

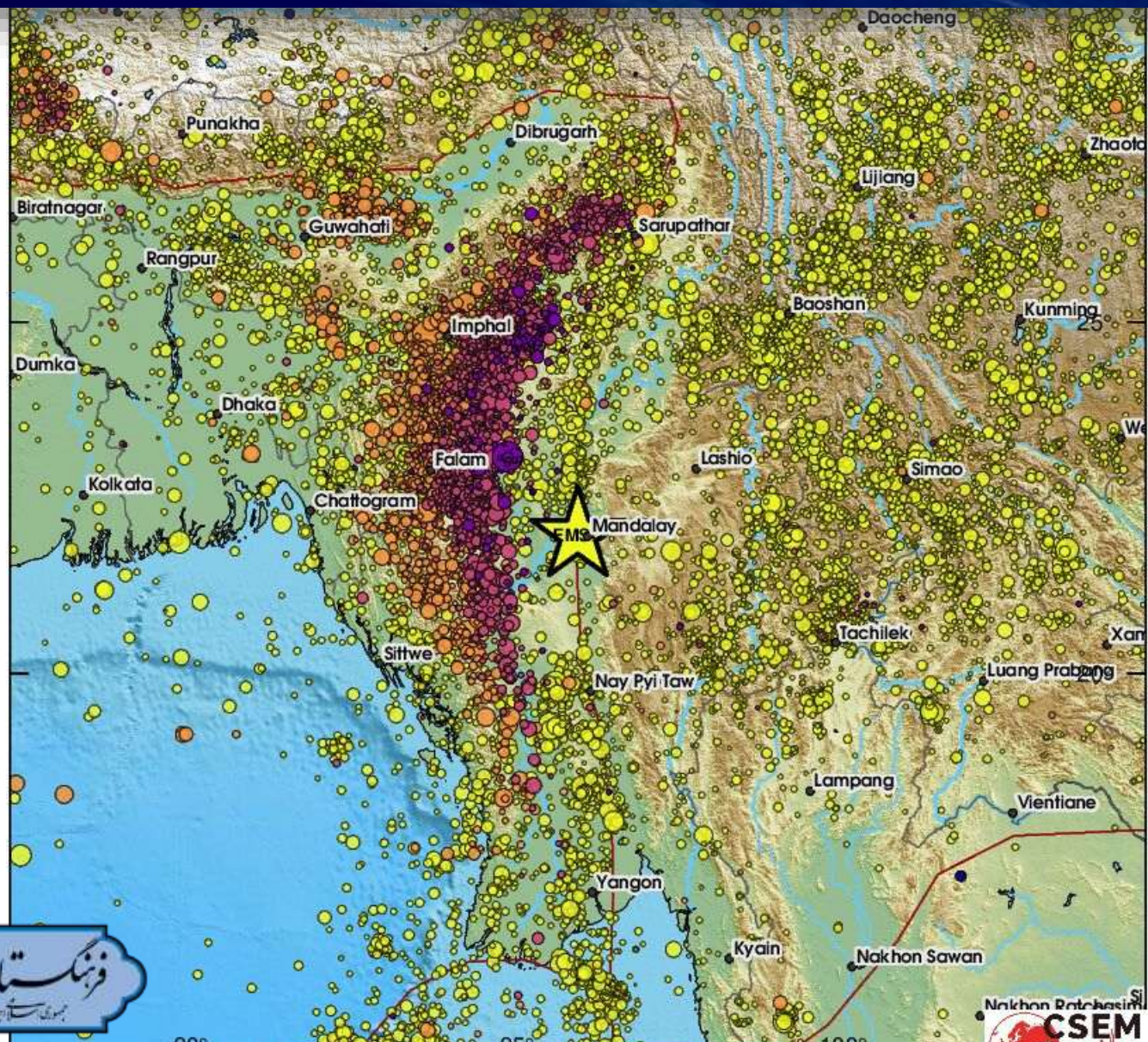


Sagaing Myanmar Earthquake, 28 March 2025, Mw7.7 An Introduction



Mehdi ZARE
IEES, Tehran, IRAN

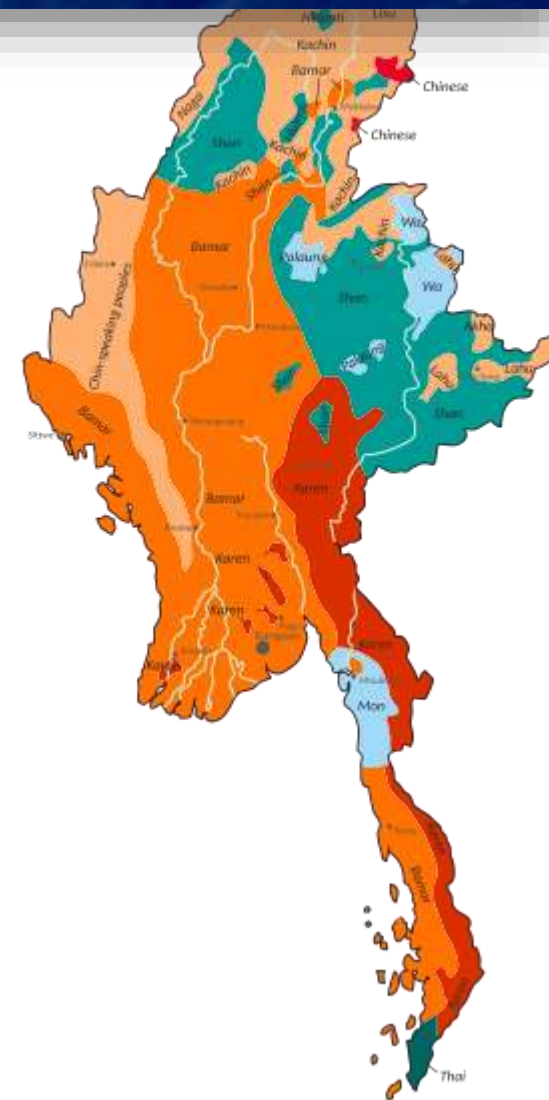






Myanmar, Republic of the Union of Myanmar (by 1989: Burma)

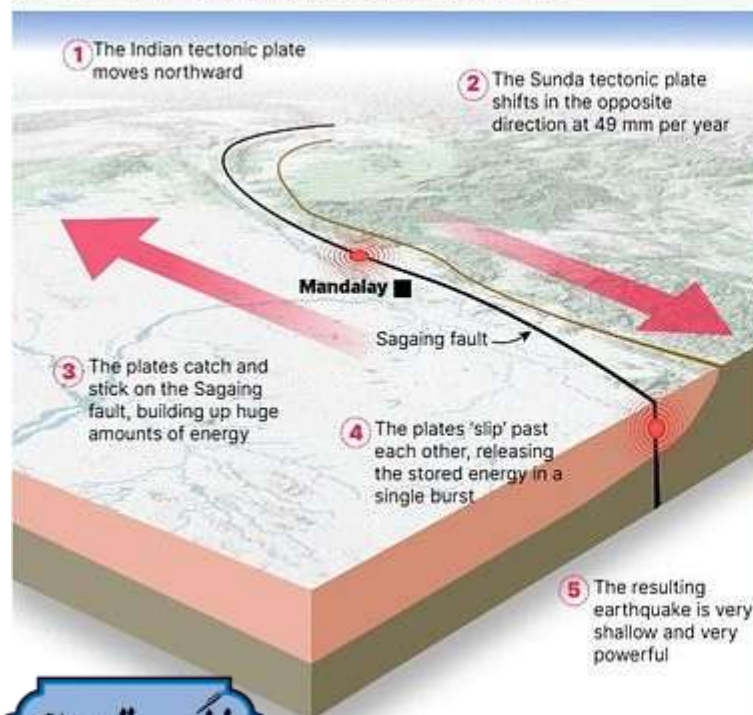
- Area 676,579 km²
- Population : 2022 estimate: 55,770,232
- GDP (nominal) 2024 estimate: \$68.006 billion





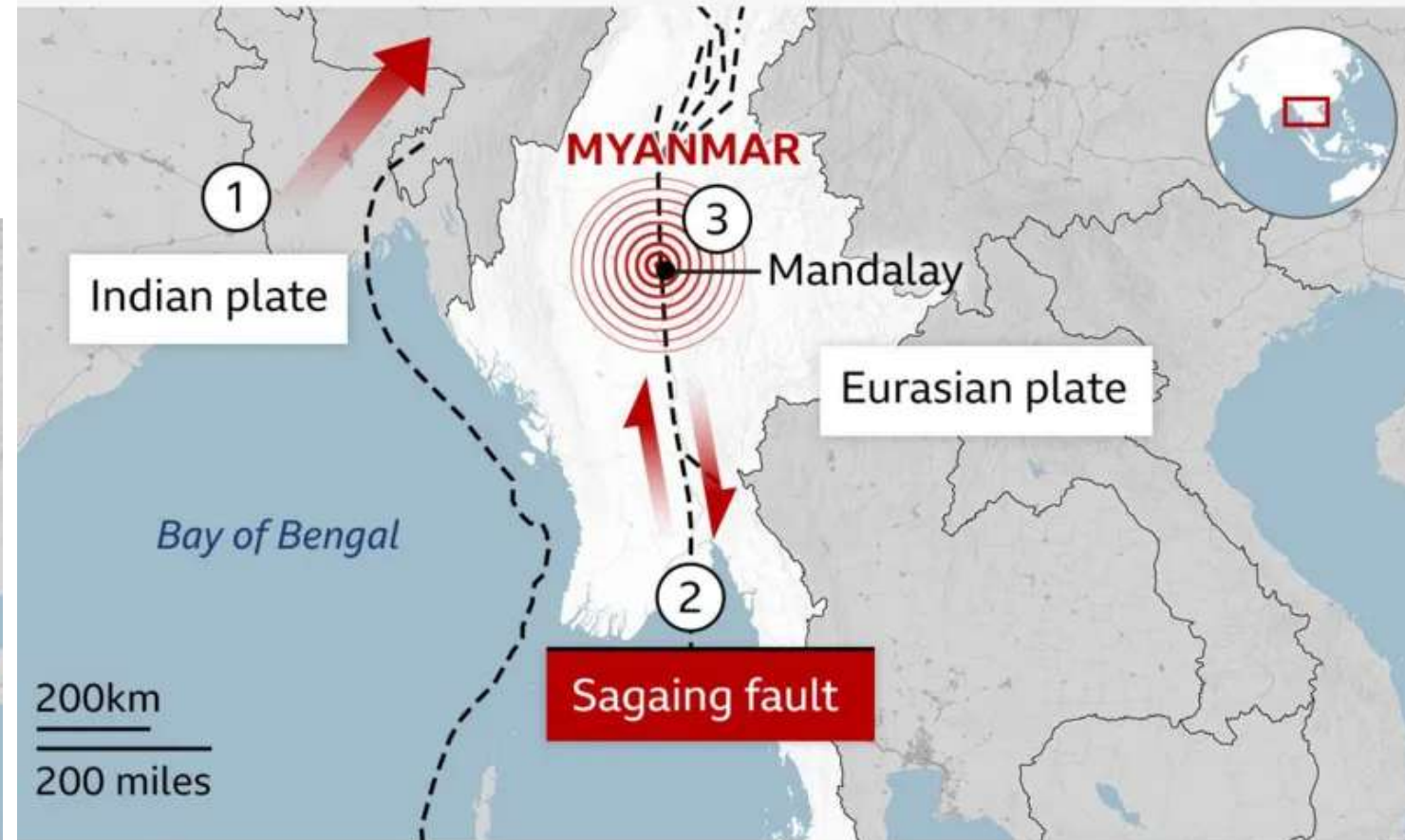
- Mw 7.7 magnitude earthquake struck central Myanmar on March 28, 2025 near Mandalay followed by a 6.4 magnitude aftershock within 11 minutes.
- ~20 km from Mandalay near Sagaing Fault one of Southeast Asia most active strike-slip faults.

HOW THE MYANMAR EARTHQUAKE HAPPENED





Myanmar sits on a tectonic fault line



- 1 The Indian plate collides with the Eurasian plate
- 2 Friction builds up along the Sagaing fault
- 3 The fault slips along a 200km section, which releases energy felt as an earthquake

Death: 5,390

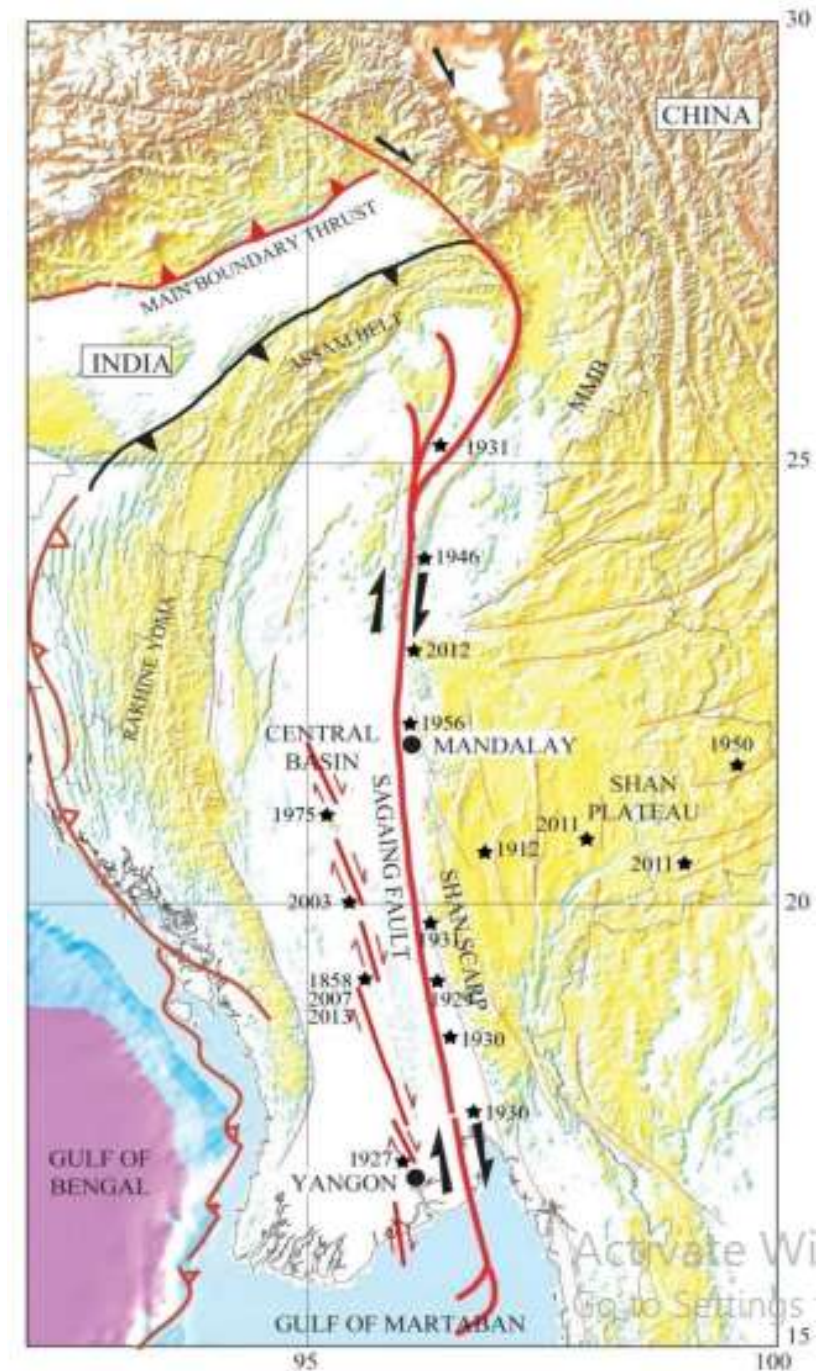
Injured: 7,860

missing: 590



Journal of Geophysical Research: Solid Earth

- Sagaing Fault : the northern and southern sections.
- The last recorded earthquake was in **1929** with a magnitude smaller than 7.0. The 220 km (140 mi) long Meiktila segment extends between Mandalay and Naypyidaw and is characterised as a linear feature.
- This segment has not experienced any major earthquakes, although it possibly ruptured during the **1839** Ava earthquake.



Sagaing Fault Segments

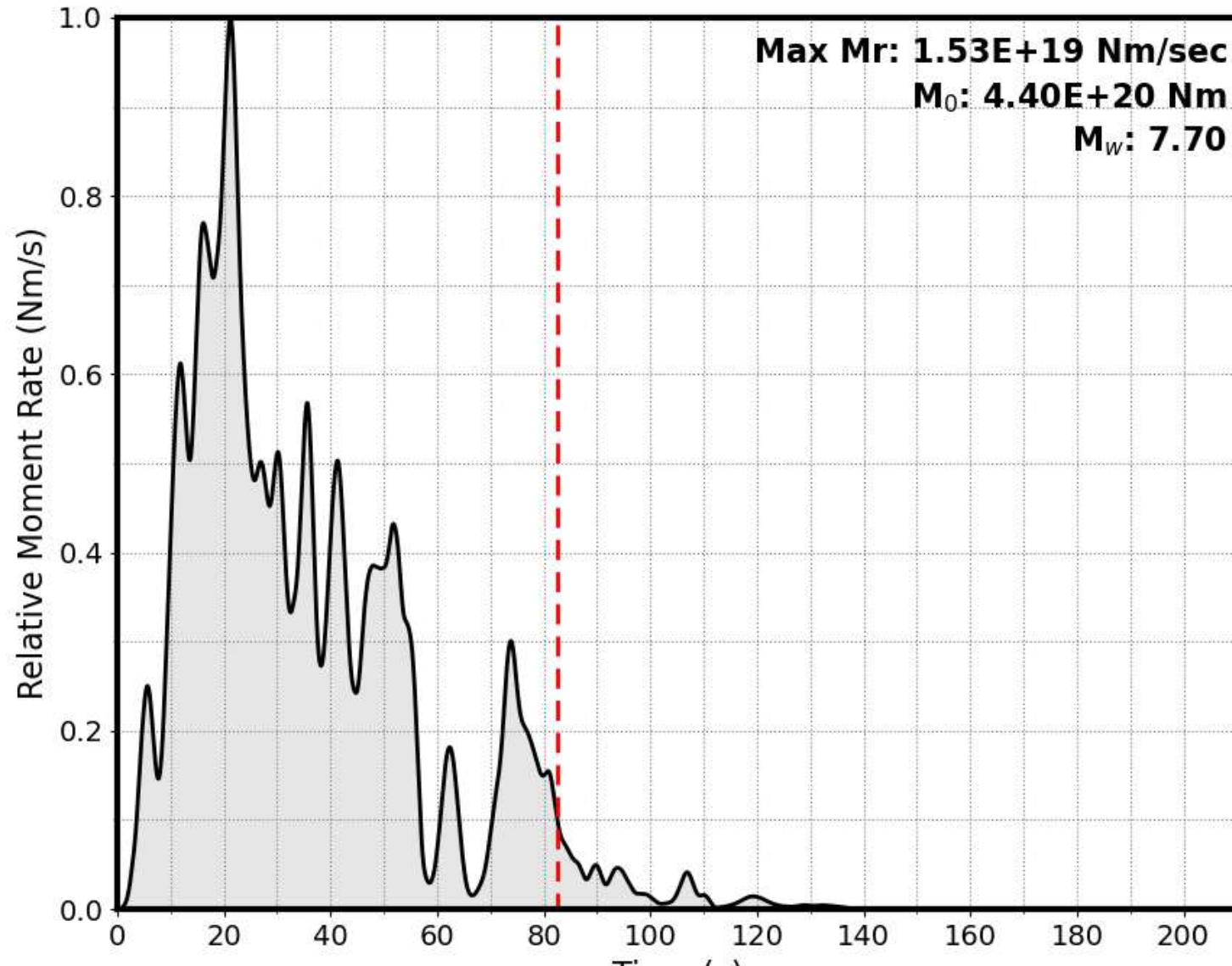
- the earthquake **rupture extended more than 460 by 20 km** from in Mandalay to Kyauktaga in Bago. From the epicenter the rupture propagated more than 75 km to the north.
-
- The last earthquakes with magnitudes greater than 7 occurred in **1930, 1946 and 1956** along this fault, whose approximate latitudinal extent is shown with green lozenges in A (Hurukawa & Maung Maung, 2011).
- **Seismic gap is located between the 1929 (Naypyidaw segment) and 1956 (southern Sagaing segment) ruptures.**

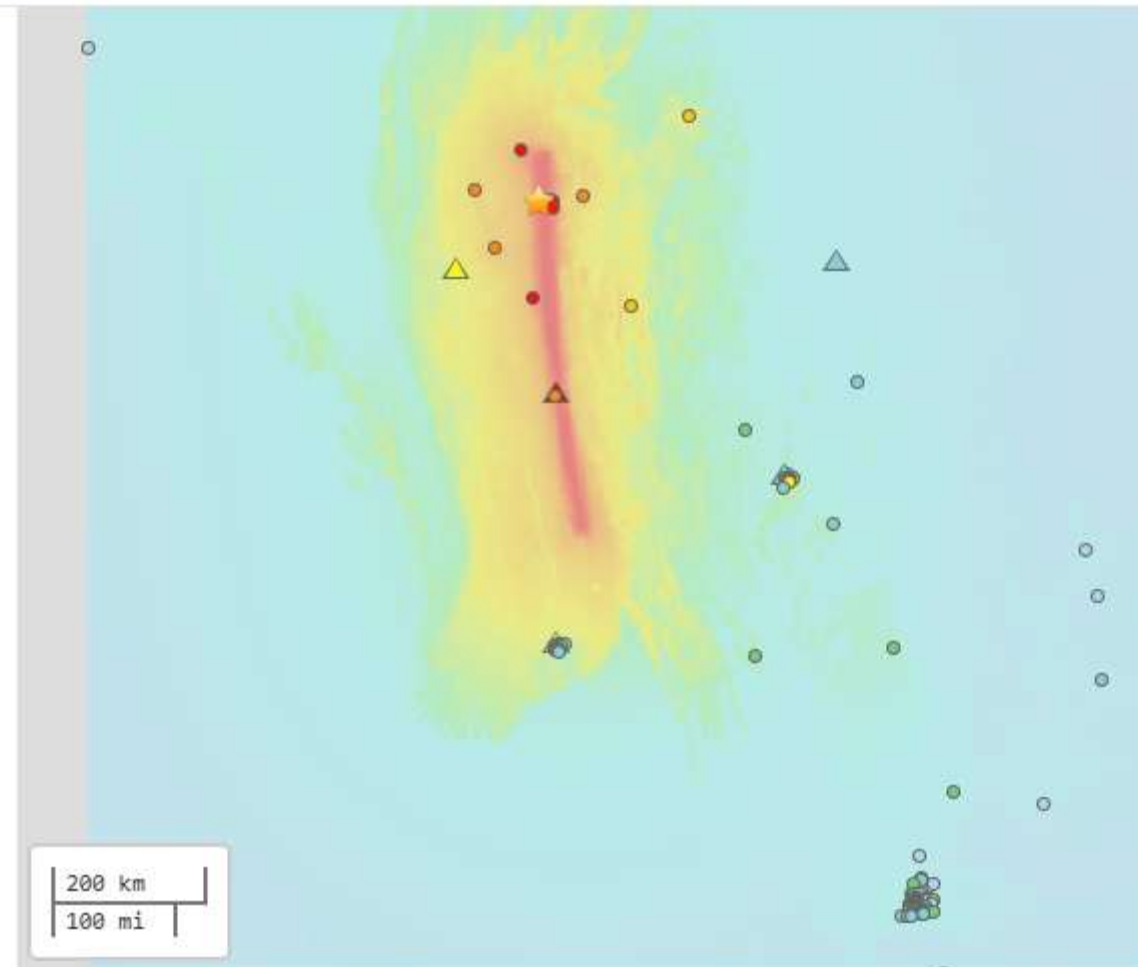
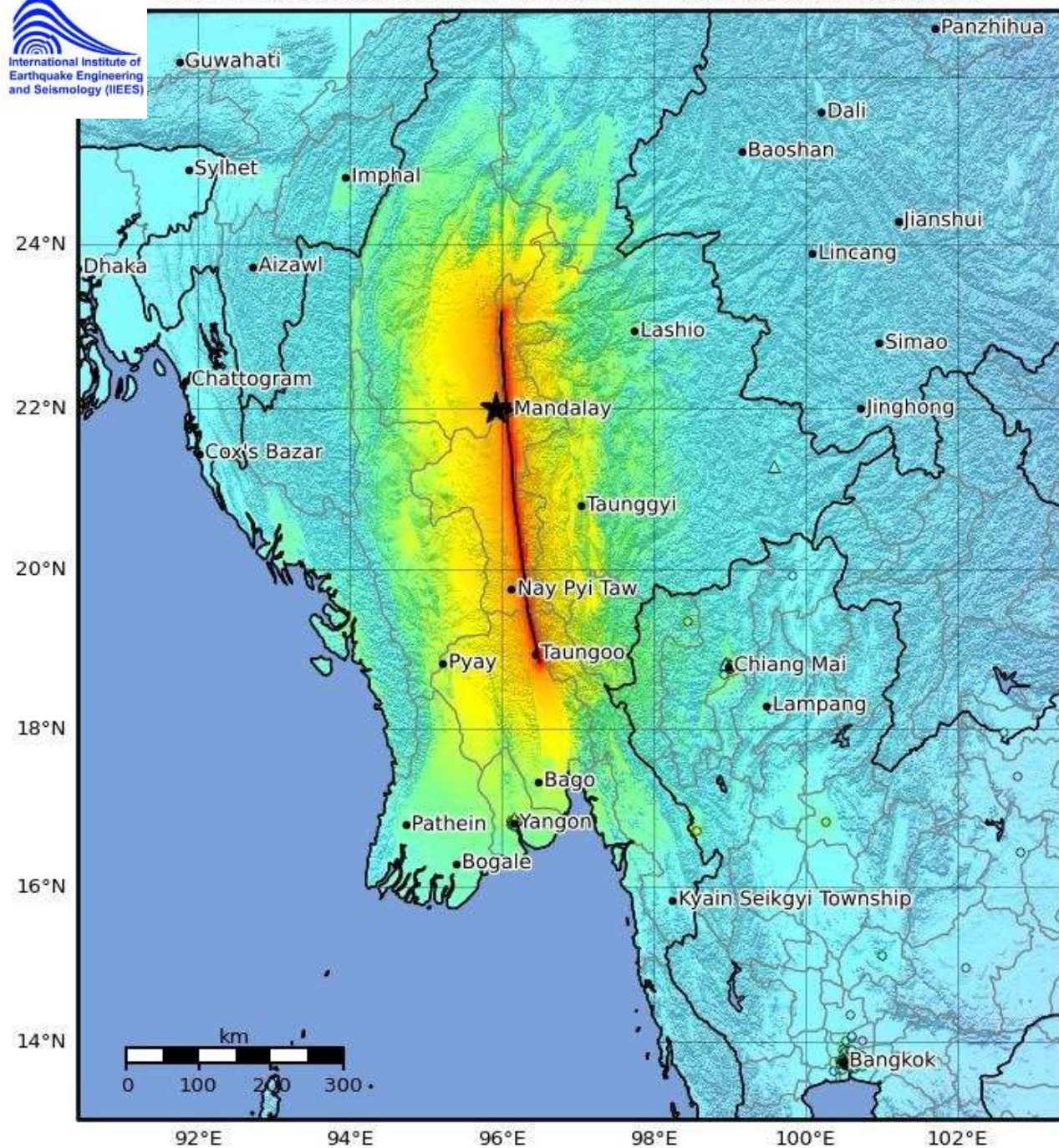


Rupture Duration 80sec

<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us7000pn9s/finite-fault>

- The length of the surface rupture from satellite data was 500 km , slip of 3-5 m .
- A study of satellite data at the Geospatial Information Authority of Japan revealed that up to **6 m** of horizontal displacement occurred along the fault.





SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Ext
DAMAGE	None	None	None	Very light	Light	Moderate	Moderate/heavy	Heavy	Very
PGA(%g)	<0.0464	0.297	2.76	6.2	11.5	21.5	40.1	74.7	>
PGV(cm/s)	<0.0215	0.135	1.41	4.65	9.64	20	41.4	85.8	>
INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X

Scale based on Worden et al. (2012)

Version 20: Processed 2025-04-09T06:00:00Z

△ Seismic Instrument ○ Reported Intensity

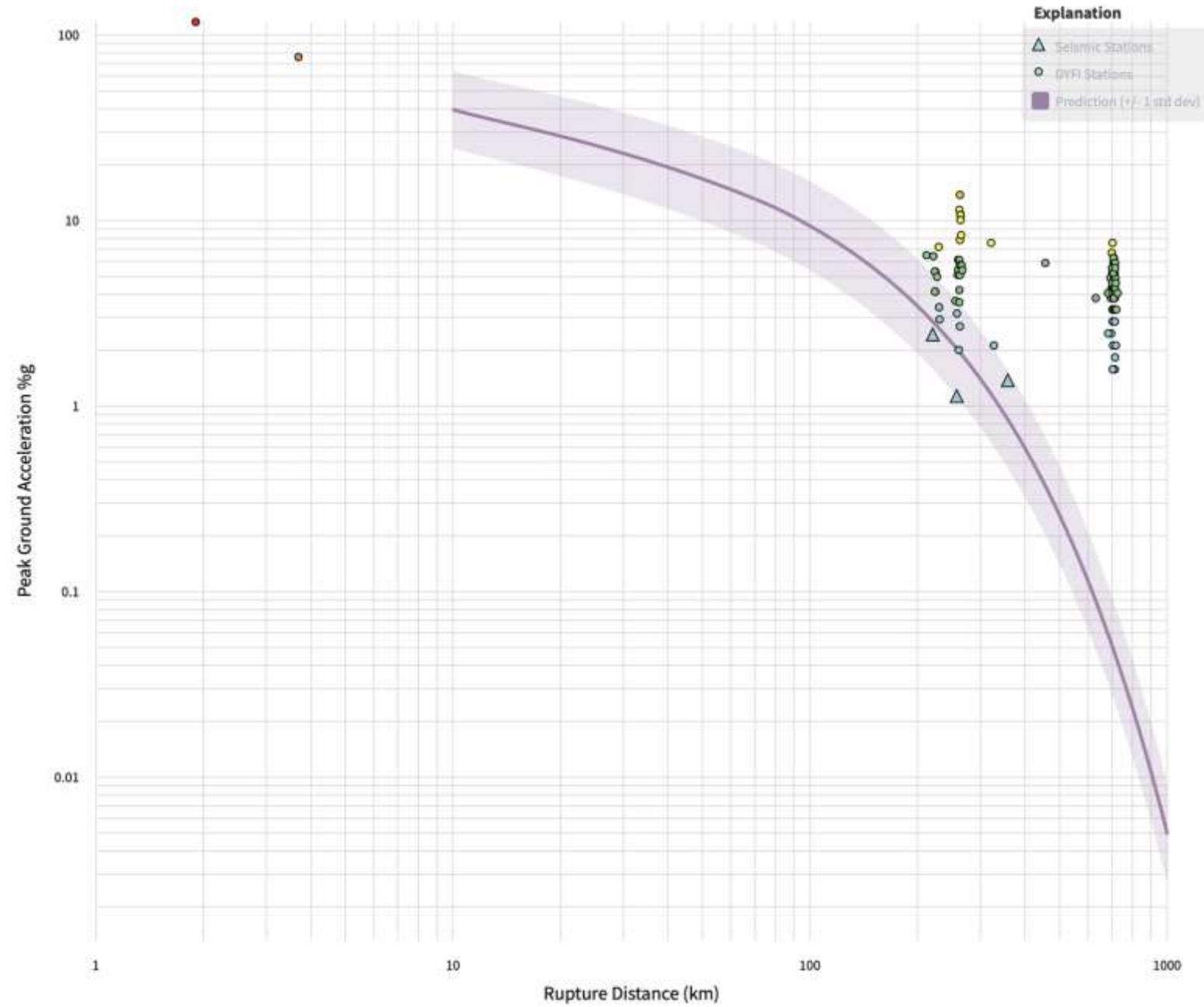
★ Epicenter □ Rupture

28 March 2025, Mw7.7 Sagaing Earthquake

- Central Myanmar at a shallow depth of 10 kilometers, approximately 14.2 km NNW of Sagaing.
- The quake occurred along the active right-lateral strike-slip Sagaing Fault, located between the converging Indian and Sunda plates.
- The quake generated violent ground motions across Myanmar, triggering catastrophic structural failures over 1,029 km away in Bangkok's Chatuchak District.



Predictions and Observations



- USGS models estimate a potential toll exceeding 10,000-100,000, awaiting confirmation (USGS 2025).
- Thailand: Bangkok reports skyscraper collapse: **The 33-story tower collapse** reported MMI V and amplified PGA (0.1-0.2%g), higher than predicted.
- Mandalay: Multi-story URM and RC collapses align with MMI VIII-IX and PGV > 100 cm/s.
- Nay Pyi Taw: **Liquefaction and road buckling** reported, consistent with MMI VI-VII.

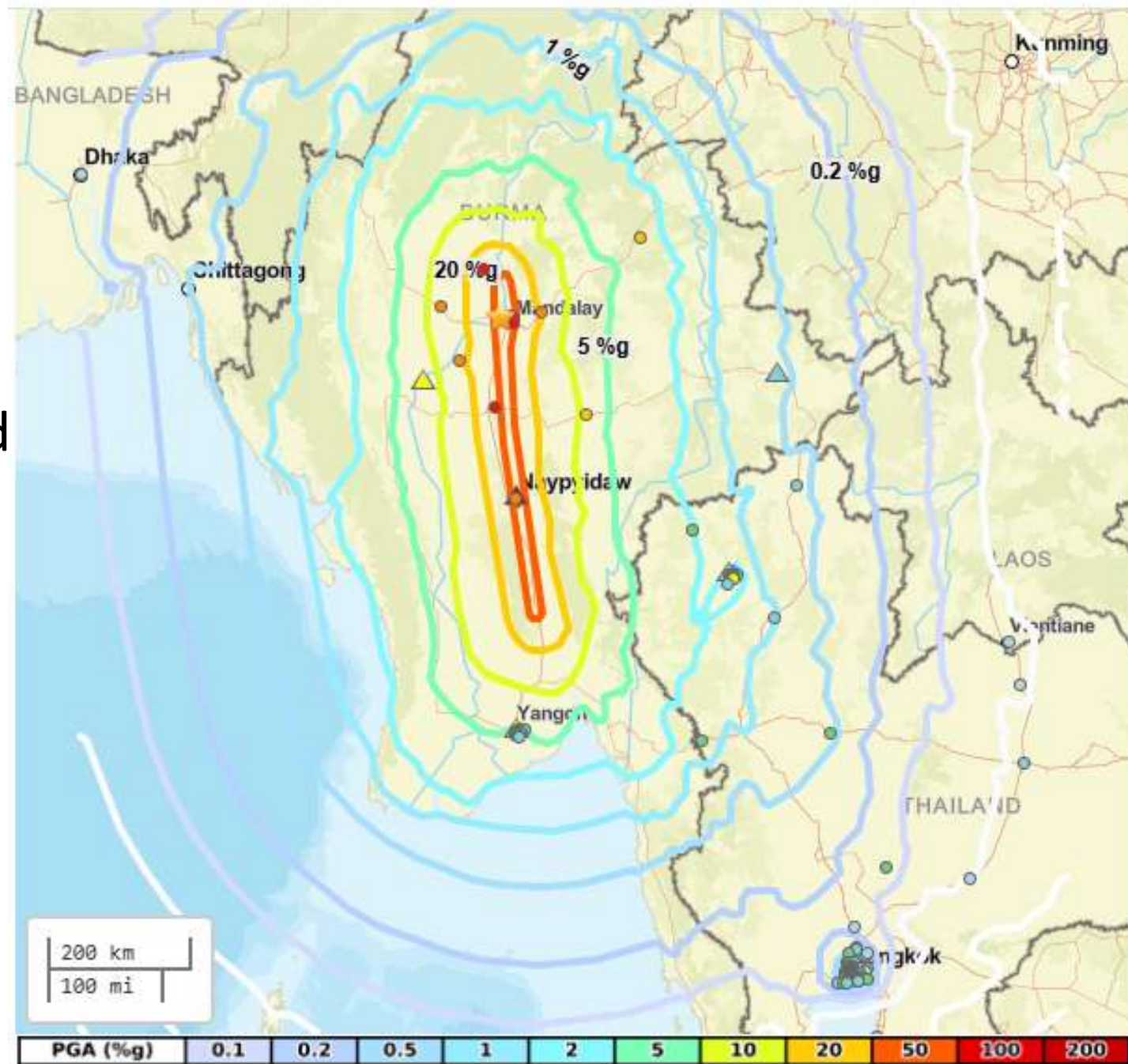
- Bangkok (~1,000 km away).
- In Bangkok 33-storey under-construction building collapsed; seismic waves also triggered swimming pool oscillations



Bangkok Tower: Notice the shearing off of the columns

PGA: 0.62g

- A USGS seismic installation at Naypyidaw (Capital) recorded **0.62 g** in ground acceleration (pga)
- 161.42 cm/s (63.55 in/s) in ground velocity
- the station data corresponded to a Modified Mercalli intensity of X (Extreme).



The skyscraper collapse :

- Low-Frequency Energy: PGV of 1-2 cm/s in Bangkok caused long-period resonance in tall structures (USGS 2025).
- Site Amplification: The Chao Phraya Basin amplified PGA to 0.1-0.2%g, exceeding predictions (0.01-0.1%g) as shown in the Prediction and Observations chart (USGS 2025).
- Construction Phase Vulnerability: The tower lacked full shear walls, with temporary supports inadequate for dynamic loads.
- Geologic Pathway: Efficient wave propagation sustained MMI V-VI, as per the intensity map.
- Substandard Materials: Early testing revealed some samples of substandard steel. More testing is required.

- The event with significant long-period ‘energy’
- Long-period wave with their long wave-lengths
 - A high-rise building could have easily swayed 50cm to 1 meter in 1000km distance away
- Sloshing liquids have only about 0.5% of critical damping

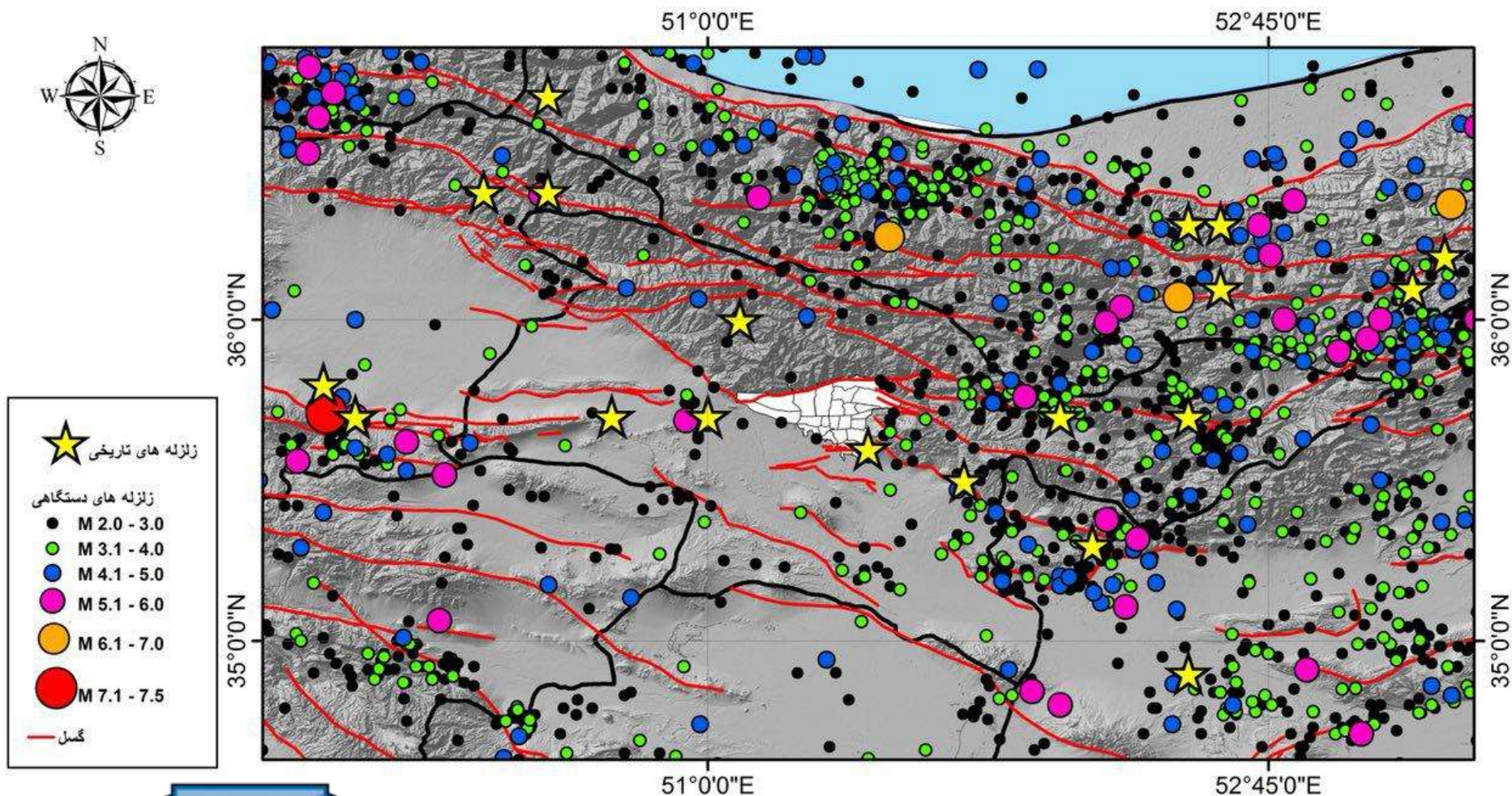


- در این روزها خبر ساخت بناهای مهم از قبیل هتل بلند مرتبه ولنجک بر روی گسل فعال شمال تهران و ساخت استادیوم در حریم خطرناک زمین شناختی در جنوب تهران بیش از پیش نشان می دهد که نیاز به قانون حریم ممنوعیت و تعیین تکلیف ساخت و ساز - یا ممانعت از آن - در حریم گسلهای فعال وجود دارد.

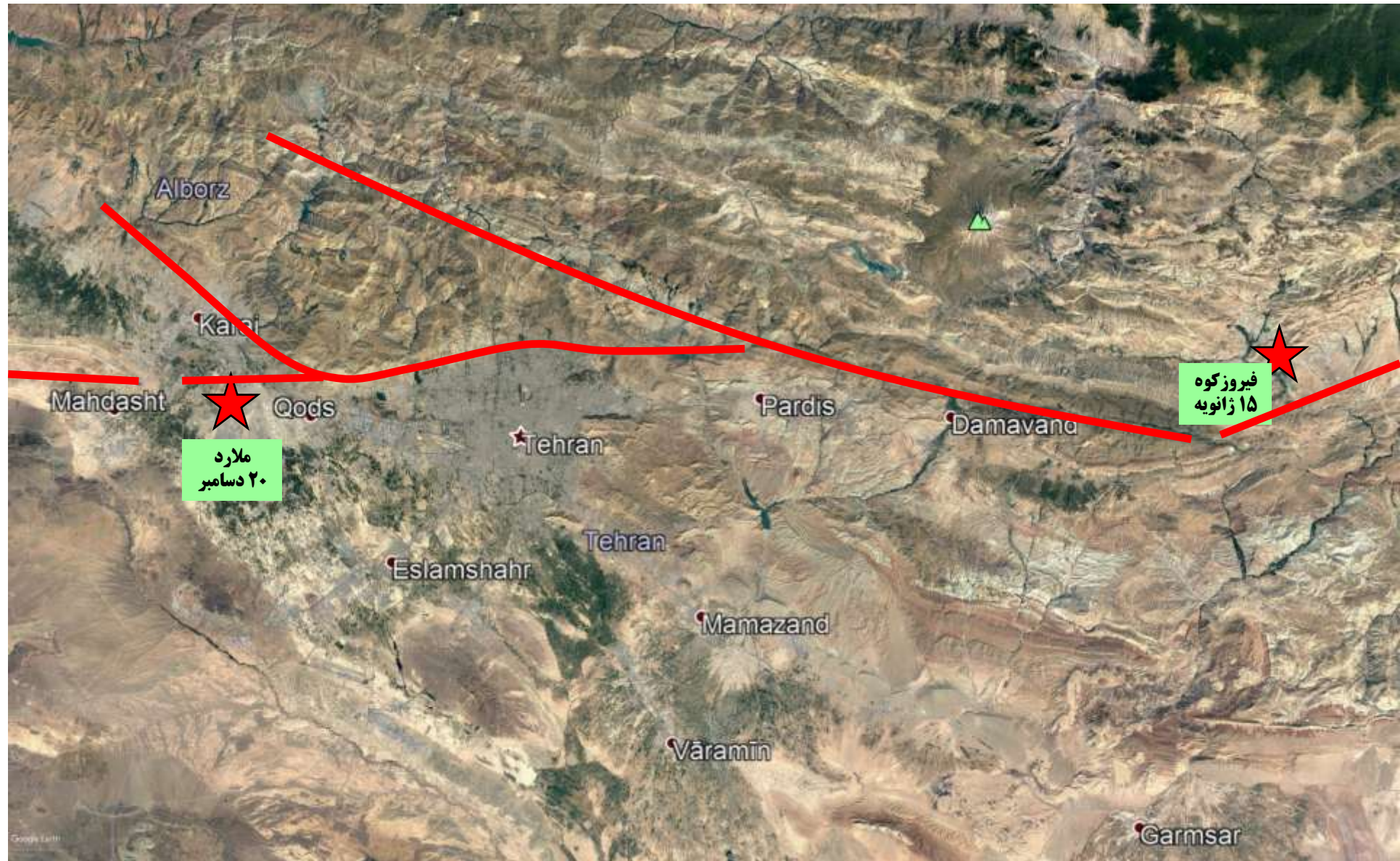


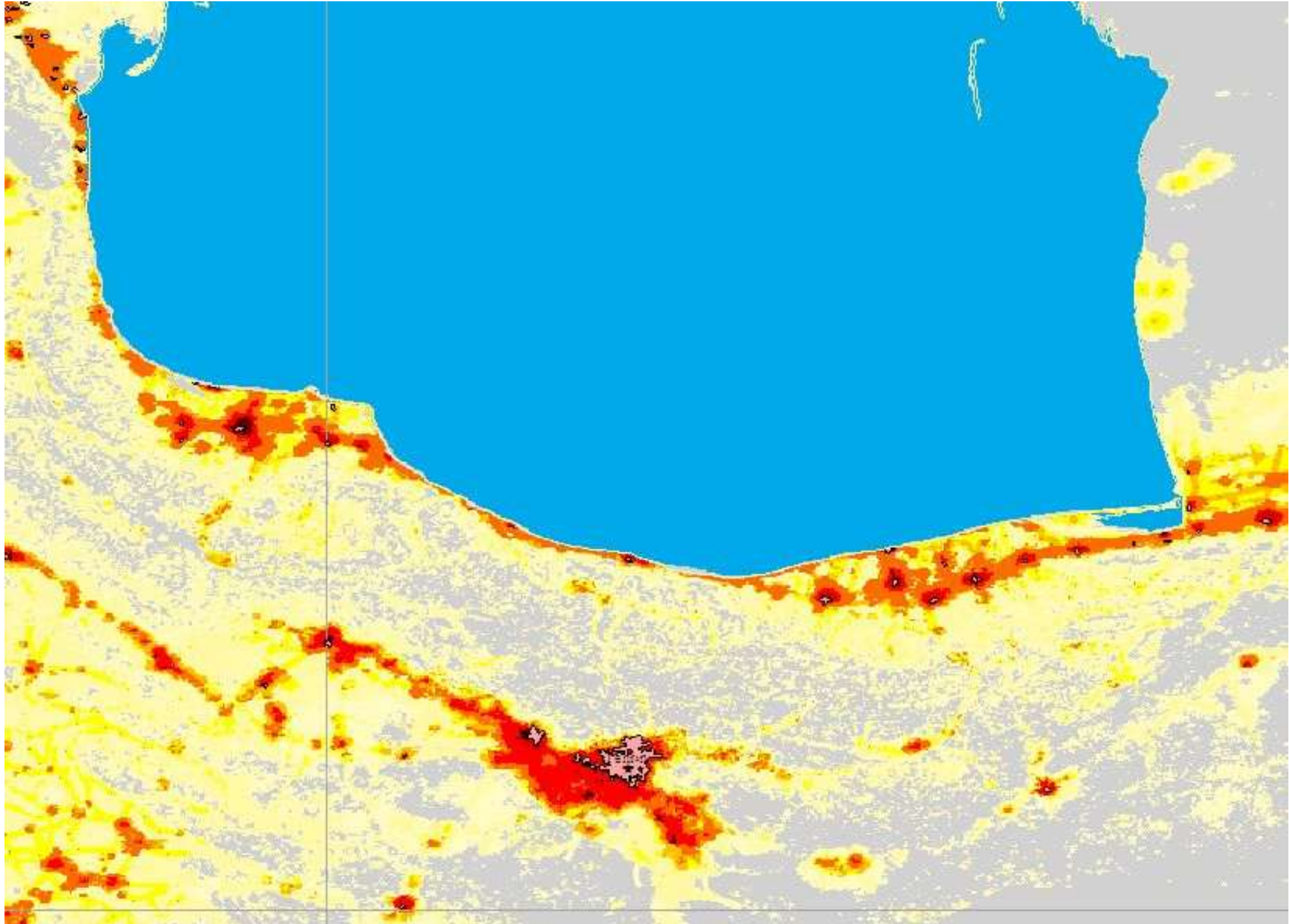


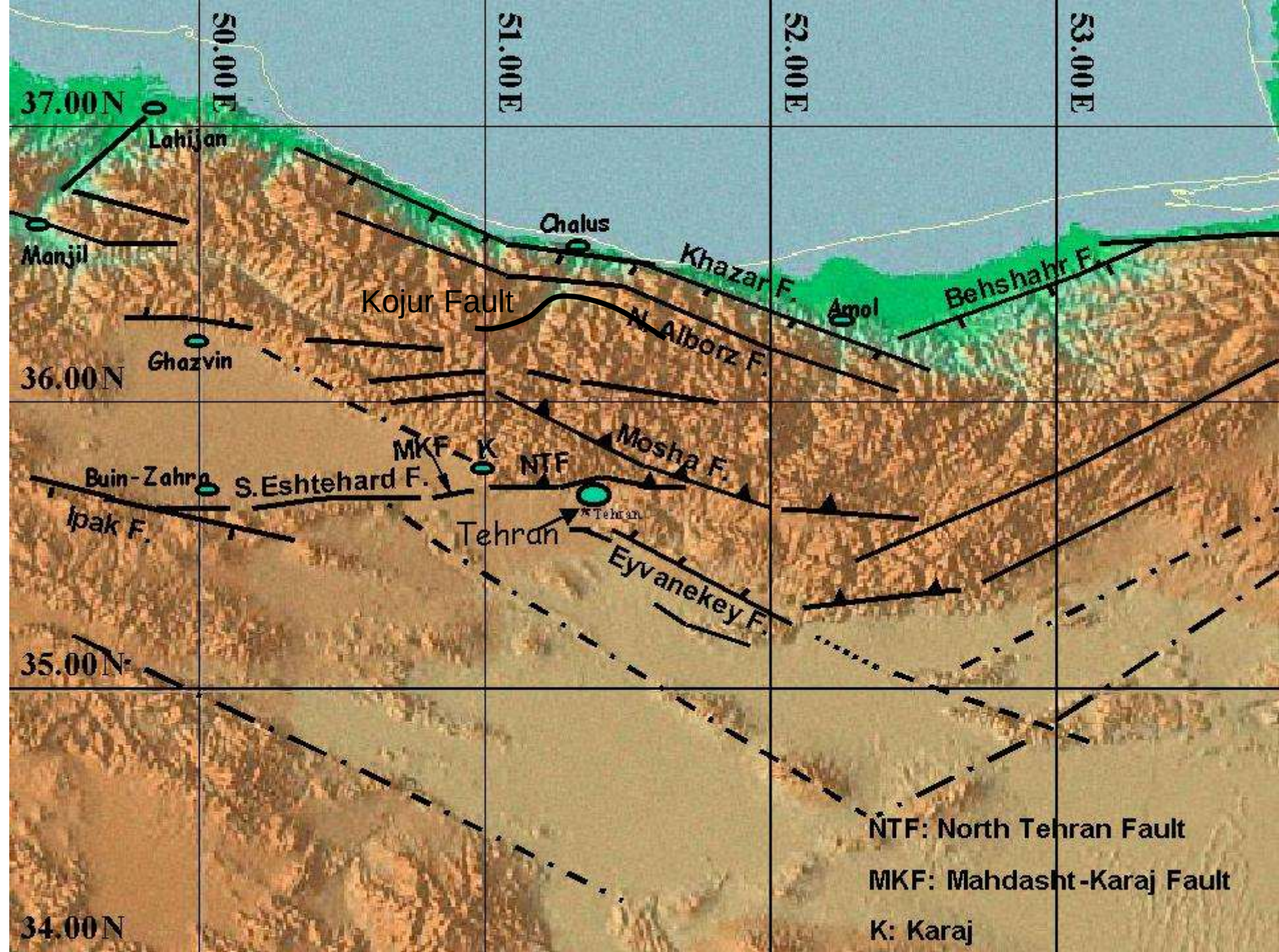
لرزه خیزی تهران - تاریخی تا آخر فوریه 2018



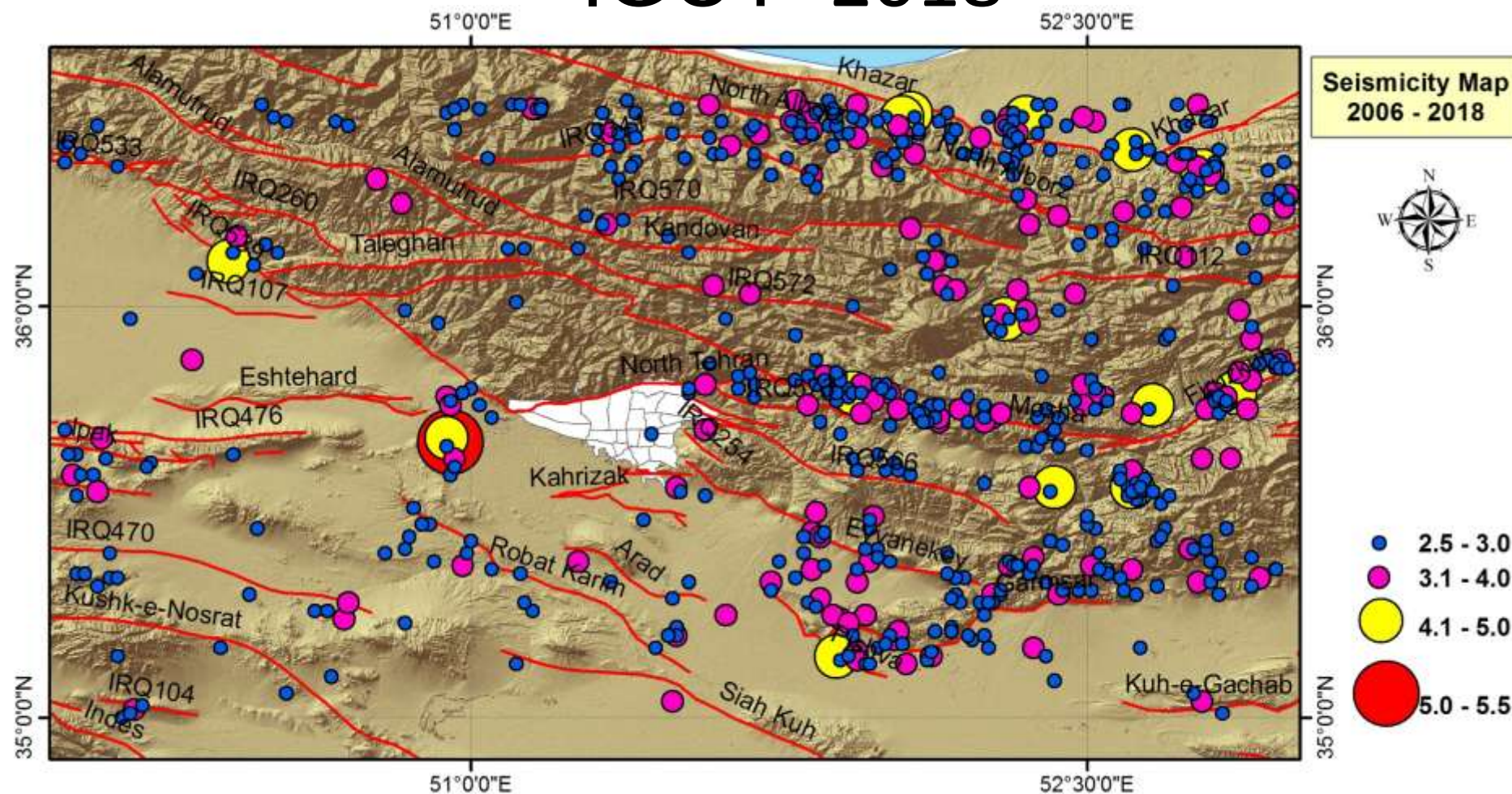
زلزله های اخیر تهران (ملارد و فیروزکوه)



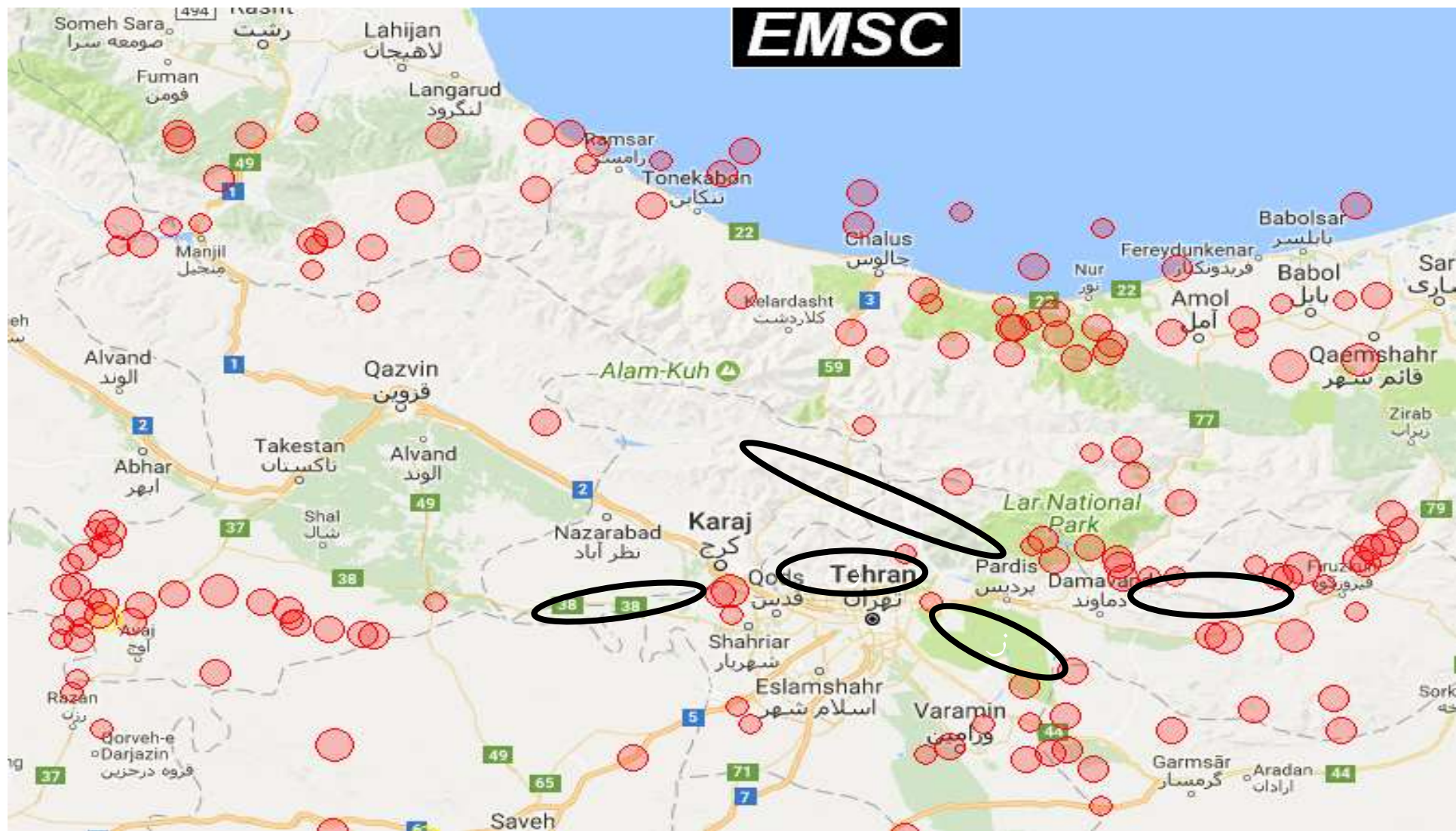




لرزه خیزی تهران 2006- IGUT 2018



گپ های لرزه ای (محل های احتمالی برای گسیختگی گسل فعال) احتمالی پیرامون تهران



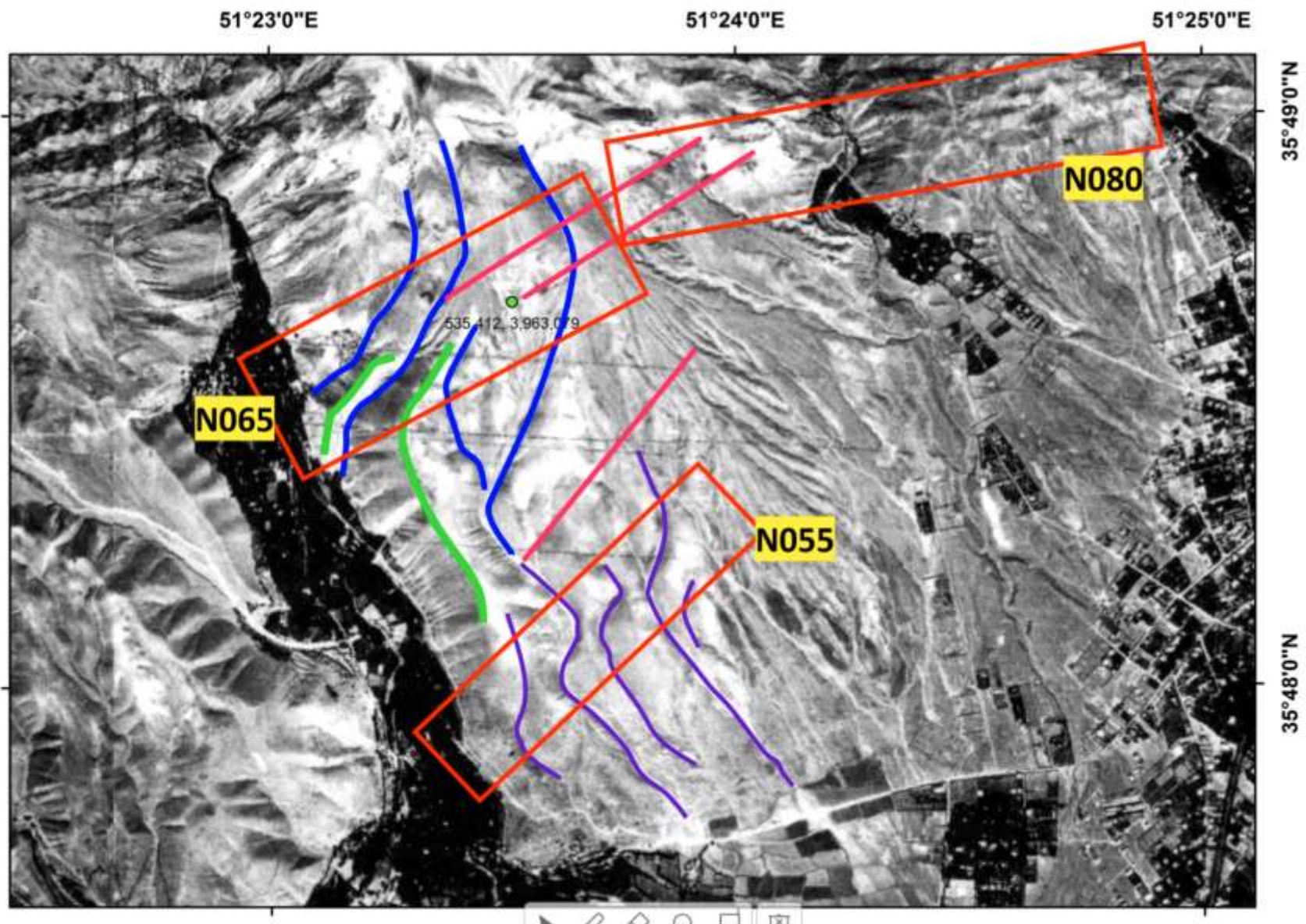


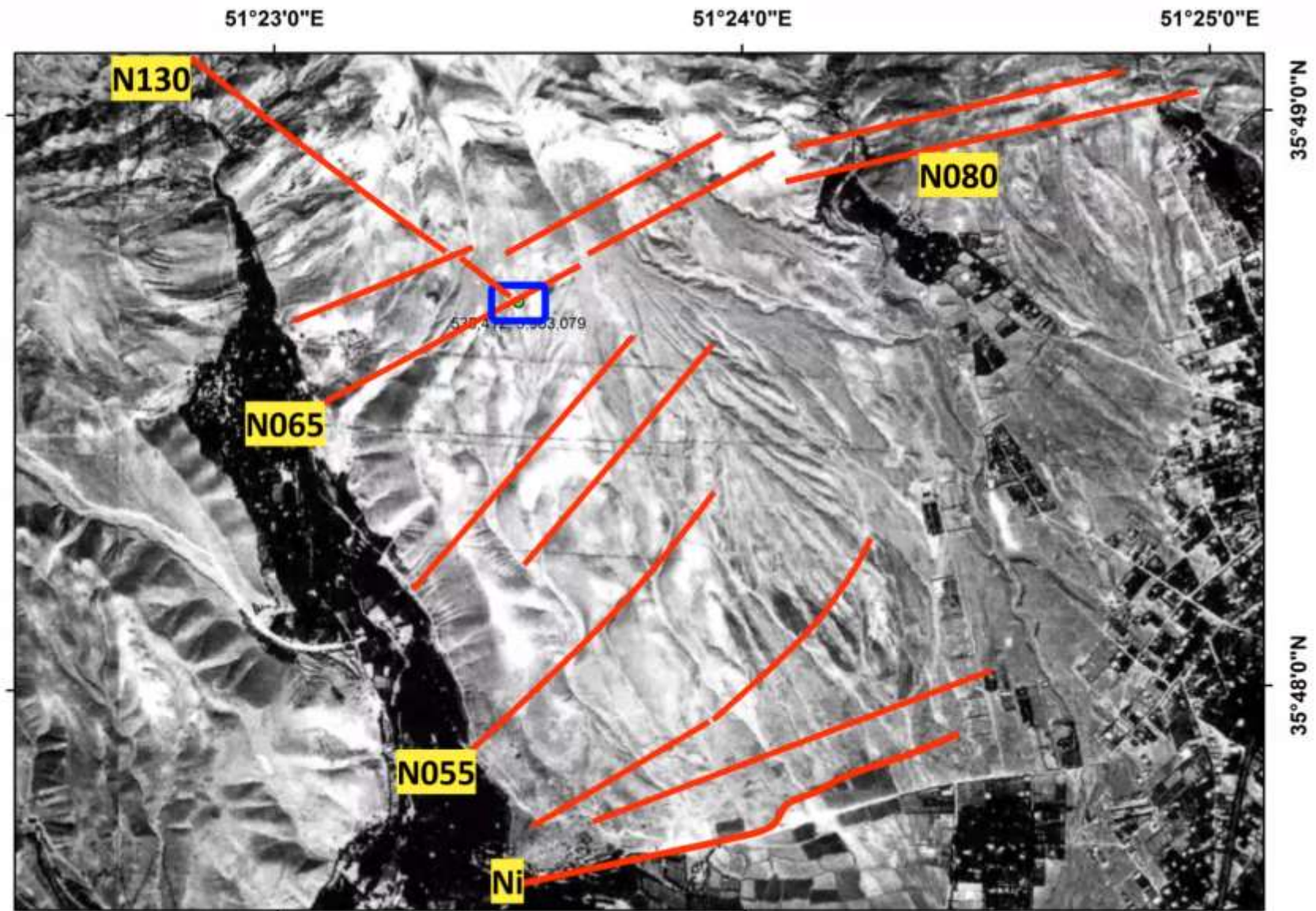


محل های برداشت گسل











سازمان پیشگیری و
مدیریت بحران شهر تهران
Tehran Disaster Mitigation
and Management Organization

۲- بررسی اسناد بالادستی مرتبط با ممنوعیت بلند مرتبه سازی در پهنه‌های گسلی اصلی

۱- تصویب نامه ابلاغ نقشه پهنه‌های گسلی شهر تهران مصوب شورای عالی شهرسازی و معماری ایران به تاریخ ۱۳۹۵/۰۵/۲۵ :

بند سوم مصوبه ، **هرگونه بلندمرتبه‌سازی، در پهنه‌های گسلی اصلی شهر تهران ممنوع گردیده است**، بند ۹ مصوبه مرکز تحقیقات راه و شهرسازی مأموریت دارد روند اجرایی شدن مصوبه حاضر را پایش و به صورت سالانه گزارش نماید.

۲- دستورالعمل ساخت‌وساز در پهنه‌های گسلی (مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی- شماره نشر : ض-۹۵۳) ابلاغ به تاریخ ۱۳۹۹/۱۰/۱۰ توسط شورای عالی شهرسازی و معماری ایران :

در صورت انجام مطالعات و اعمال تمهیدات ویژه ساخت و رعایت جدول شماره ۲ ساخت ساختمان با اهمیت متوسط (هتل در تقسیم‌بندی آیین نامه ۲۸۰۰) بلامانع می‌باشد مشروط بر آنکه :

۱- حداکثر طبقات مجاز برای پهنه گسلی با خطر بسیار زیاد، **حداکثر ۶ طبقه می‌باشد و احداث طبقاتی بیش از آن، منع قانونی دارد**.

۲- بعد افقی ساختمان برای پهنه گسلی با خطر بسیار زیاد، **حداکثر ۴۰ متر می‌باشد**.



احداث هتل با ۳۰ طبقه روی زمین حتی به فرض رعایت بند ۲، **منع قانونی دارد**.



حریم گسل

در ۲۱ مهر ۱۳۹۹ سیزدهمین نشست شورای عالی شهرسازی و معماری ایران با حضور ، وزیر راه و شهرسازی، رئیس شورای اسلامی شهر تهران، شهردار تهران، رئیس ستاد مدیریت بحران کشور، برگزار شد.

- "...تهیه و تدقیق نقشه گسل‌های شهرهای تهران، کرج، تبریز، مشهد، زنجان و کرمان در محدوده شهری و حاشیه ۳۰ کیلومتری آن و تعیین حریم آن‌ها در مقیاس «یک دو هزارم» انجام و ارائه و مقرر شد مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی به‌عنوان مجری طرح طی ۲ ماه آینده ضوابط ساخت و ساز در این نواحی را ابلاغ کند. همچنین مقرر شد ایجاد ساختمان‌های بلند به‌صورت موردی و نقطه‌ای ممنوع شود و طرح پیشنهاد و ضرورت آن تنها در قالب محور و پهنه ارائه شود. شورای عالی شهرسازی نقشه حرائم گسل‌ها را متعاقباً منتشر خواهد کرد..."



حریم گسل

- در آمریکا و در ایالت کالیفرنیا مناطق گسل زلزله در قانون منطقه بندی گسله‌های فعال - قانون آلکوئیست-پریولو Alquist-Priolo مشخص شده است. هدف این قانون کاهش تلفات ناشی از گسیختگی سطحی است. کالیفرنیا این قانون را پس از زلزله مخرب ۱۹۷۱ سن فرناندو (با بزرگای ۶.۶) مصوب کرد که با گسیختگی‌های سطحی گسترده‌ای همراه بود که به سازه‌های متعدد آسیب رساند. یک گسل فعال، در این قانون گسلی است که در ۱۱۰۰۰ سال گذشته در زمان هولوسن - گسیخته شده است. این قانون در ۲۲ دسامبر ۱۹۷۲ به قانون کالیفرنیا امضا شد تا ریسک گسیختگی گسل‌های سطحی سازه‌ها را برای سکونت انسان کاهش دهد.





- این قانون در شکل فعلی خود دارای سه ماده اصلی است:
- ۱- سازمان زمین شناسی کالیفرنیا (که در آن زمان به عنوان بخش معادن و زمین شناسی کالیفرنیا شناخته می شد) مسئول است تا نقشه های دقیقی از آثار سطحی گسل های فعال شناخته شده تهیه کند . این نقشه ها شامل مکان دقیقی که در آن گسل ها سطح را قطع می کنند و یک منطقه حائل در اطراف اثر (های) شناخته شده سطحی است.



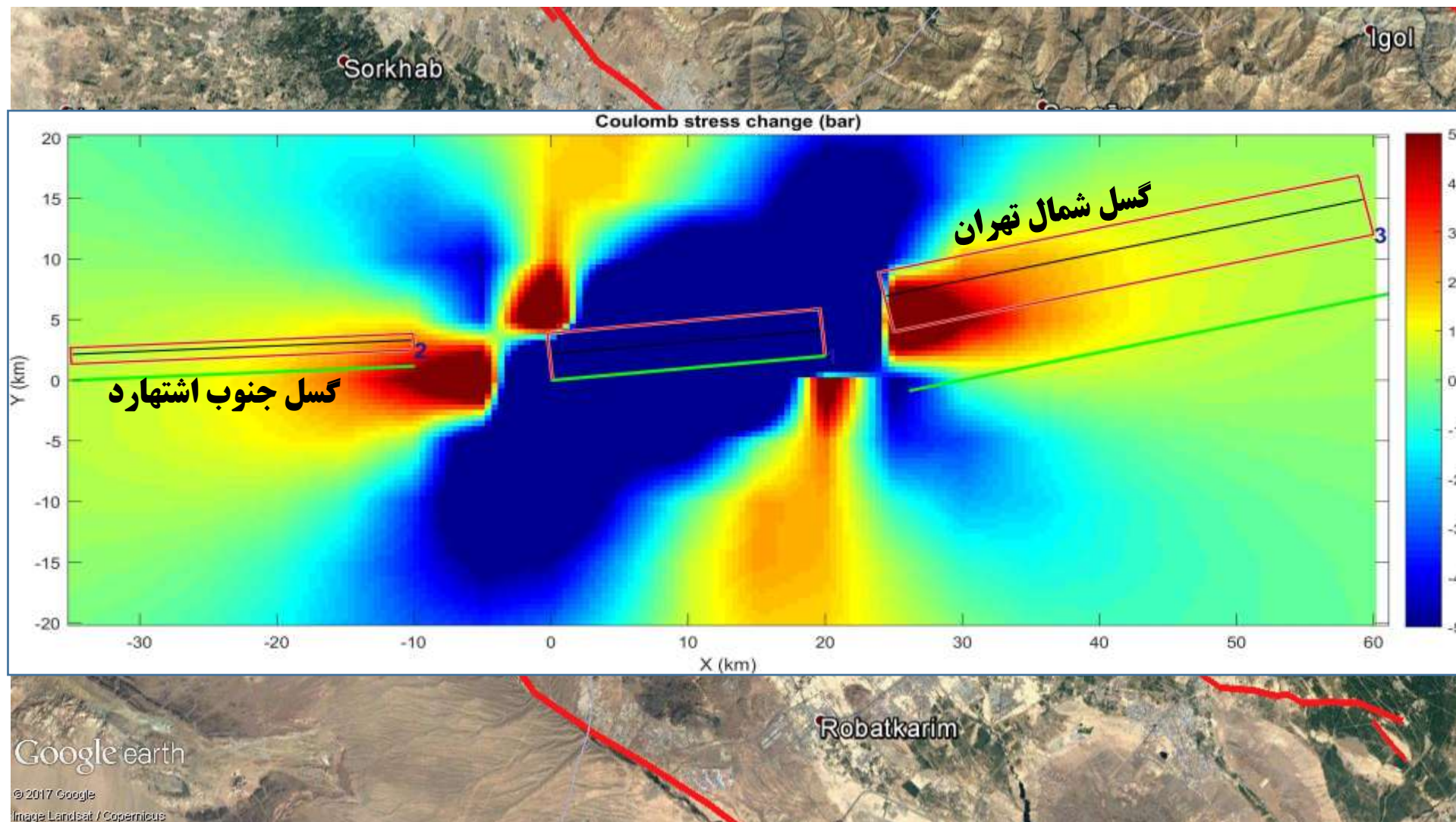
- ۲- صاحبان املاک (یا نمایندگان آنها) را ملزم می کند که قبل از فروش ملک، به طور رسمی و قانونی افشا کنند که دارایی آنها در محدوده های تعیین شده در آن نقشه ها قرار دارد. و
- ۳- ساخت و ساز جدید خانه ها در این مناطق را ممنوع می کند، مگر اینکه یک بررسی جامع زمین شناختی نشان دهد که گسل خطری برای سازه مورد نظر ایجاد نمی کند.



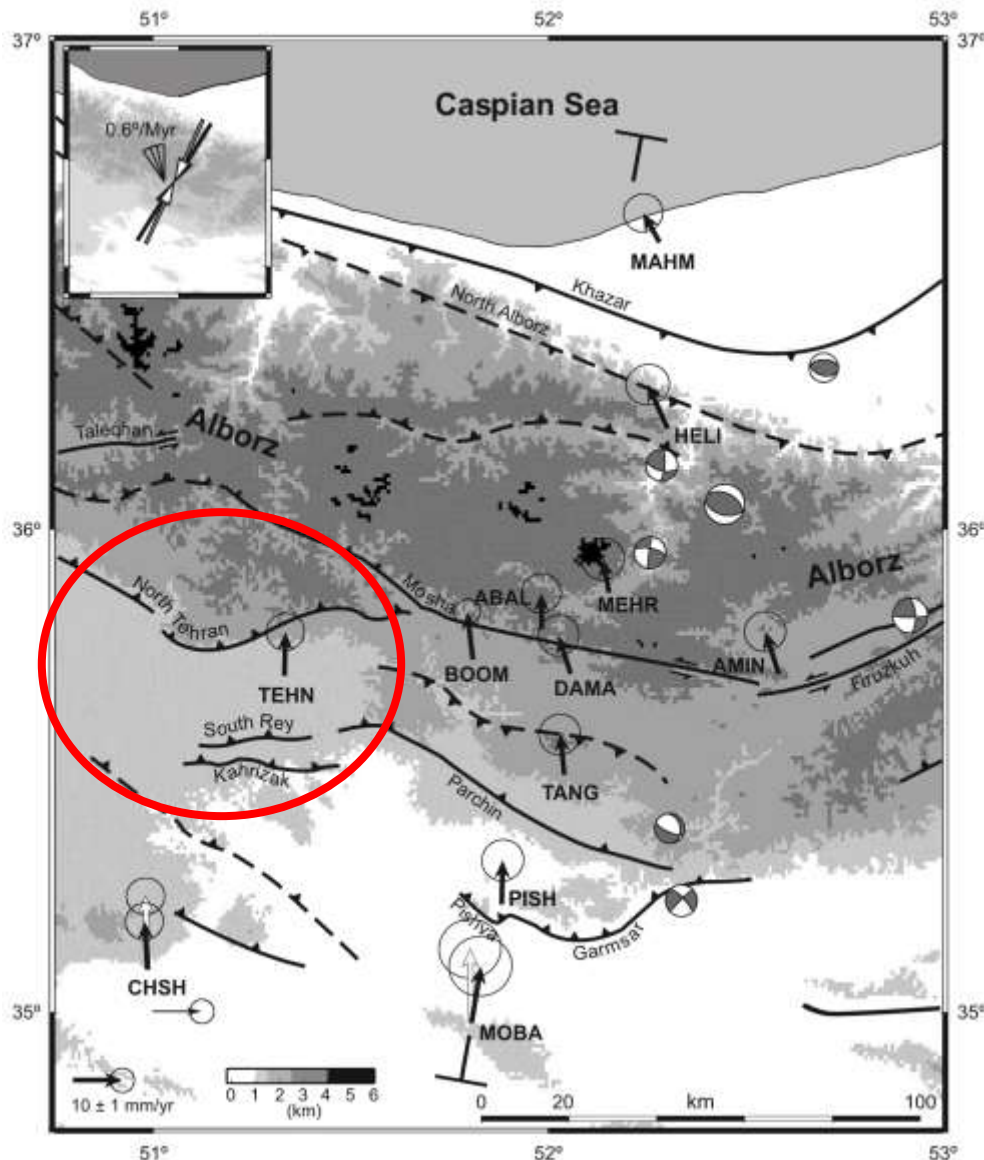
حریم گسل



**بعد از زلزله ۲۹-۹-۹۶ مردآباد: گسل های تهران - ماهدشت - جنوب اشتهارد: افزایش
تنش به میزان ۵ بار (۵ اتمسفر) بر روی انتهای گسل شمال تهران و گسل جنوب اشتهارد**



نرخ جابه جایی پوسته زمین براساس اندازه گیری های GPS در محدوده استان تهران و اطراف (Vernant et al., 2004)



میزان تغییر شکل سطحی در ایستگاه تهران

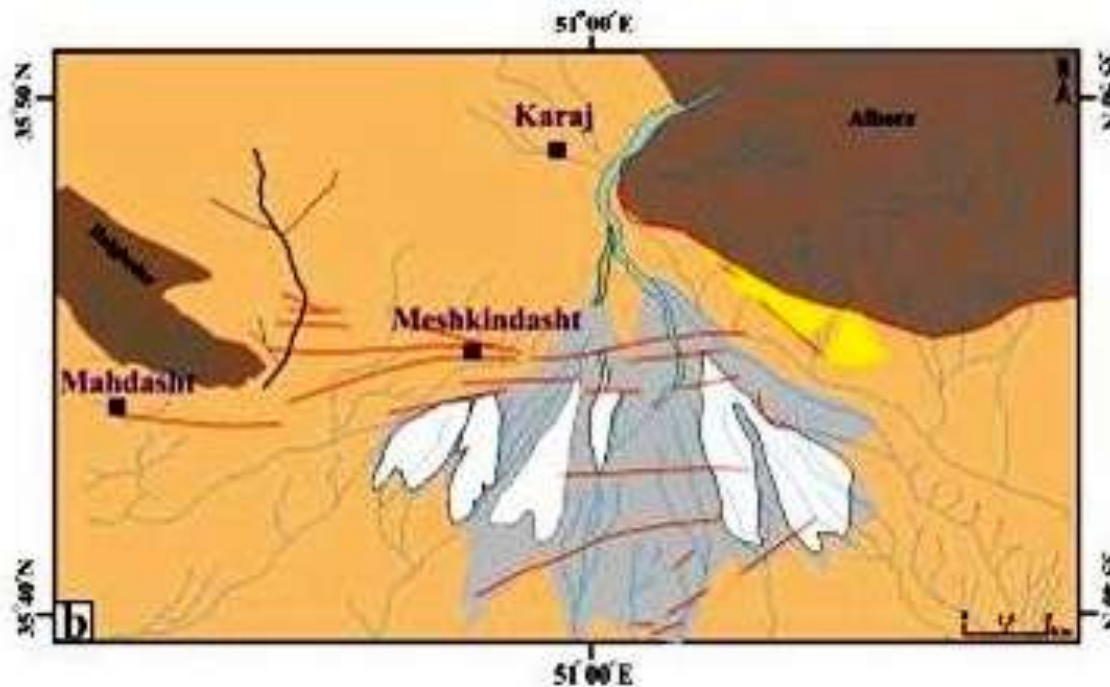
(نزدیکترین ایستگاه موجود به رومرکز زلزله ۲۹ آذر ملارد)

$8 \pm 2 \text{ mm/yr}$

گسل ماهدشت – جنوب کرج

پهنه گسلی ماهدشت- جنوب کرج دارای درازای دست کم ۳۰ کیلومتر، راستای خاور، شمال خاوری-باختر، جنوب باختری و شیب تند عمدتاً رو به جنوب- جنوب خاور می باشد.

سازوکار گسله ماهدشت- جنوب کرج فشاری همراه با مولفه راستالغز است و می توان این گسله را ادامه خاوری گسله جنوب اشتهارد از پهنه گسلی ایپک برشمرد.



قطعه قطعه بودن گسله ماهدشت- جنوب کرج در یک سامانه نردبانی و عدم تظاهر سطحی کاملاً یکپارچه آن در کنار شیب بسیار کم نهشته های کواترنری متأثر از جنبش های گسله یادشده، می تواند گویای چیرگی مولفه حرکتی راستالغز نسبت به مولفه شیب لغز بر روی این سامانه گسلی باشد

سلیمانی و حسینی (۱۳۷۷)



حریم گسل





حریم گسل

1396

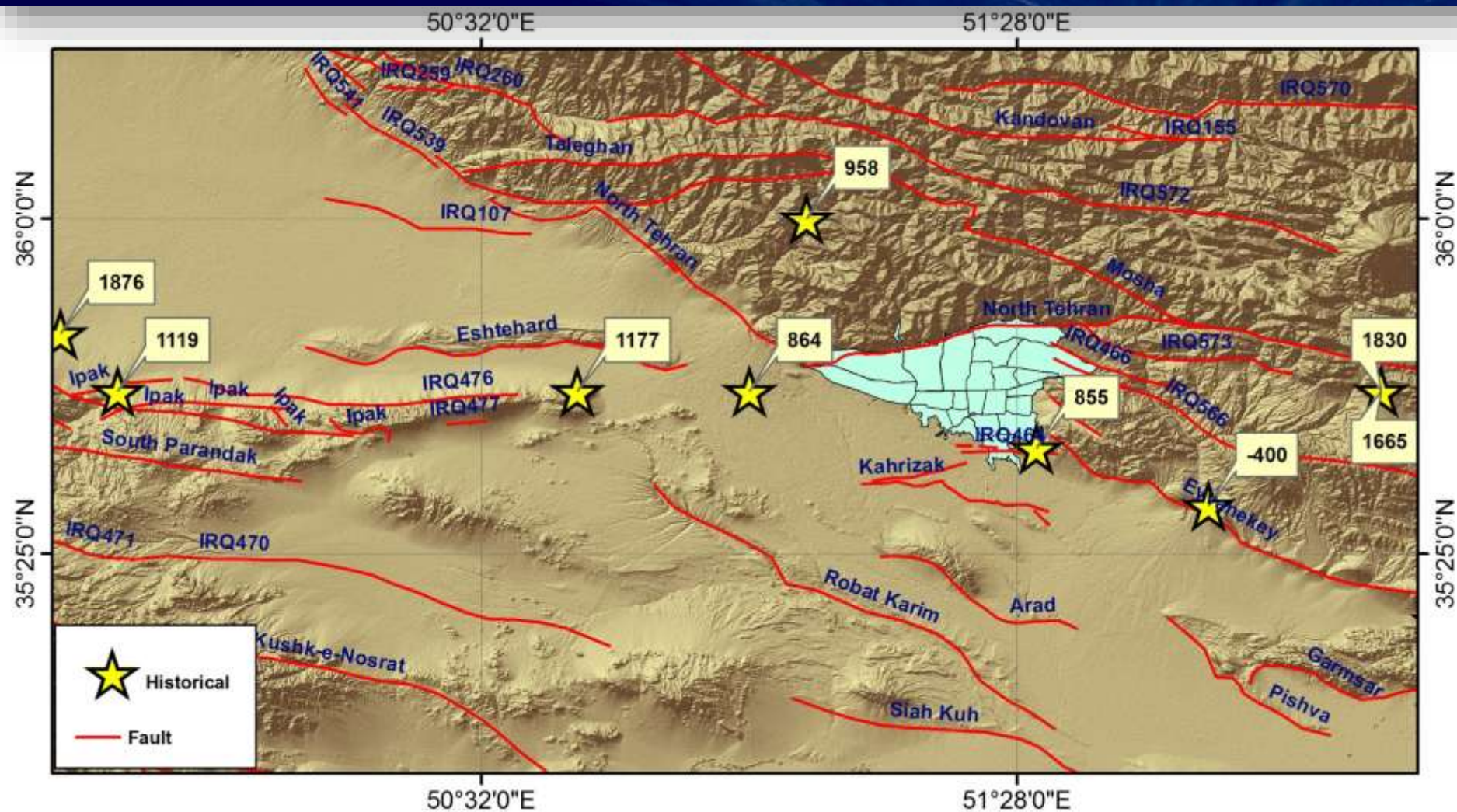


42





حریم گسل

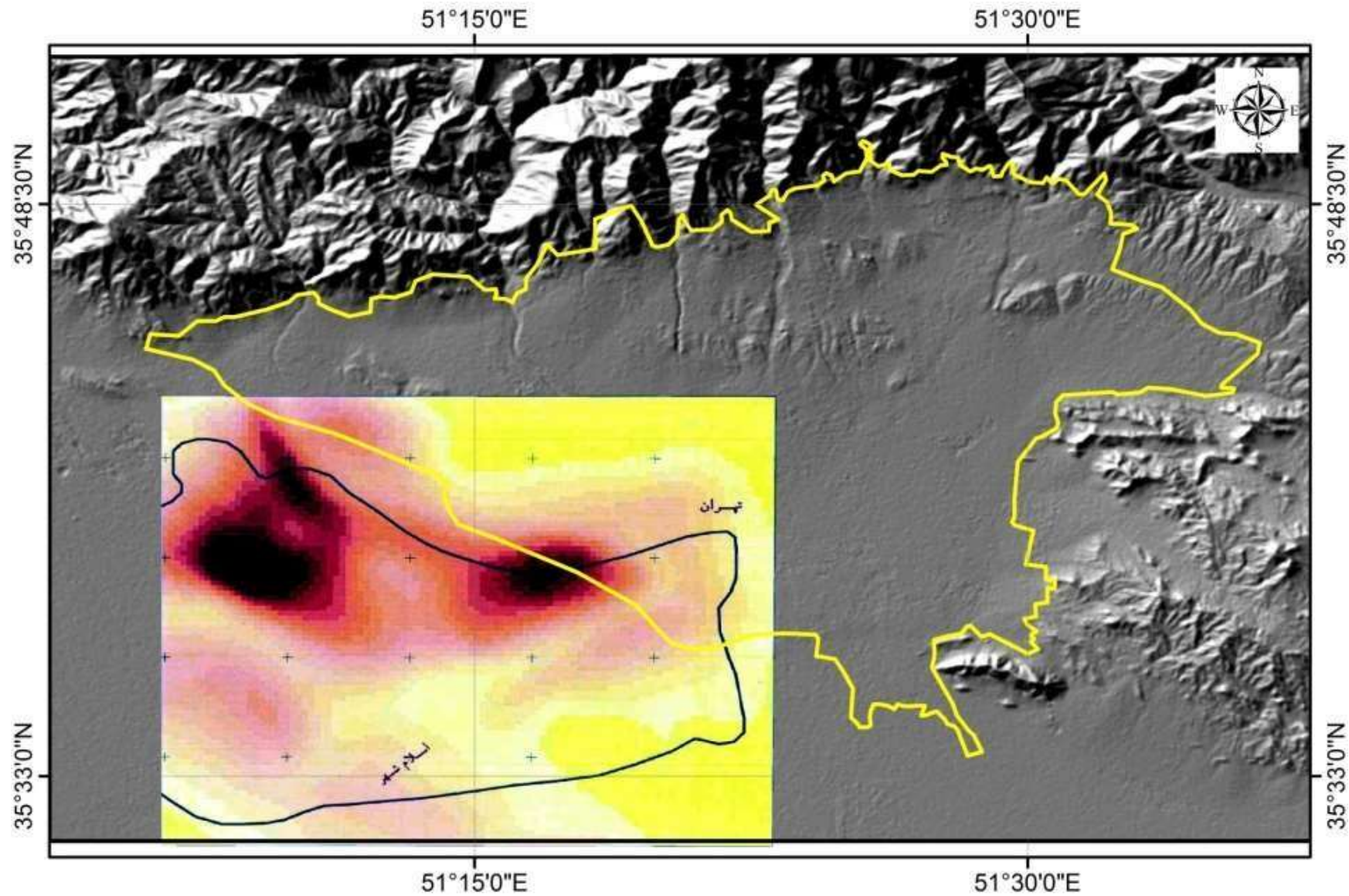




حریم گسل

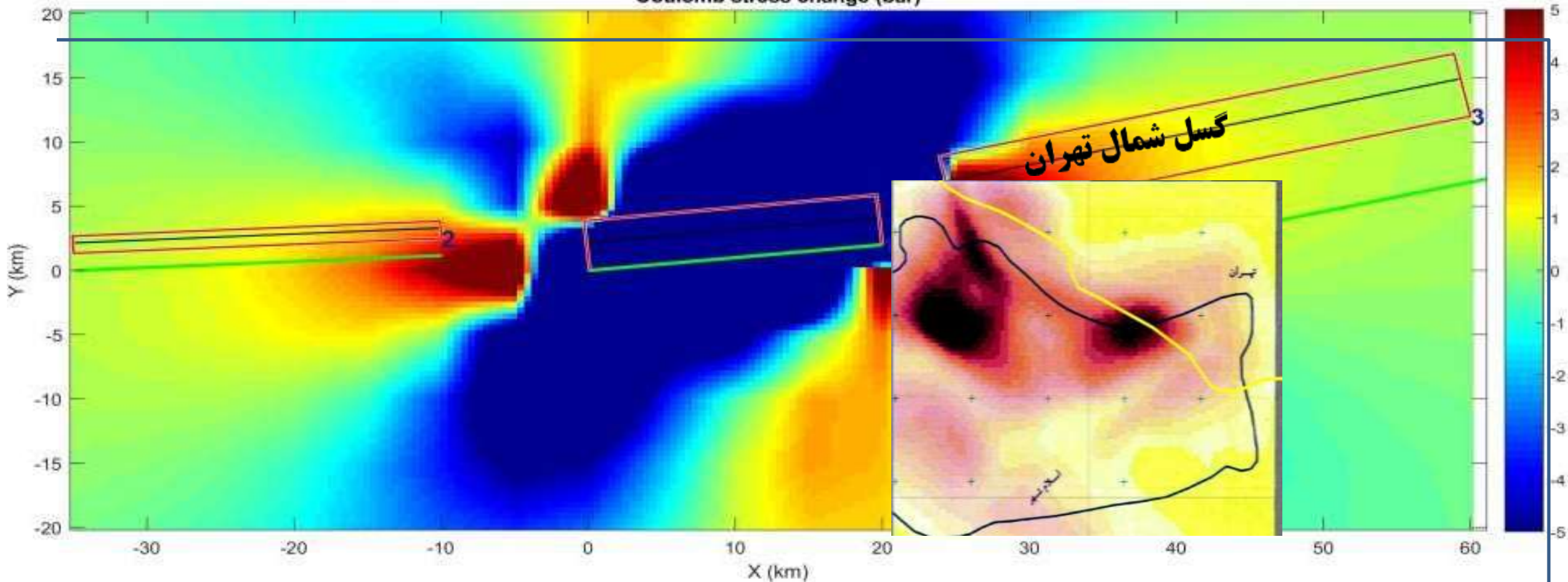


Land Subsidence in West Tehran





Coulomb stress change (bar)



Google earth

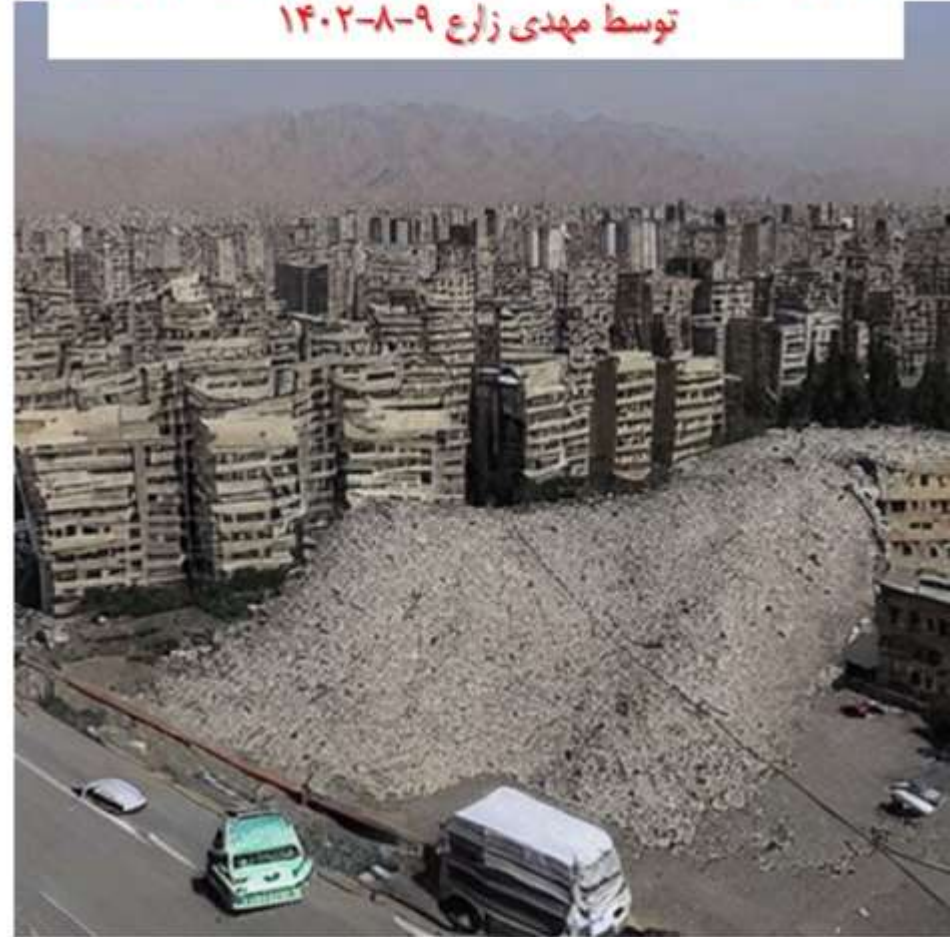
© 2017 Google
Image Landsat / Copernicus

عکس های خرابی ها در خیابان نواب در مرکز تهران تولید شده توسط هوش
مصنوعی زلزله ویرانگر تهران توسط مهدی زارع ۱۴۰۲-۸-۹



Photos of Damages South/central Tehran
Navab Street, produced by AI, for a
destructive Earthquake in Tehran, by
Mehdi ZARE 31 Oct 2023

عکس های خرابی ها در آپارتمانهای مسکونی در جنوب غرب
تهران ، تولید شده توسط هوش مصنوعی زلزله ویرانگر تهران
توسط مهدی زارع ۱۴۰۲-۸-۹



Photos of Damages Apartments in SW Tehran,
produced by AI, for a destructive Earthquake in
Tehran, by Mehdi ZARE 31 Oct 2023

عکس های خرابی ها در پل های شمال تهران • صدر و همت . تولید شده توسط هوش مصنوعی زلزله
ویرانگر تهران توسط مهدی زارع ۱۴۰۲-۸-۹



Photos of Damages Bridges in North Tehran Highways , produced by AI, for a destructive Earthquake in Tehran, by Mehdi ZARE 31 Oct 2023

عکس های خرابی ها در پل بزرگراه دو طبقه صدر. تولید شده توسط هوش مصنوعی زلزله ویرانگر تهران
توسط مهدی زارع ۱۴۰۲-۸-۹



Photos of Damages in Sadr Bi-Level highway in North Tehran, produced by AI, for a destructive Earthquake in Tehran, by Mehdi ZARE 31 Oct 2023

Possible Destructive earthquakes Zones



- 1- How can this **data shortage** be made up for given that the number of ground motion data gathered in some specific magnitudes is not in an acceptable manner?
- 2- Is it still feasible to design and build **tall buildings, bridges, and long-span structures for high periods (over 4 seconds)** in Building codes using the acceleration design spectrum?
- 3- Given that many of earthquakes occur in the high frequency range (short period) have predominant amplitude the number of accelerograms recorded close to the source is quite low, how could the **data be appropriately scaled for low frequency ranges (high-periods)**?

- 4- What are the **Building Code spectrum flaws**, and what are the strategies to solve these inadequacies?
- 5- Has the Building Codes acceleration design spectrum succeeded in addressing the **demand for design engineers for performance-based design**?

Tabas Iran Mw7.4: 16 September 1978

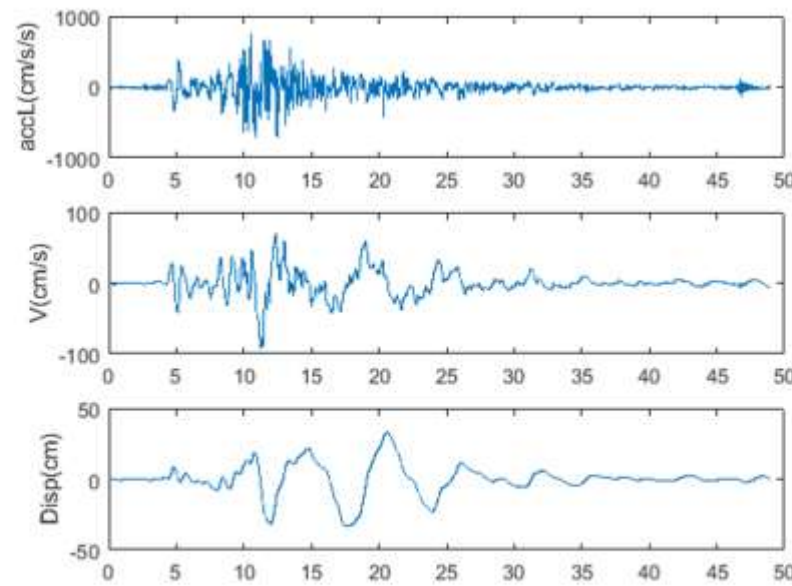


Figure 20. acceleration, velocity, and displacement time-history (horizontal comp.) after correction and filtering, for the earthquake record of Tabas (1978) with moment magnitude 7.3.

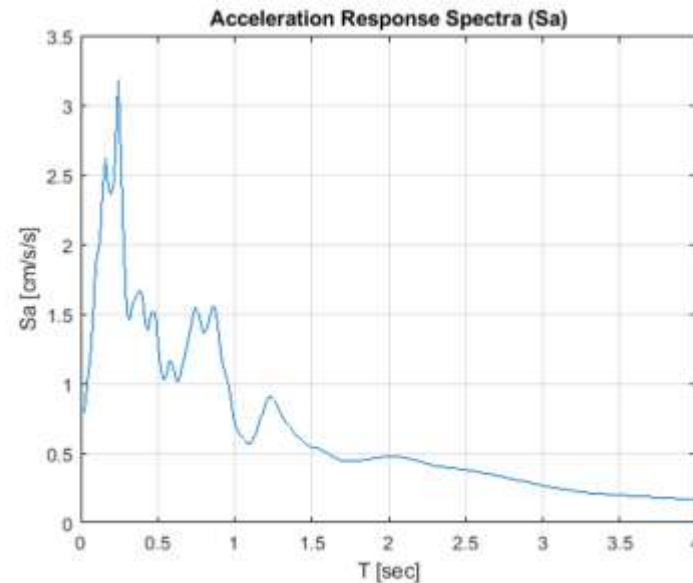


Figure 21. acceleration response spectrum (horizontal comp.) for the earthquake record of Tabas (1978) with moment magnitude of 7.3 for 5 percent damping.

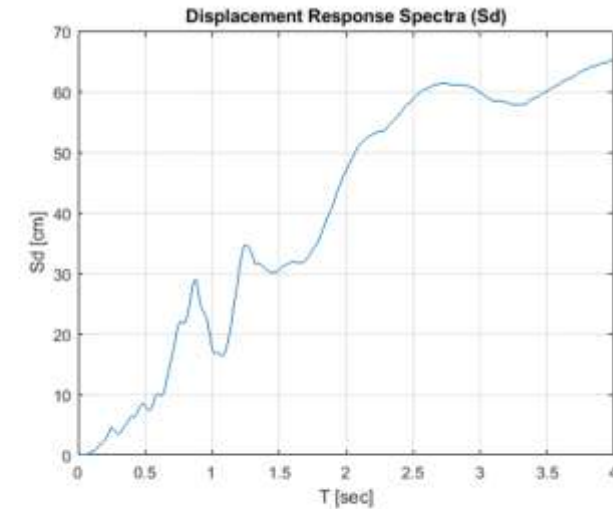


Figure 22. displacement response spectrum (horizontal comp.) for the earthquake record of Tabas (1978) with moment magnitude of 7.3 for 5 percent damping.

K Maras Türkiye Mw7.8: 6 February 2023

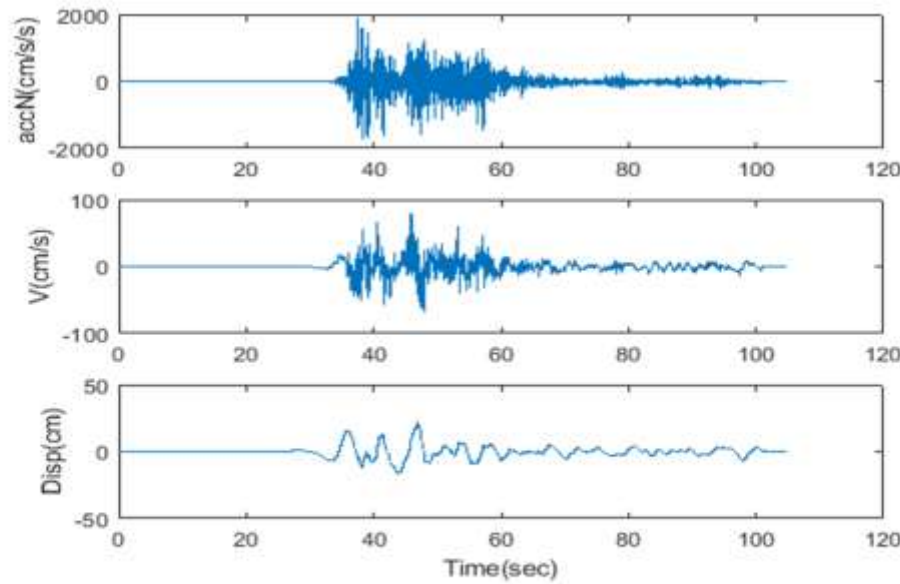


Figure 36. acceleration, velocity, and displacement time-history (horizontal comp. N) after filtering, for the earthquake record of Kahramanmaraş Türkiye earthquake on February 6, 2023 with a magnitude of 7.4 (station name: pazarcık, station code: 4614, network name: TK, event ID: 12439, event name number: 202302060117).

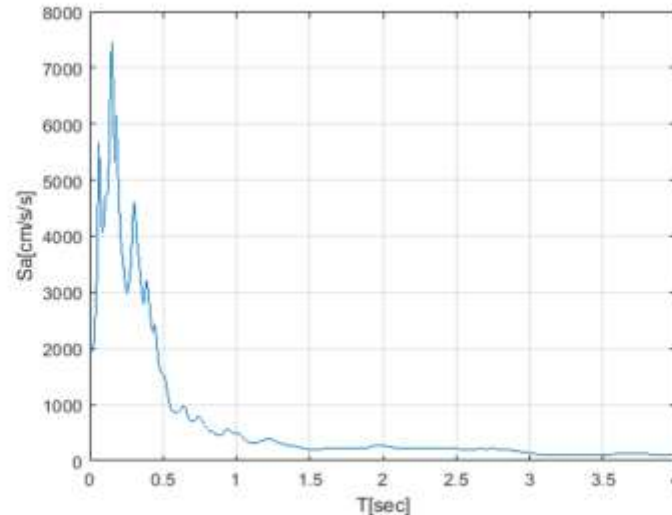


Figure 37. acceleration response spectrum (horizontal comp. N) for the earthquake record of Kahramanmaraş Türkiye earthquake on February 6, 2023 with a magnitude of 7.4 for 5 percent damping (station name: pazarcık, station code: 4614, network name: TK, event ID: 12439, event name number: 202302060117).

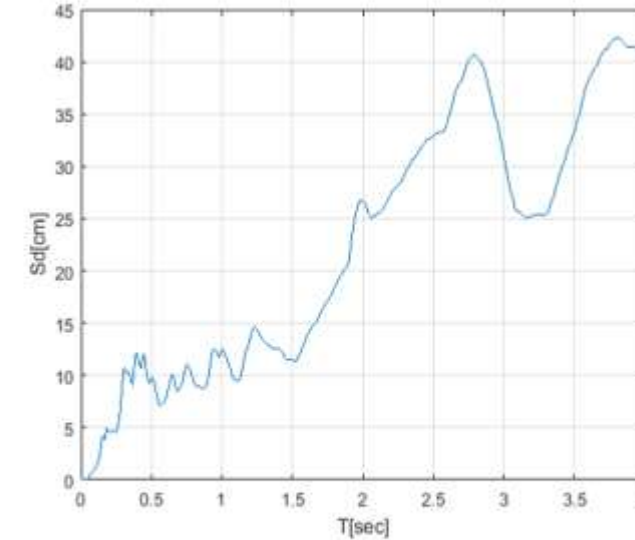
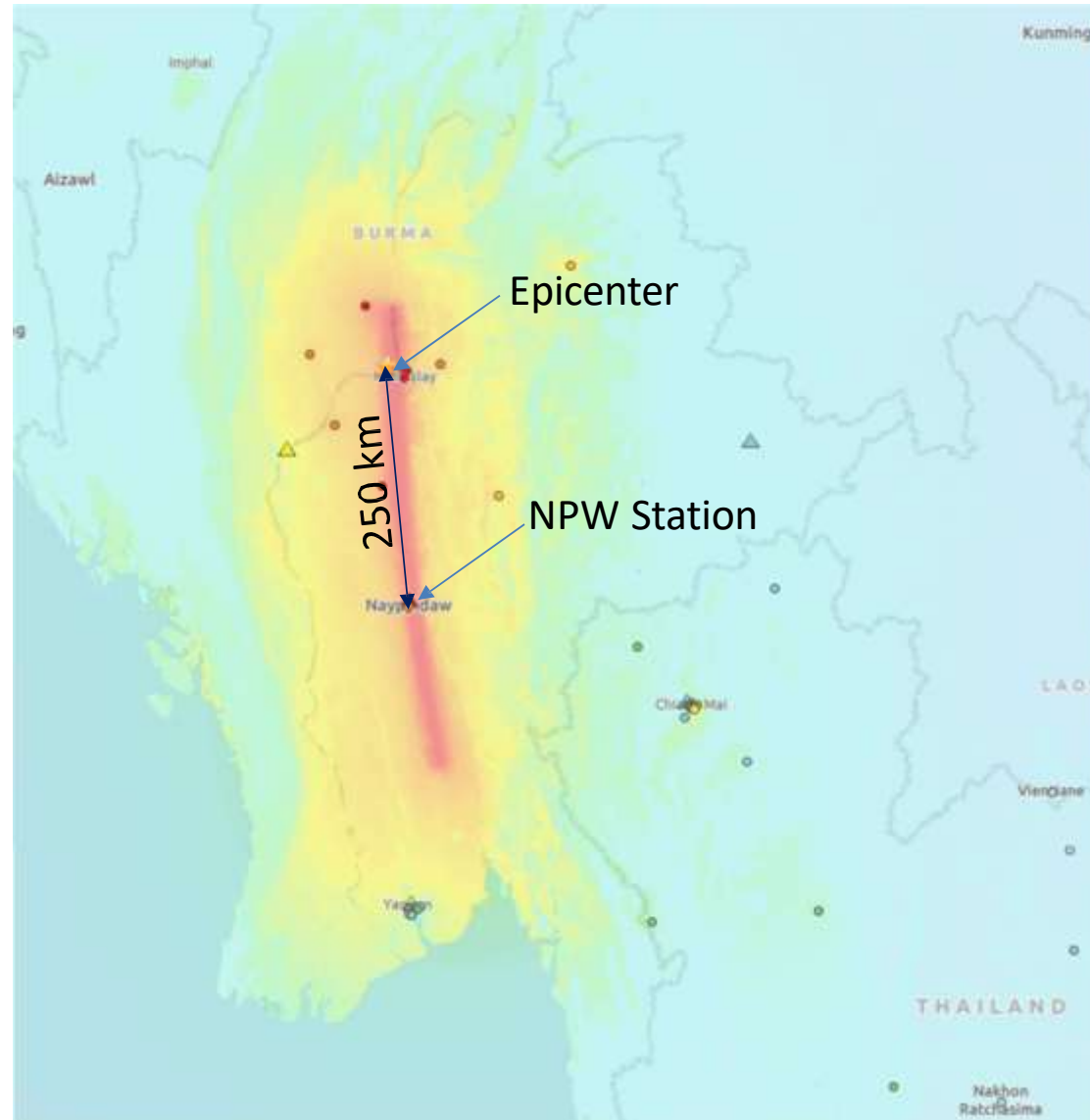


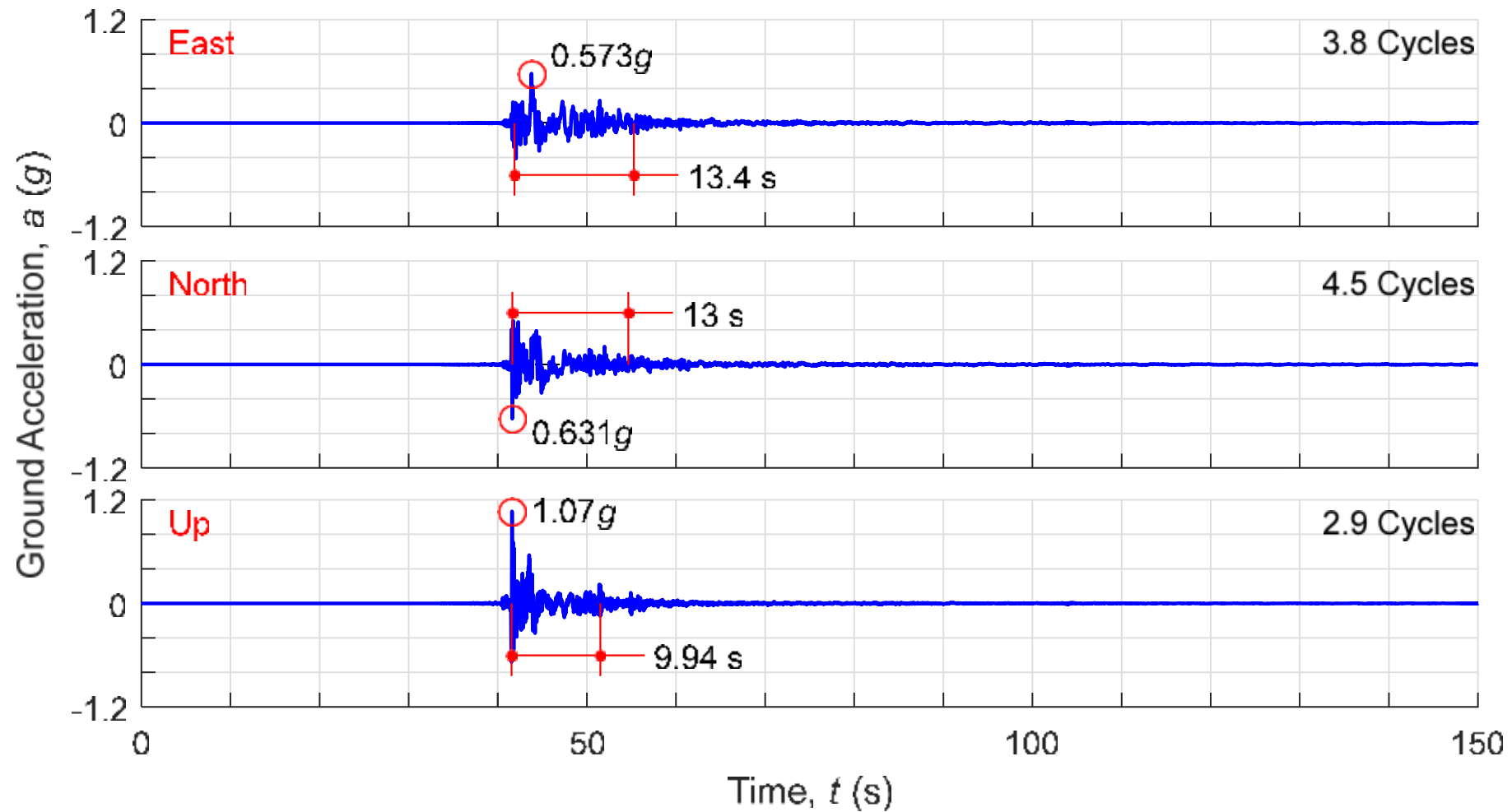
Figure 38. displacement response spectrum (horizontal comp. N) for the earthquake record of Kahramanmaraş Türkiye earthquake on February 6, 2023 with a magnitude of 7.4 for 5 percent damping (station name: pazarcık, station code: 4614, network name: TK, event ID: 12439, event name number: 202302060117).

Strongest Recorded Ground Motion During M7.7 Mandalay Myanmar Earthquake

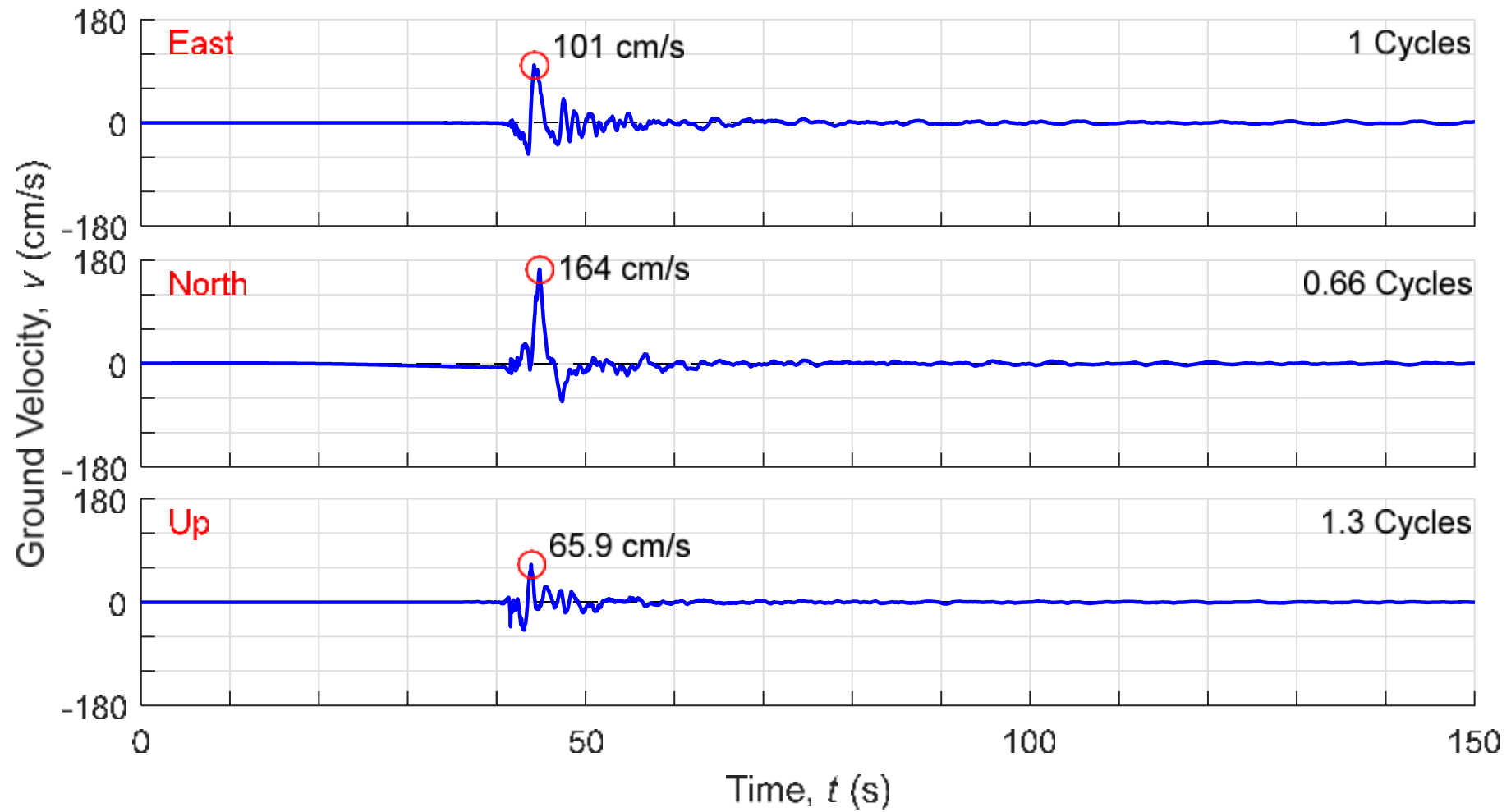
NPW Station



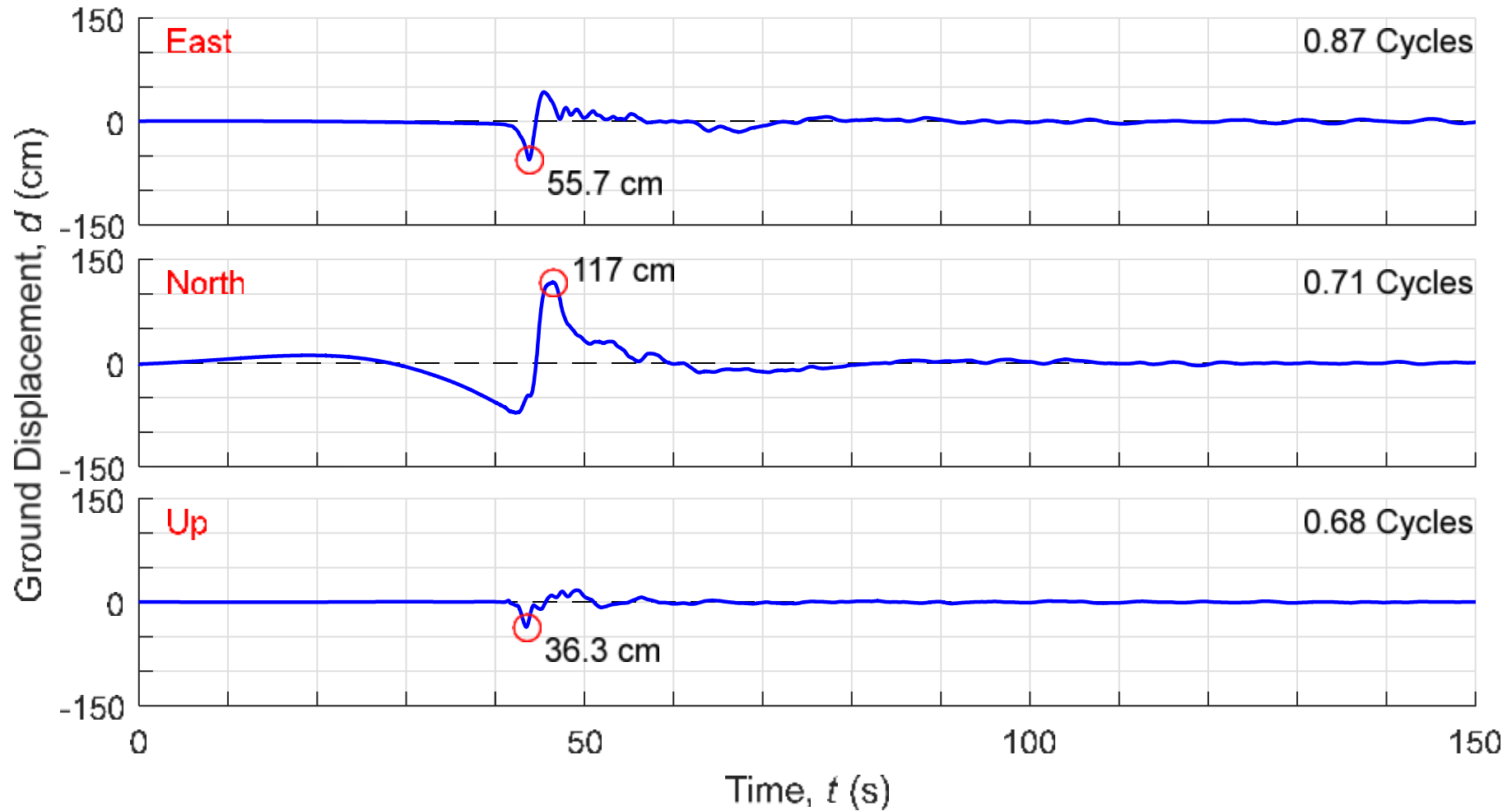
Acceleration Histories



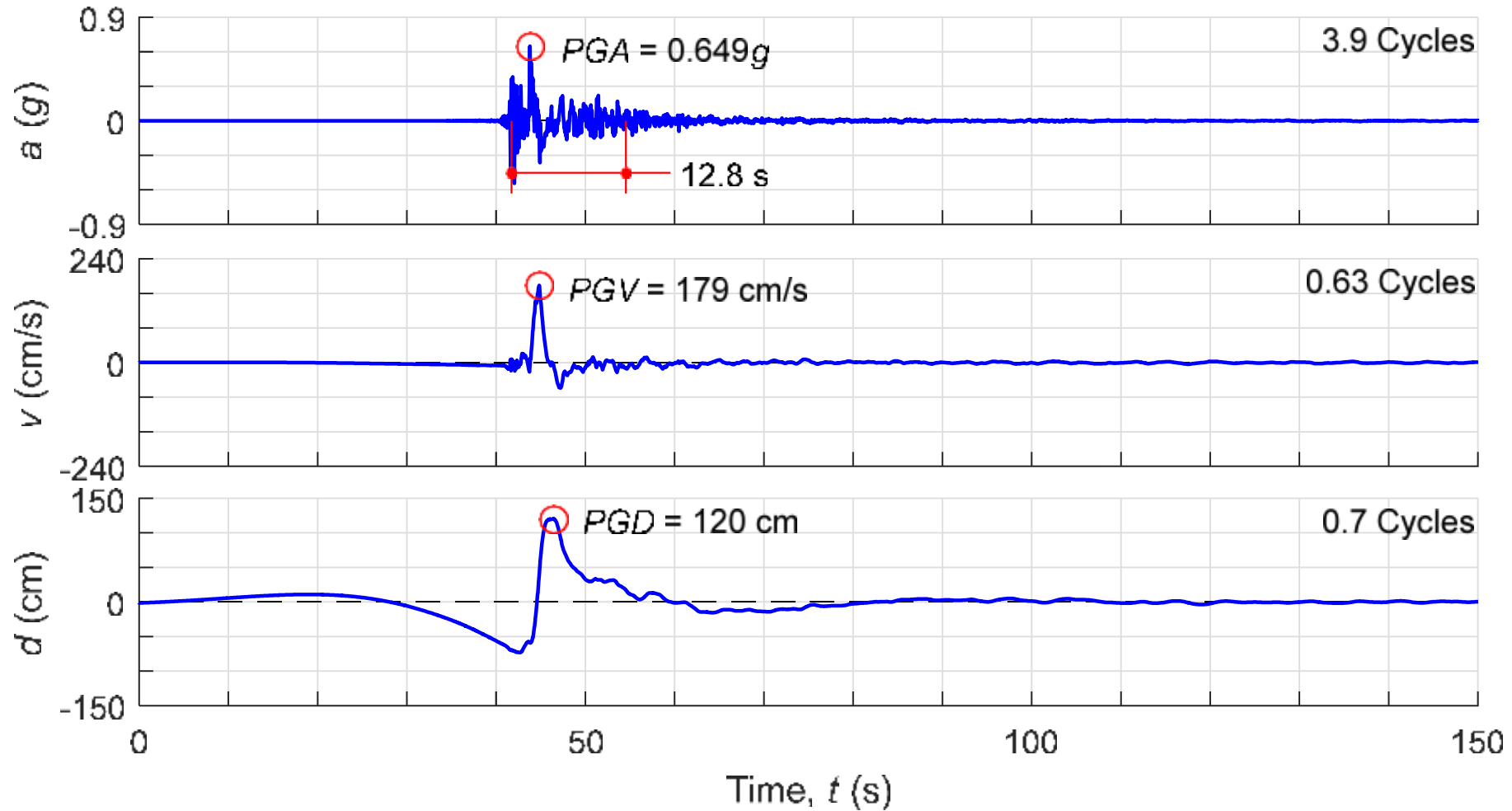
Velocity Histories



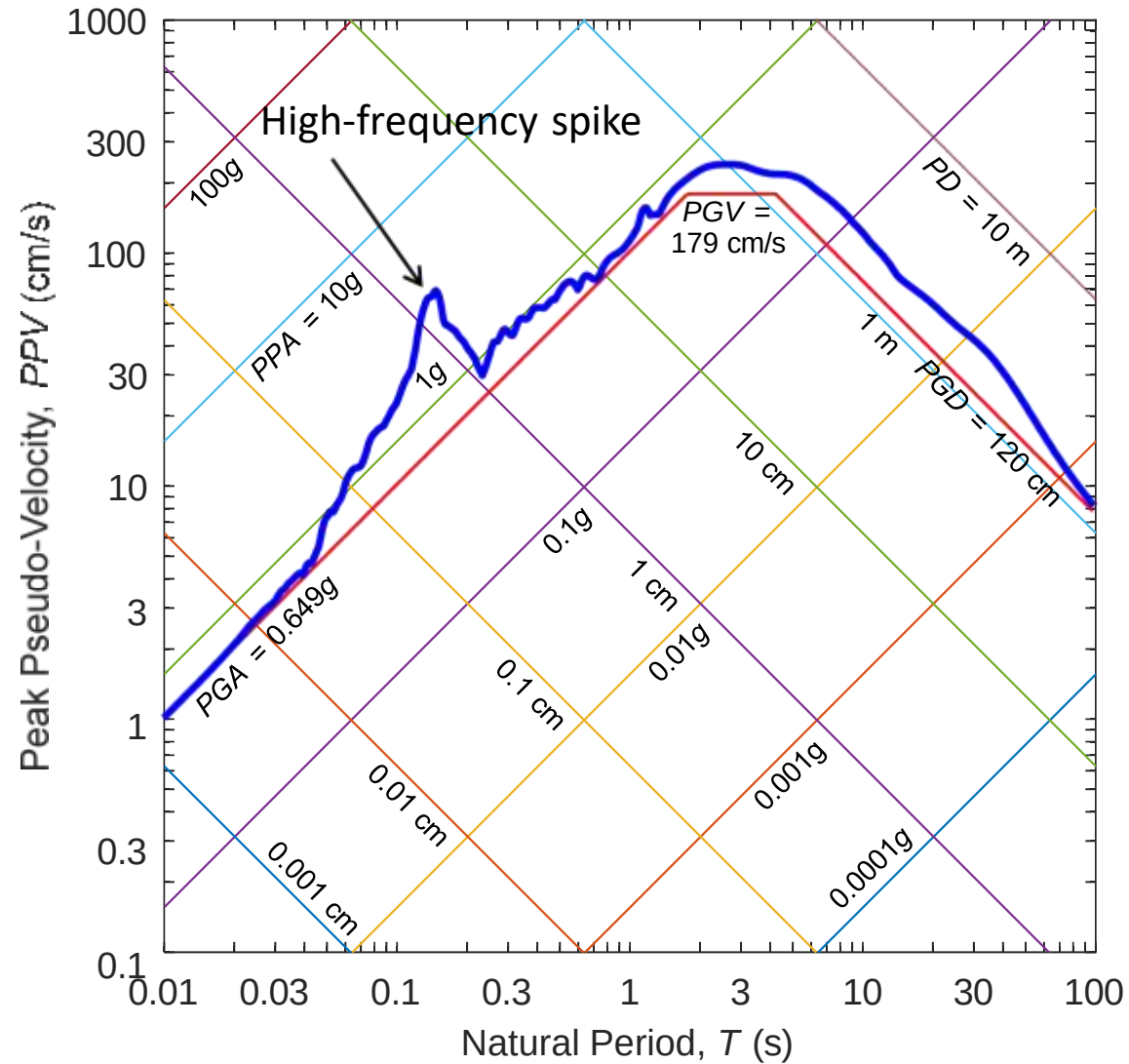
Displacement Histories



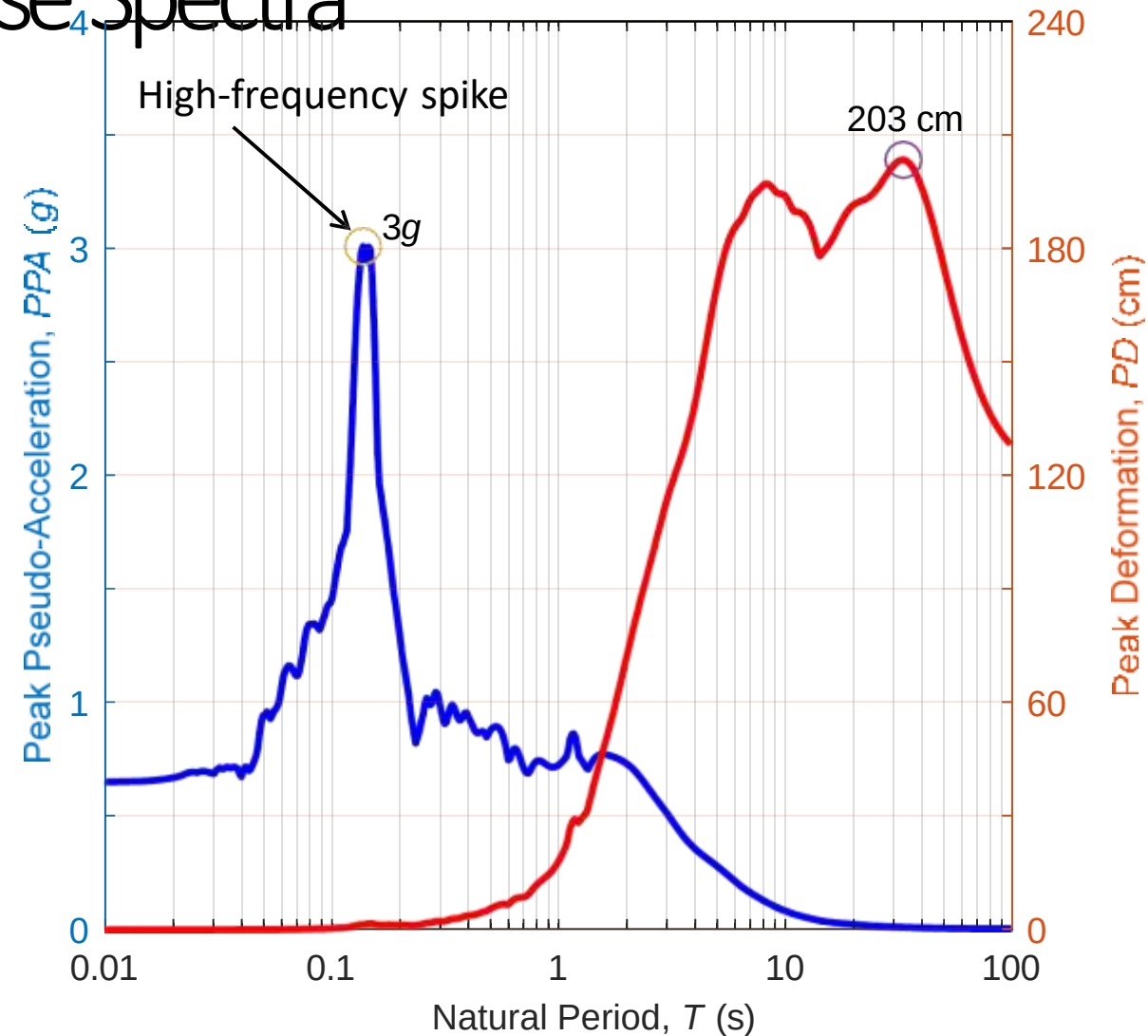
Maximum-Horizontal Ground Motion Histories



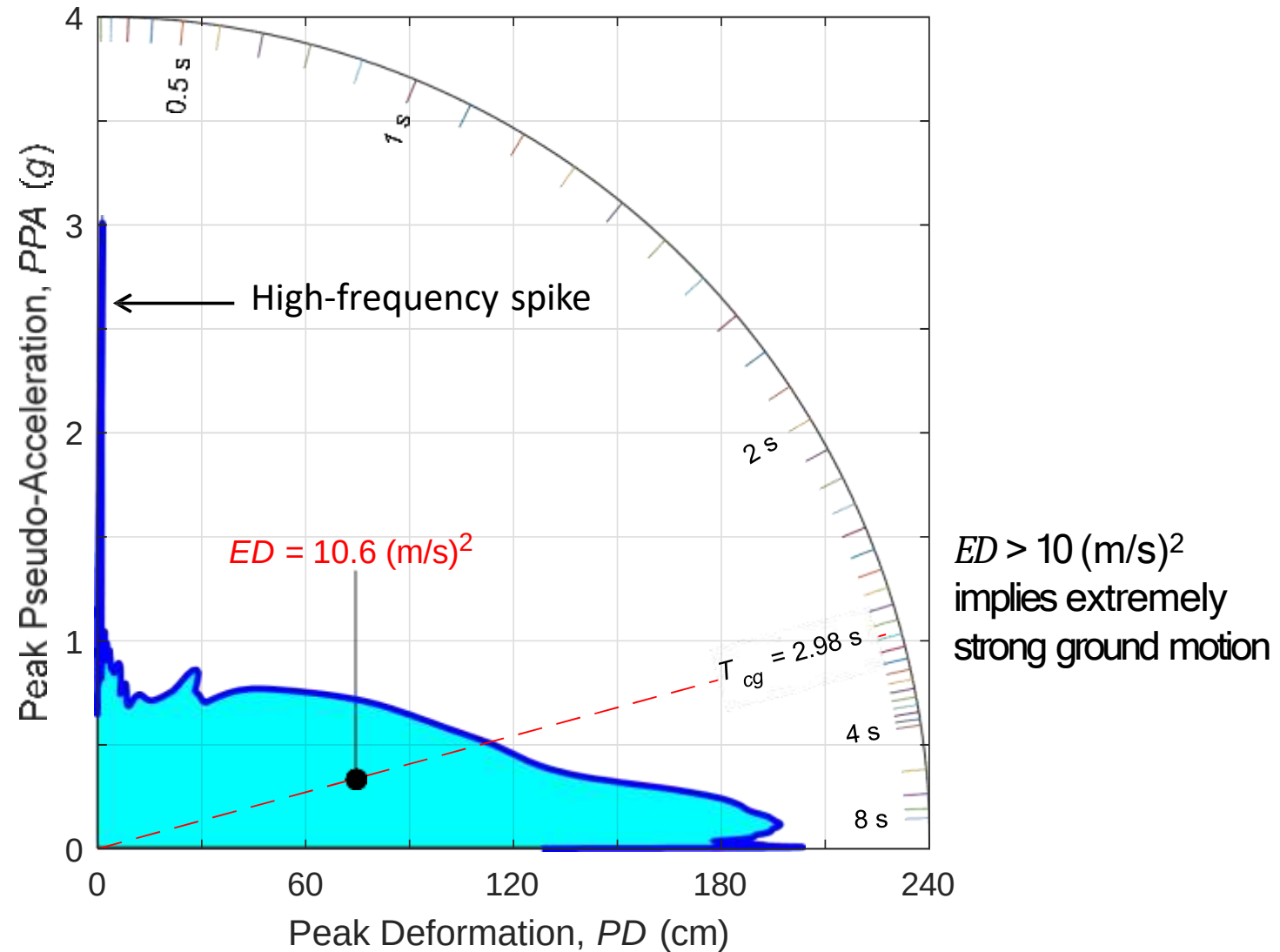
5% Damping Tripartite Response Spectrum



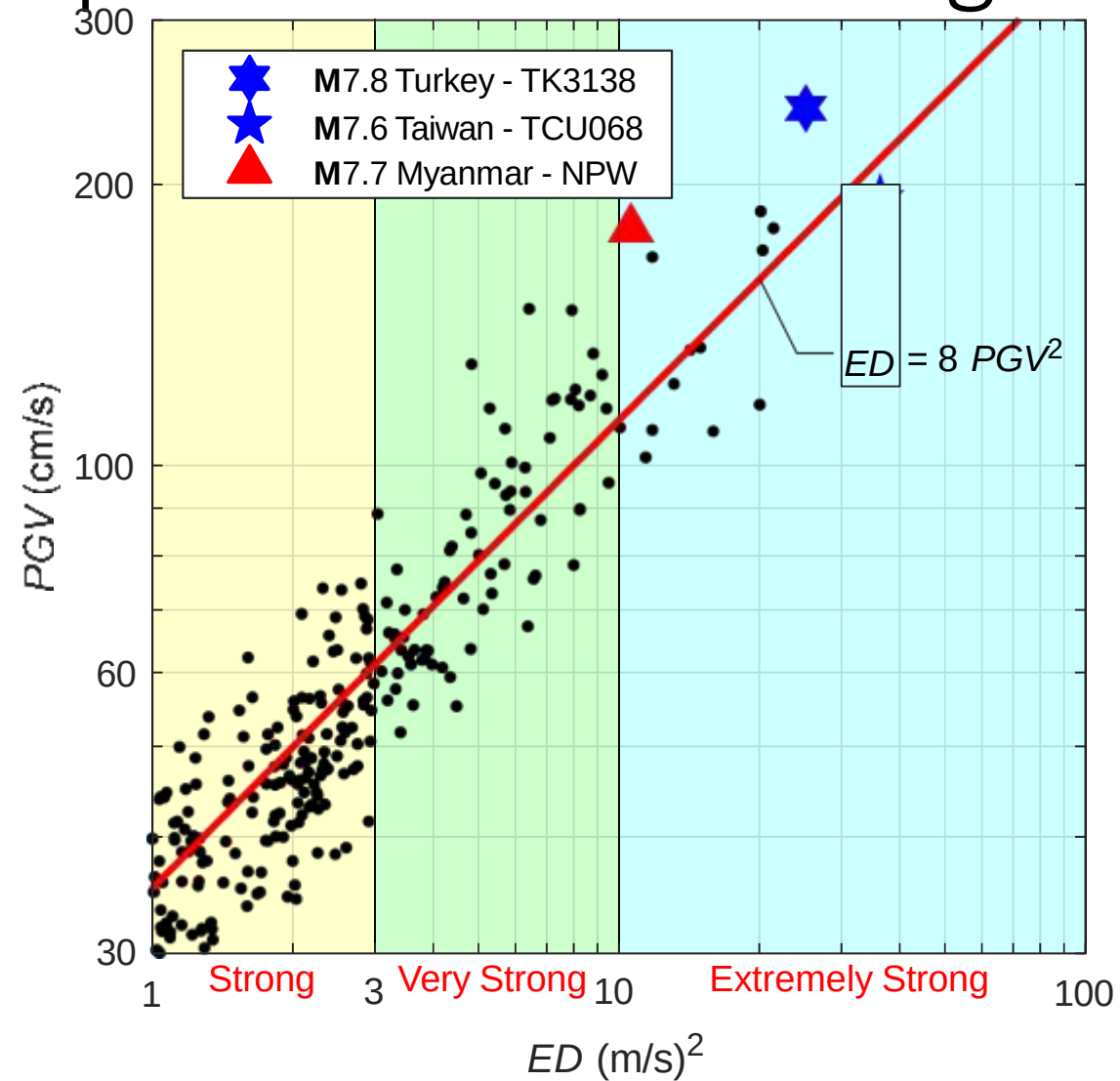
5% Damping Pseudo-Acceleration and Deformation Response Spectra



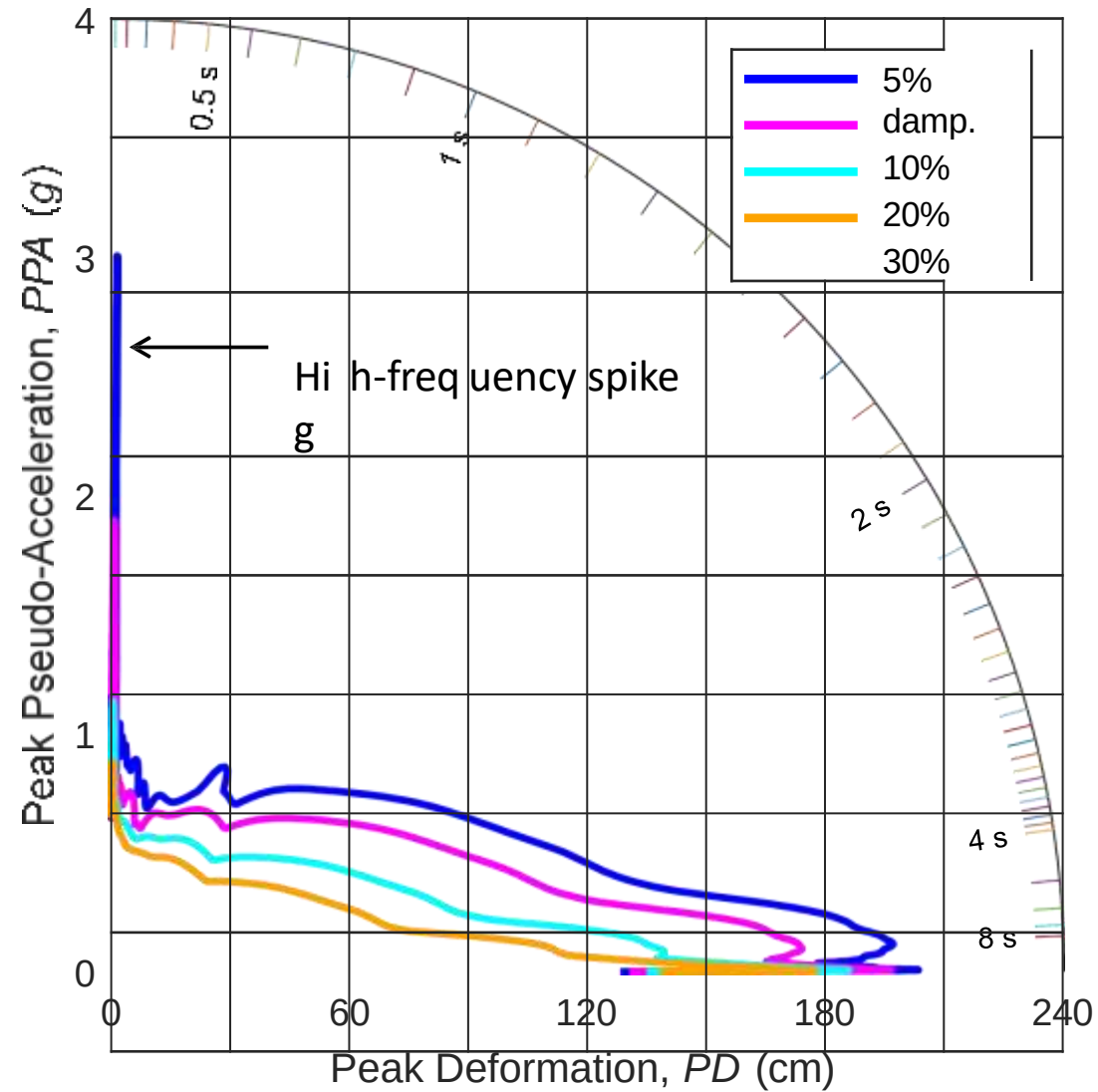
5% Damping Acceleration-Deformation Response Spectrum (ADRS)



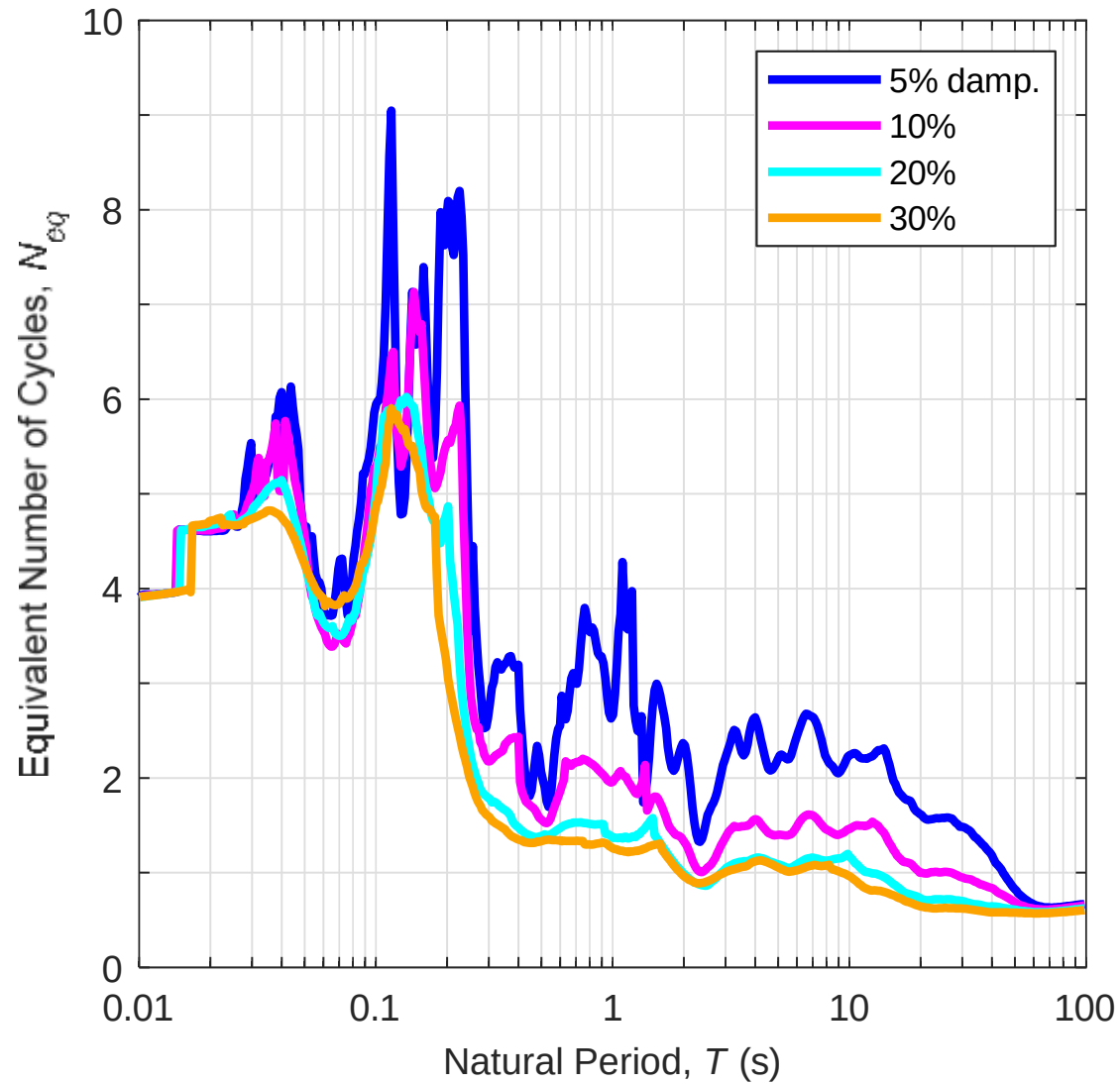
Comparison with Other Strong Motions



ADRS for Various Damping

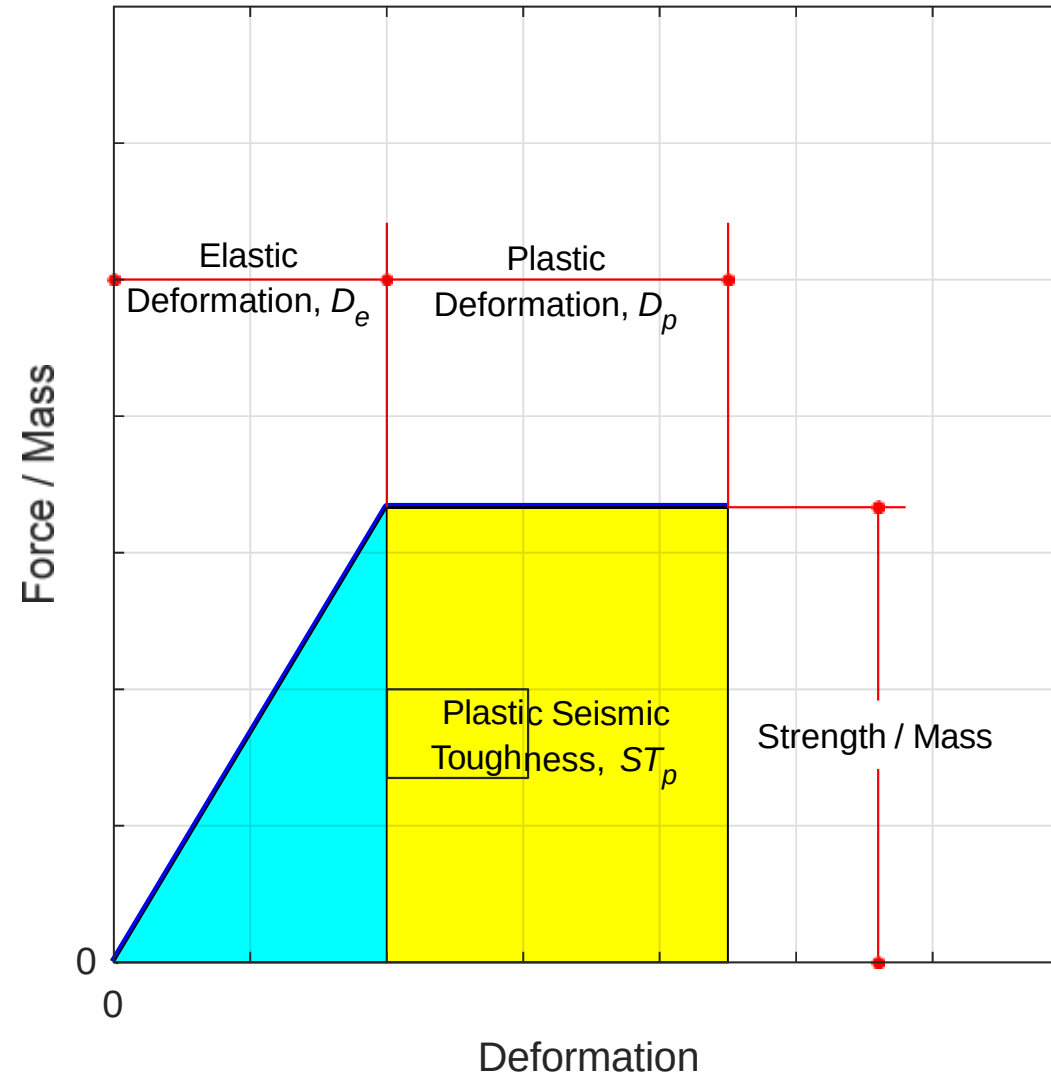


Cyclic-Demand Response Spectra (CDRS) for Various Damping

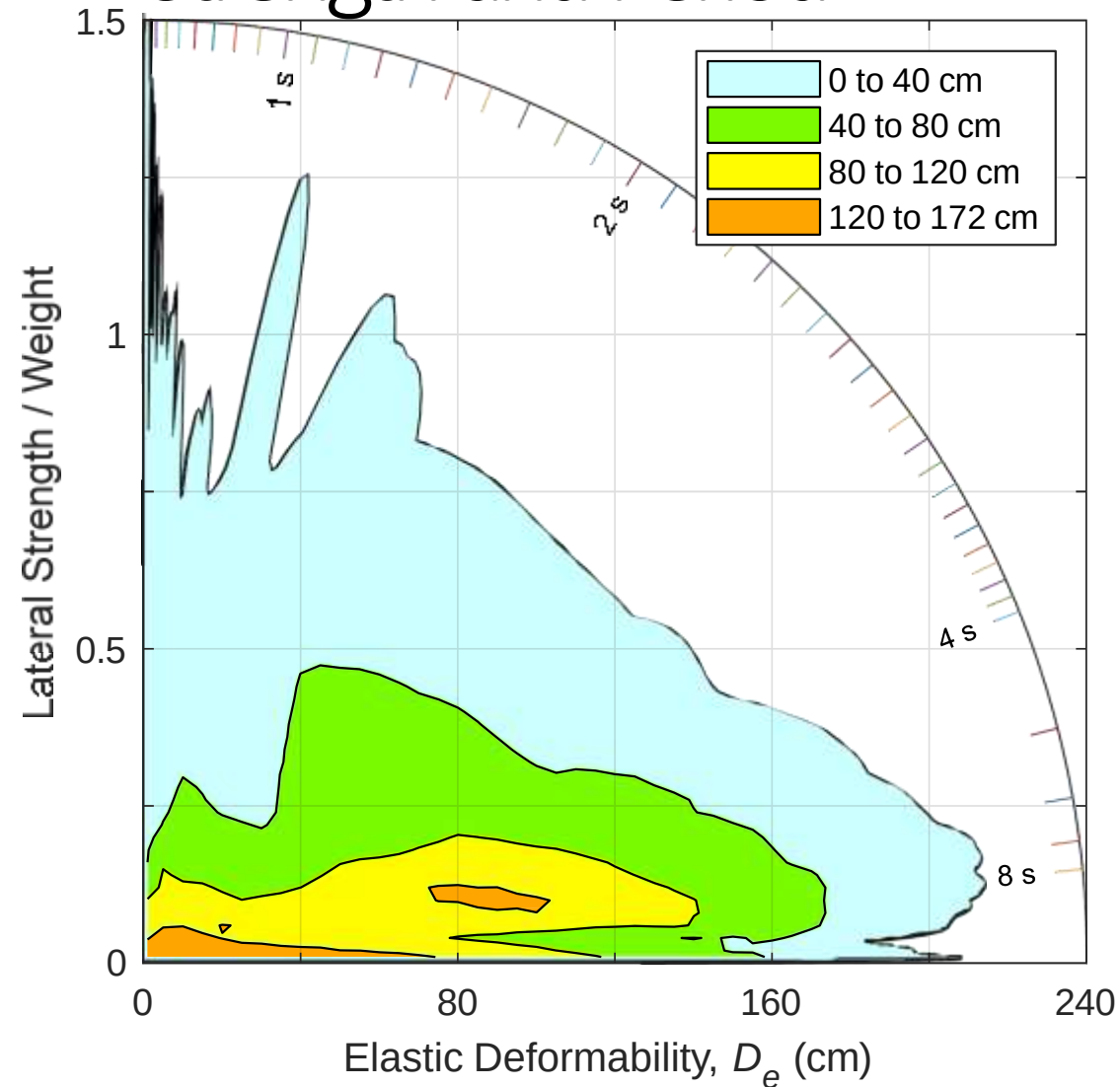


Elastic-Plastic System

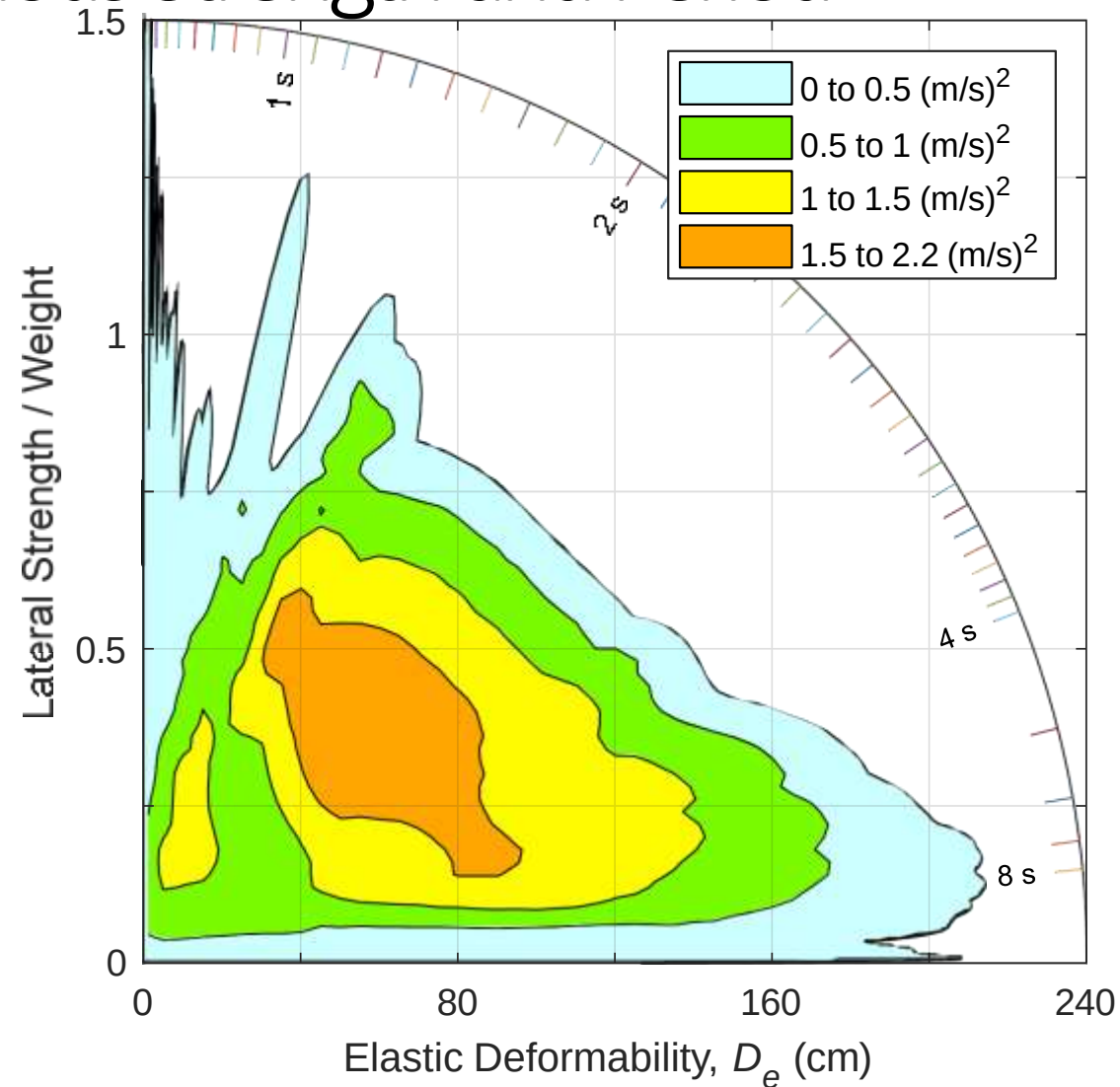
$$\text{Elastic Period} = 2\pi \sqrt{\frac{\text{Elastic Deformation}}{\text{Strength/Mass}}}$$



Plastic Deformation Demand on Structures of Various Strength and Period



Plastic Seismic-Toughness Demand on Structures of Various Strength and Period



Observations

- Strongest ground motion was recorded 250 km from the epicenter along the fault
- With energy demand of $ED = 10.6 > 10 \text{ (m/s)}^2$, therecorded ground motion was among the 15 strongest ground motions ever recorded
- Cyclic-demand was low due to 'pulse-like' nature of the ground motion
- Sharp spike in the response spectrum at $T = 0.14 \text{ s}$ has no effect on the response of ductile systems which can change their period away from the spike