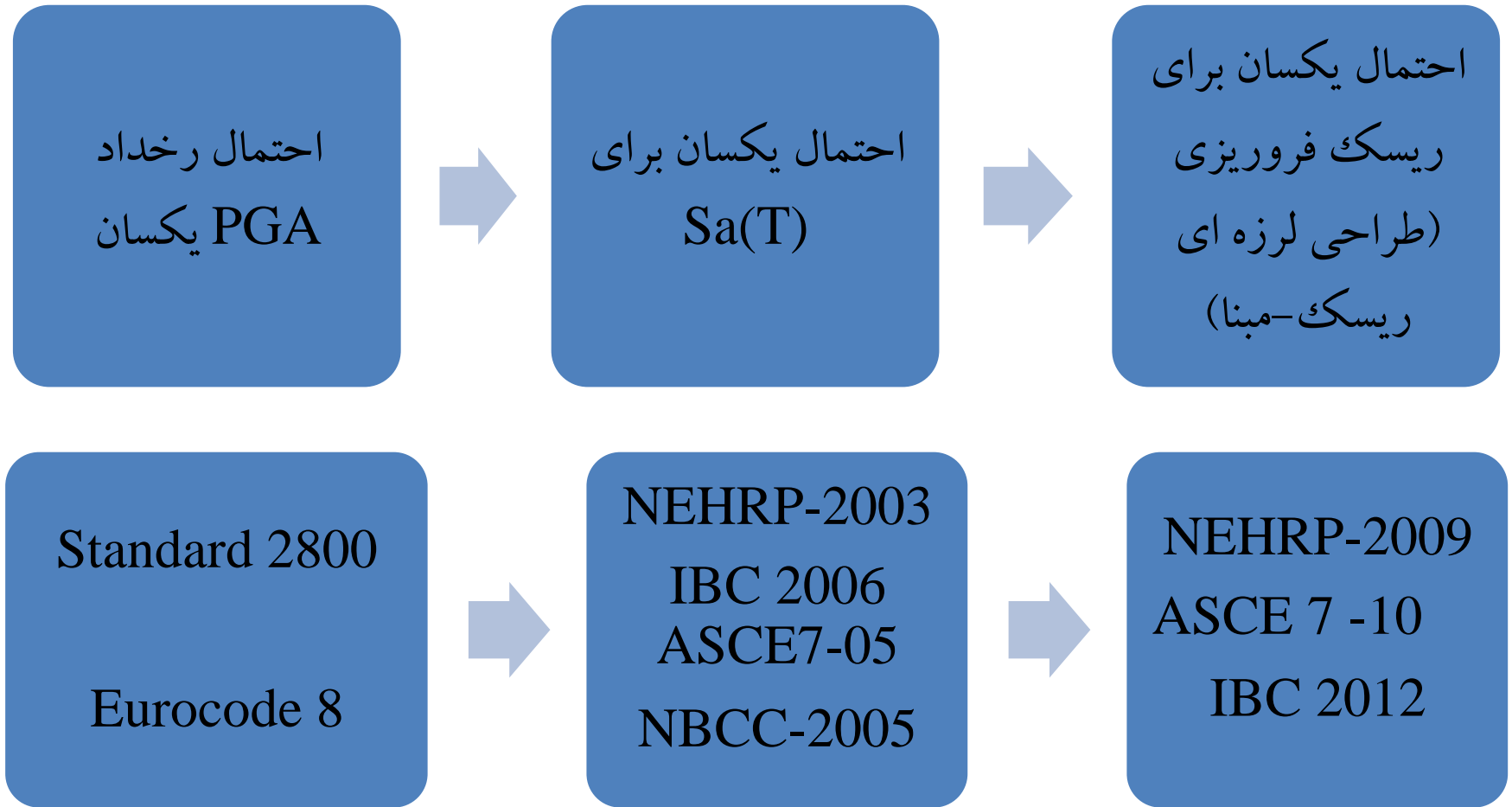
# میانگین طیف (دو مولفه افقی) این چهار شتابنگاشت



# مقایسه زمان جنبش این چهار شتابنگاشت

سر پل ذهاب			بم			آب بر			طیس			
قائم	افقی ۲	افقی ۱	قائم	افقی ۲	افقی ۱	قائم	افقی ۲	افقی ۱	قائم	افقی ۲	افقی ۱	
۱۳.۲	۱۱.۲	۱۲.۸	۱۳.۷	۸.۷	۱۱.۹	۳۱.۷	۲۷.۸	۲۳.۹	۲۰.۱	۱۸.۶	۱۸.۷	Uniform Duration
۲۹.۵	۲۴.۷	۲۹.۰	۴۰.۱	۲۳.۸	۳۹.۲	۴۵.۹	۵۱.۸	۵۲.۱	۴۵.۳	۴۵.۵	۴۴.۷	Bracketed Duration
۱۰.۵	۱۰.۹	۹.۸	۹.۷	۷.۵	۸.۰	۳۰.۶	۲۹.۵	۲۹.۷	۱۸.۶	۱۴.۸	۱۸.۹	Significant Duration
۱۰.۷	۱۱.۰	۹.۸	۹.۹	۷.۵	۸.۰	۳۰.۶	۲۹.۵	۲۹.۵	۱۸.۶	۱۴.۸	۱۹.۱	Effective Duration

# تفاوت نسل اول، دوم و سوم آیین نامه های لرزه ای



احتمال رخداد  
PGA یکسان



احتمال یکسان برای  
Sa(T)



احتمال یکسان برای  
ریسک فروریزی  
(طراحی لرزه ای  
ریسک-مبنا)

Standard 2800

Eurocode 8



NEHRP-2003  
IBC 2006  
ASCE7-05  
NBCC-2005



NEHRP-2009  
ASCE 7-10  
IBC 2012

# با سپاس

