

# A Study on the Van, Turkey Earthquake of 23 October 2011, Mw7.2

Mehdi. Zare<sup>1</sup>

## Abstract

The Van Turkey earthquake of 23 October 2011, Mw7.2, occurred at 13:41 local time, and caused 644 death losses (according to official sources from hospitals), of which 477 in Ercis. The Van earthquake epicenter was closed to an active tectonic intersection zone in NW Iran, eastern Turkey and SW Caucasus, and the earthquake fault with a compressional mechanism with almost east-west direction, created a surface rupture with a 10km length in the north of Van, between the coast line of Van and Ercek lakes. This article represents the seismological aspects of the Van earthquake based on a 5 - day visit by the reconnaissance team of IIEES started on the 26<sup>th</sup> day after the mainshock.

**Keywords:** Van earthquake, earthquake fault, aftershocks.

---

1. International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran, IRAN  
Corresponding author: Mehdi Zaré, IIEES, Tehran, Iran, email: mzare@iiees.ac.ir

# مطالعه زمین لرزه وان ترکیه با بزرگای ۷,۲: اول آبان ۱۳۹۰ (۲۳ اکتبر ۲۰۱۱)

مهدی زارع<sup>۱</sup>

## چکیده

زمین لرزه ۹۰/۸/۱ وان ترکیه با بزرگای گشتاوری  $M_w 7.2$  در ساعت ۱۳:۴۱ به وقت محلی موجب ۶۴۴ کشته (بر اساس گزارش رسمی منابع بیمارستانی) شد که از این میزان ۴۷۷ نفر مربوط به تلفات در شهر ارجیش است. ناحیه زلزله زده وان با تلاقی گسل های ناحیه شرق ترکیه با شمال غربی ایران و جنوب غربی قفقاز در محدوده ای با لرزه خیزی بالا قرار گرفته و گسیختگی گسل زمین لرزه ای در این زلزله با سازوکار فشاری در راستای تقریباً شرقی- غربی با گسیختگی سطحی به طول حدود ۱۰ کیلومتر در شمال وان در حدفاصل ساحل دریاچه وان تا ساحل دریاچه ارجک قابل مشاهده بود. در این مقاله بر اساس بازدید به عمل آمده از سوی گروه شناسایی مناطق زلزله زده پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله از منطقه وان ترکیه به مدت ۵ روز (از روز بیست و ششم بعد از رخداد زلزله) جنبه های زلزله شناختی زلزله وان مورد بررسی قرار گرفته است.

**کلید واژگان:** زلزله وان، ترکیه، گسل زمین لرزه ای، پس لرزه ها.

## مقدمه

زلزله ۲۳ اکتبر ۲۰۱۱ (اول آبانماه ۹۰) در ساعت ۱۳:۴۱ به وقت محلی (۱۴:۱۱ به وقت تهران) در شمال شرق شهر وان ترکیه (شکل-۱) در پهنه شرقی دریاچه وان و در حد فاصل دریاچه وان و مرز ایران (شکل-۲) در پهنه‌ای بسیار لرزه خیز (شکل-۳) به لحاظ آمار رخداد زلزله‌ها و رویداد زلزله‌های مخرب رخ داد. این ناحیه با تلاقی گسل‌های ناحیه شرق ترکیه با شمال غربی ایران و جنوب غربی قفقاز پهنه‌ای است که در آن زلزله‌های مهم تاریخی و سده بیستم رخ داده است.

در نزدیکی پهنه روم‌مرکزی این زلزله، زلزله ۲۴ نوامبر ۱۹۷۶ با بزرگای ۷٫۱ - با پنج هزار نفر کشته، مهمترین زلزله در سده اخیر محسوب می‌شود که در آن زلزله نیز علاوه بر خسارت سنگین در ترکیه به ویژه شهر چالدران، خسارت‌هایی در ایران، به ویژه به شهرهای سیه چشمه و خوی و روستاهای اطراف وارد شد. زلزله وان در تمامی بیست و چهار ایستگاه شبکه لرزه نگاری باند پهن پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله با کیفیت بالا ثبت شد. هفت ایستگاه شتاب‌نگاری ایران نیز در ناحیه سیه چشمه و خوی شتاب‌نگاشت‌های این زلزله را (با شتاب حداکثر ۷۰ سانتی متر بر مجذور ثانیه) ثبت کردند. بیشینه شتاب در این زلزله در فاصله ۵۰ کیلومتری کانون در حد  $0.2g$  ثبت شد.

## زمین ساخت و سابقه لرزه‌خیزی منطقه

منطقه‌ای که این زلزله در آن رخ داد ناحیه‌ای است که گسل‌های فعال به موازات سامانه گسلی آناتولی شمالی (با روند شمال غرب - جنوب شرق) از نزدیکی آن عبور می‌کنند. گسل وان با روندی شرقی-غربی (با تمایل شرق، شمال شرق - غرب، جنوب غرب) و شیب به سمت شمال مسبب این رویداد بوده است. کانون زلزله در نزدیکی روستای تابانلی قرار داشت. ژرفای اولیه ۸ کیلومتر برآورد شده و شهرهای دیاربکر، آگری، ارزروم، و موش در ترکیه و شهرهای سیه چشمه و خوی و ماکو در ایران به شدت این زلزله را احساس کردند. این زلزله در هفت روز اول پیس از رخداد بیش از ۶۰۰ پس‌لرزه با بزرگای بیش از ۳ داشته

که مهم‌ترین آن‌ها با بزرگای ۶,۰ در شب اول و دومی با همین بزرگا در شب دوم پس از حادثه رخ داد و موجب تشدید خسارت‌ها در پهنه زلزله زده گردید. پس‌لرزه ۹ نوامبر ۲۰۱۱ در وان با بزرگای ۵,۶ با فروریختن دو ساختمان که یکی هتل بایرام در جنوب میدان استانداری - والی لیگی - بود، با ۴۰ نفر کشته همراه شد.

### زمین‌لرزه‌های تاریخی منطقه وان

در اینجا مرور مختصری بر لرزه خیزی منطقه وان (جدول-۱) ارائه شده است (آمبرسینز . ملویل ۱۹۸۲). شهر وان امروزی در کنار خرابه‌های شهر تاریخی توشیا پایتخت باستانی اورارتوها (شکل- ۵) و در مجاور قلعه تاریخی وان (شکل-۶) با سابقه تاریخی ۲۵۰۰ سال که در آن کتیبه خشایارشا (شاه سلسله هخامنشی ۴۸۵ - ۴۶۵ پیش از میلاد) هم موجود است. در کنار ساحل دریاچه وان، در حدود ۱۰ کیلومتری شمال شرق شهر وان آثار فرفرافتادگی (ولگونی) افتگاه رسوبات دریاچه‌ای وان مشهود است که احتمالاً می‌توان آن را به رخداد یکی از زمین‌لرزه‌های تاریخی در این محدوده مربوط نمود (شکل-۷).

در ۴۶۱ منطقه ملازگرد، شمال وان، ویران شد. زمین لرزه ویرانگر دیگری در آوریل ۶۰۱ در تارون، بین کیگی و موش در ارمنستان (اکنون در ترکیه) نیز گزارش شده است یاد کرده‌اند.

در ۳۱ مارس ۱۶۴۸ وان- هایوتس دزور، زمین لرزه ویرانگری در منطقه وان در هایوتس دزور روی داد. در سوی شمال رودخانه هوشاپ منطقه پرجمعیتی ویران شد و یا روستاها چنان آسیب دیدند که پس از زمین لرزه متروک رها شدند. لرزه سبب خشکیدن دوازده چشمه آب در آواتس، نزدیک وان، شد و در نورا گیوت زمین لغزه‌ای به راه انداخت که این روستا و صومعه همسایه آن را از جای خود فرا برد و ویران کرد. لرزه در تبریز و ارمنستان به شدت حس شد. پس لرزه‌ها به مدت حدود سه ماه دنباله داشت.

۱۴ آوریل ۱۶۹۶ چالدران. زمین لرزه بزرگی در ارمنستان روستاهای منطقه چالدران را بطور کامل ویران کرد. آسیب‌ها تا دوآوانیتس، که در آن روستاهای وانیتس ویران شد، گسترش

داشت. در نزدیکی ماکو دیوارهای دیرتادئوس قدیس و حجره‌های نوساخته فرو ریخت و شماری از مردم را کشت.

۸ مارس ۱۷۱۵ جنوب شرق وان. در سپیده دم زمین لرزه شدیدی در منطقه ماهماتان، جنوب خاور وان، روی داد. این لرزه روستاهای بسیاری را در دشت مهمدیک ویران کرد و شمار زیادی از مردم را کشت.

۱۹۷۶ (۲۴ نوامبر) چالدران، زمین‌لرزه با بزرگای ۷٫۱ در راستای گسل چالدران در ساعت ۲:۲۲ به وقت محلی رخ داد. کانون زمین‌لرزه در نزدیکی مرادیه قرار داشت. زلزله با حدود ۵۰۰۰ کشته همراه بود و خسارت‌ها در ایران نیز به صورت محدود در سیه چشمه و خوی مشاهده شد. در نزدیکی پهنه رومرکزی زمین‌لرزه ۲۳ نوامبر ۲۰۱۱، پهنه رومرکزی زلزله ۲۴ نوامبر ۱۹۷۶ با پنج هزار نفر کشته، مهم‌ترین زلزله در سده اخیر محسوب می‌شود که در آن زلزله نیز علاوه بر خسارت سنگین در ترکیه به ویژه شهر چالدران، خسارت‌هایی در ایران، به ویژه به شهرهای سیه چشمه و خوی و روستاهای اطراف وارد شد.

### شدت زمین‌لرزه

بر اساس بازدید به عمل آمده از پهنه رومرکزی زلزله وان، گروه شناسایی مناطق زلزله زده پژوهشگاه نقشه هم شدت زلزله وان را تهیه نمود (شکل-۸). در این شکل با توجه به نحوه توزیع خرابی‌ها پیرامون روند شرقی- غربی گسلش زمین‌لرزه‌ای در محدوده شمال وان، کشیدگی خم‌های هم‌شدت هم به همین ترتیب مشاهده می‌شود. ضمناً شدت حداکثر در وان برابر با VIII - بر اساس مقیاس EMS98- در وان و VII در ارجیش تعیین شد. البته با توجه به توزیع خرابی‌ها در محدوده مرکزی شهر ارجیش (شکل‌های ۹ و ۱۰) می‌توان به طور موضعی شدت VIII را در محل شهر ارجیش به عنوان شدت حداکثر در نظر گرفت.

مسأله اثر جهت‌پذیری چشمه در راستای عمود بر گسل و همچنین اثر خاک نرم در ارجیش و وان موجب تشدید در ایجاد خسارت و تلفات در زلزله وان شد. در شهر وان (شکل-۱۱)، رسوبات نرم با ضخامت زیاد - بیش از ۳۰ متر- با سرعت موج برشی ۲۰۰ تا ۵۰۰ متر بر ثانیه، موجب تشدید خرابی‌ها در آپارتمان‌ها و مجتمع‌های مسکونی و تجاری ۴ تا ۶ طبقه شد

(شکل ۱۲). در شهر ارجیش که بر روی یک تراس لسی کنار دریاچه به ارتفاع بین ۱۰ تا ۵۰ متر واقع است، بیشتر خرابی‌ها در ناحیه مرکزی و جنوب و جنوب غرب شهر متمرکز بود.

### گسلش زمین‌لرزه و گسیختگی سطحی

گسیختگی گسلش در حدود ۱۰ کیلومتری شمال وان به صورت گسیختگی فشاری و سطحی و بعضاً با جابجایی امتداد لغز، در شمال بایراکچی و شمال پردیس دانشگاه وان با طول حدود ۱۰ کیلومتر مشاهده شد (شکل ۱۳). منطقه‌ای که این زلزله در آن رخ داد ناحیه‌ای است که گسل‌های فعال به موازات سامانه گسلی آناتولی شمالی (با روند شمالغرب-جنوب شرق) از نزدیکی آن عبور می‌کنند. بر اساس سازوکار ژرفی زلزله وان (شکل ۱-۱) روند شرقی-غربی گسیختگی زمین‌لرزه‌ای و با توجه به توزیع پس‌لرزه‌ها در شمال وان و در محدوده شمال روند گسیختگی سطحی زمین‌لرزه‌ای (شکل ۴-۴) گسلش با شیب به سوی شمال به عنوان گسل زمین‌لرزه‌ای مسبب این رخداد معرفی می‌شود. روند گسیختگی سطحی در طول حدود ۱۰ کیلومتر در راستای تقریباً شرقی-غربی به صورت ایجاد گسیختگی در جاده و مزارع کشاورزی (شکل ۱۴-۱۴) و همچنین شکستگی در کانال انتقال آب در شمال پردیس دانشگاه وان و شرق باراکچی (شکل ۱۵-۱۵) مشاهده شد. این گسیختگی‌ها به صورت ناپیوسته و با جابه‌جایی محدود در ۱۰ تا ۳۰ سانتی متر به صورت بالا آمدگی یا لبه فشردگی قابل مشاهده بود.

### مروری بر مدیریت سانحه و اطلاع‌رسانی بزرگای بلافاصله پس از رخداد

سازمان‌دهی امداد و نجات ترکیه توسط سازمان آفاد (AFAD) (دفاع غیر نظامی ترکیه) انجام می‌شود و هلال احمر ترکیه مسئول کمک‌های اولیه و اسکان اضطراری و اولیه در این کشور است. برای ساماندهی عملیات مدیریت بحران در مراکزی به نام مرکز بحران (KRIZ MERKEZI) در شهرهای آسیب دیده ایجاد شد. در این مراکز که زیر نظر سازمان AFAD فعالیت می‌کردند در زلزله وان هدایت، کنترل و مدیریت کمک‌های امدادی به زلزله زدگان انجام شد و کمک‌های غذایی روزانه به ۱۲۸ هزار نفر از افراد آسیب دیده (با ارایه غذای گرم) ارایه شد. در شهر وان بیشتر آوار زمین‌لرزه در حدود ۱۰ روز پس از رخداد زمین‌لرزه

جمع شد ولی در ارجیش حتی چهار هفته پس از رخداد زلزله هنوز خرابه‌ها (که بیشتر به ساختمانهای ۴ تا ۶ طبقه آپارتمانی مربوط بود)، برجای مانده بود و در در محل بعضی از خرابه‌ها بوی تعفن جنازه‌های باقی مانده زیر آوار به مشام می‌رسید.

زلزله وان با فروریختن ساختمان‌های متعددی در شهر وان و شهر ارجیش استان وان همراه بود. فروریختن یک ساختمان ۷ طبقه در منطقه‌ای از شهر وان که در آن مجتمع‌های مسکونی - ارزان قیمت - متمرکز بودند، موجب اعزام نیروهای امدادی و البته تمرکز توجه رسانه‌های بین‌المللی صوتی و تصویری و وب- به این ساختمان فروریخته در ساعات اول پس از رخداد شد. در دو ساعت اول بعد از رخداد، تعداد تلفات بیش از ۱۰۰۰ نفر برآورد شد.

از نظر گزارش رخداد زلزله نیز تمامی شبکه‌های جهانی لرزه‌نگاری از همان دقایق اولیه بزرگای زلزله را به صورت اولیه ۷,۲ (در مقیاس بزرگای گشتاوری Mw) برآورد و گزارش کردند (به ویژه مرکز ملی اطلاعات زلزله آمریکا - NEIC - و مرکز زلزله شناسی اروپا - مدیترانه - CSEM) در حدود ۲۰ دقیقه پس از رخداد چنین اطلاعاتی را روی وب سایت خود گزارش کردند رصدخانه کاندیلی در استانبول، وابسته به دانشگاه بوغازیچی ترکیه در ساعات اولیه پس از رخداد زلزله بزرگای در مقیاس امواج درونی mb را ۶,۶ اعلام کرد، که تا حدود دو ساعت پس از وقوع رخداد نیز زسانه‌های ترکیه و هلال احمر ترکیه بزرگای ۶,۶ را به عنوان بزرگای زلزله اعلام و تکرار می‌کردند. البته رئیس رصدخانه کاندیلی، استاد مصطفی اردیک در مصاحبه‌ای تلویزیونی دو ساعت و نیم پس از رخداد بزرگای زلزله را اصلاح کرده و توضیح داد که به دلیل محدودیت بزرگای در مقیاس امواج درونی mb و اشباع شدن آن، امکان گزارش دقیق نبوده و بنابراین مقدار بزرگای به ۷,۲ اصلاح و اعلام شد. این موضوع نکته مهمی را نشان می‌دهد که شبکه‌های ملی مثل شبکه‌های ایران و ترکیه - در صورت اعلام سریع بزرگای زلزله‌های بزرگ با مقیاس امواج دورنی mb، همچنان امکان اشتباه در اعلام سریع بزرگای زلزله‌های اصلی (با بزرگای بیش از ۷) را دارند (و چه بسا سازمان‌های مدیریت بحران به این دلیل سردرگم شوند). البته امروزه با وجود اینترنت و دسترسی سریع به داده‌های شبکه‌های جهانی، هم امکان اطلاع رسانی و تصحیح برآورد وجود دارد، و هم لازم است تا بزرگای گشتاوری به عنوان مبنای گزارش چنین مراکزی - به ویژه در ایران و ترکیه - قرار گیرد.

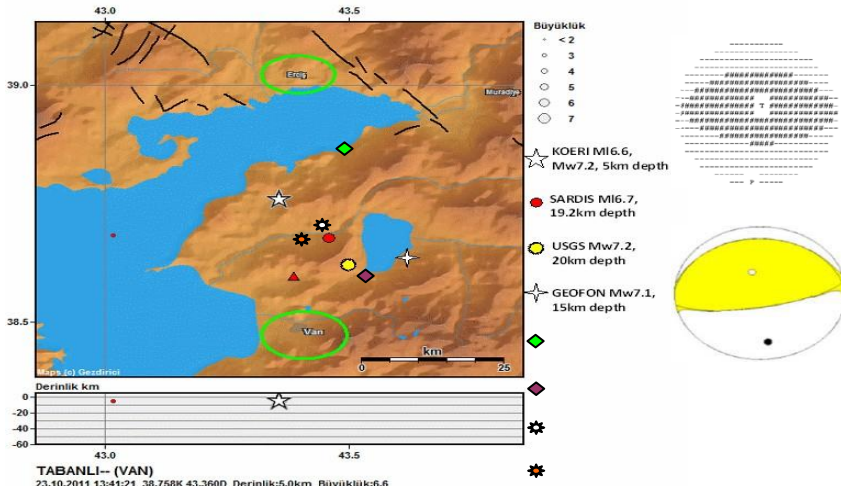
## نتیجه گیری

زمین لرزه ۲۳ اکتبر ۲۰۱۱ وان ترکیه با بزرگای گشتاوری ۷,۲ در ساعت ۱۳:۴۱ به وقت محلی موجب ۶۴۴ کشته شد که از این میزان ۴۷۷ نفر مربوط به تلفات در شهر ارجیش بود. گسیختگی گسلش در حدود ۱۰ کیلومتری شمال وان به صورت گسیختگی فشاری و سطحی و بعضاً با جابجایی امتداد لغز، در شمال بایراکچی و شمال پردیس دانشگاه وان با طول حدود ۱۰ کیلومتر مشاهده شد. زلزله وان هشدار مهمی برای وقوع اتفاقی مشابه با بزرگای بیش از ۷,۰ در فلات ایران است که اکنون ۱۴ سال و شش ماه است که پس از رخداد زلزله ۲۰ اردیبهشت ۱۳۷۶ اردکول قائن با بزرگای ۷,۲، سکوتی لرزه‌ای نسبتاً طولانی (نسبت به وقوع زلزله ای با بزرگای بیش از ۷) در آن برقرار شده است. این در حالی است که فلات ایران به لحاظ آماری به طور متوسط هر ۱۰ سال یک یا دو زلزله با بزرگای بیش از ۷ در پنجاه سال اخیر تجربه کرده است. زلزله وان زنگ خطر مهم دیگر در کنار مرزهایمان است. به هوش باشیم.

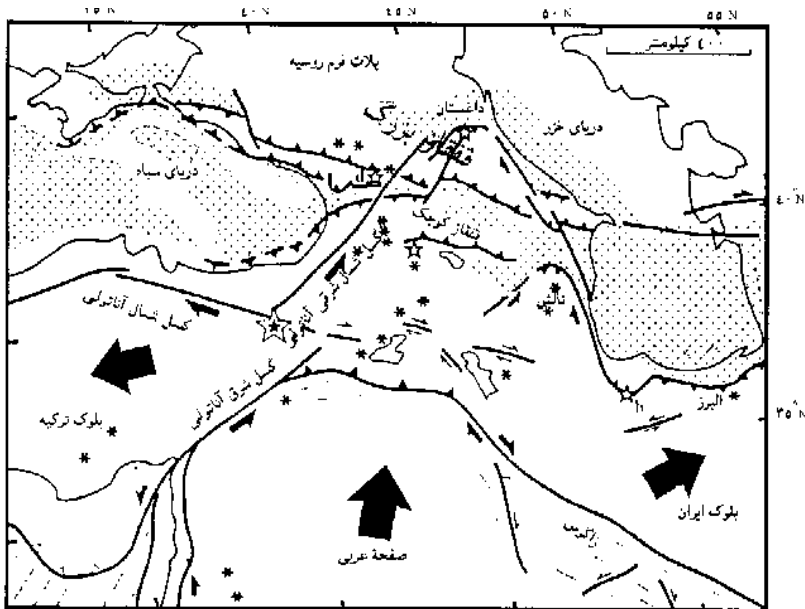
جدول ۱- زمین لرزه‌های تاریخی با بزرگای بیش از ۶,۵ در محدوده ۲۰۰ کیلومتری وان ترکیه

Year	Mon	Day	Time	Lat	Long	Dep	Mag
1905	10	21	1101	42.000	42.000	60	7.5
1905	12	04	1220	38.000	37.000	60	7.0
1909	02	09	1124	40.000	38.000	60	6.8
1916	01	24	0655	41.000	37.000	0	7.2
1924	09	13	1434	39.864	41.876	35	6.8
1930	05	06	2234	38.152	44.685	25	7.1
1939	12	26	2357	39.770	39.533	35	7.8
1949	08	17	1844	39.500	40.600	0	6.8
1954	03	28	0447	39.100	41.000	0	6.8
1962	09	01	1920	35.556	49.810	17.6	6.9
1971	05	22	1644	38.868	40.542	3.6	6.7
1975	09	06	0920	38.516	40.768	39.7	6.7
1976	11	24	1222	39.083	44.030	9.7	7.0
1980	05	04	1835	38.047	49.018	25	6.6
1983	10	30	0412	40.328	42.177	15	6.6
1988	12	07	0741	40.928	44.114	5	6.8
1990	06	20	2100	37.001	49.186	19	7.4
1992	03	13	1718	39.728	39.654	7	6.7
1993	01	15	1215	36.666	43.686	42.4	7.5
2000	11	25	1809	40.226	49.974	50	6.8
2000	11	25	1810	40.123	49.960	37.7	6.5
2002	06	22	0258	35.626	49.047	10	6.5
2011	10	23	1041	38.628	43.486	20	7.2

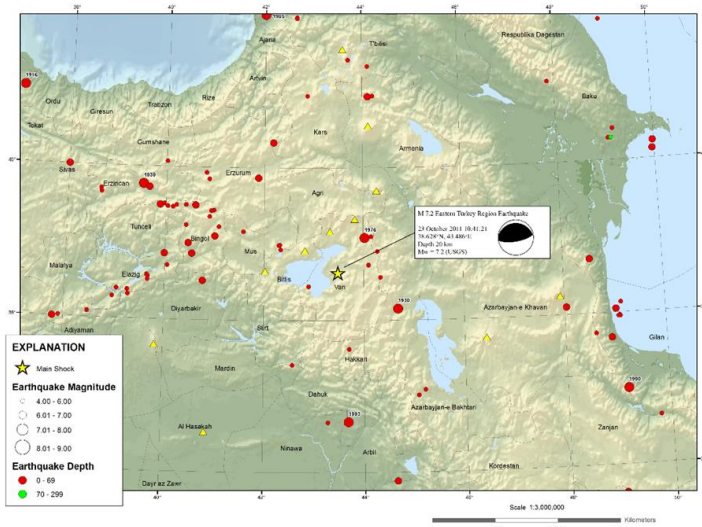




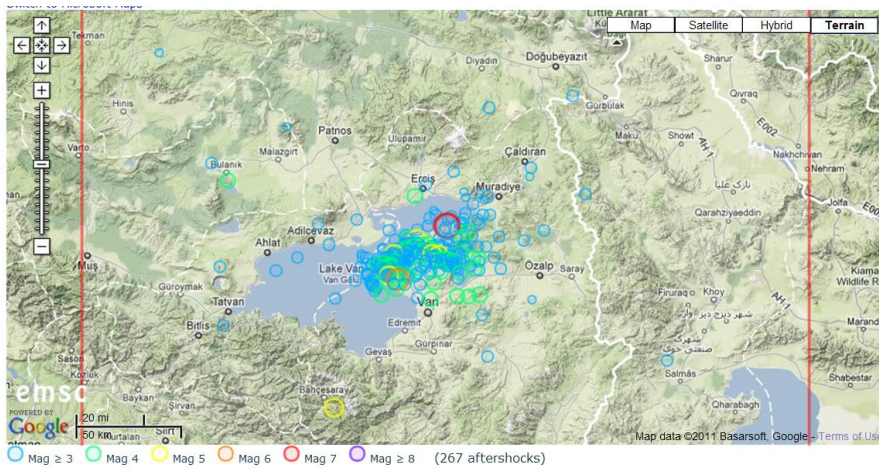
شکل ۱- کانون و سازو کار ژرفی زمین لرزه ۲۳ اکتبر ۲۰۱۱ وان ترکیه



شکل ۲- زمین ساخت ناحیه‌ای در ناحیه شمال غرب ایران و شرق آناتولی، نقل از جکسون و مکنزی



شکل ۳- لرزه خیزی محدوده شرق آناتولی و محدوده مرزی ایران و ترکیه.



شکل ۴- پس لرزه های زمین لرزه وان در محدود زمانی ۱۰ روز پس از رخداد زلزله وان. بر اساس گزارش رصد خانه کاندیلی، استانبول ترکیه.



شکل ۵- توشپا، پایتخت باستانی اورارتو در غرب وان ترکیه: در کنار قلعه وان



شکل ۶- قلعه وان در شرق وان و کتیبه خشایارشا، پادشاه هخامنشی



شکل ۷- افتادگی آبرفت‌های دریاچه‌ای، در ساحل شرقی دریاچه وان، ۱۰ کیلومتری شمال غرب وان. احتمالاً در اثر یک رخداد زمین‌لرزه دیگر در گذشته.



Iso Seismal Map (EMS98) of the Van Earthquake of 23 October 2011, Mw7.2, based on the IIEES Reconnaissance Team Visit to the Region, by: M. ZARE, E. HAGHSHENAS, M. BASTAMI, Nov. 2011

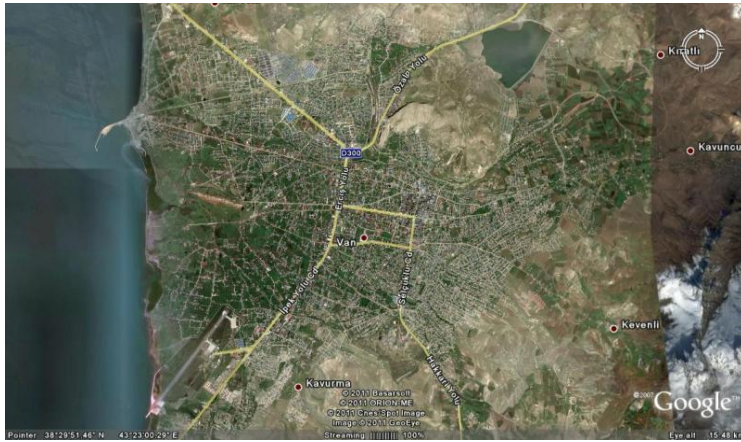
شکل ۸- نقشه خم‌های هم شدت در زمین‌لرزه وان ترکیه ۲۳ اکتبر ۲۰۱۱ با بزرگای ۷٫۲. بر اساس بازدید گروه شناسایی مناطق زلزله زده اعزام شده از پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله (م. زارع، ا. حق‌شناس، م. بسطامی).



شکل ۹- ویرانی در ارجیش



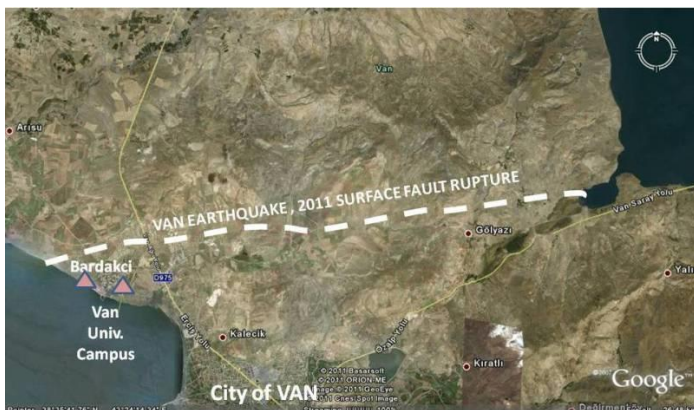
شکل ۱۰- ارجیش - مرکز شهر



شکل ۱۱- مرکز شهر وان



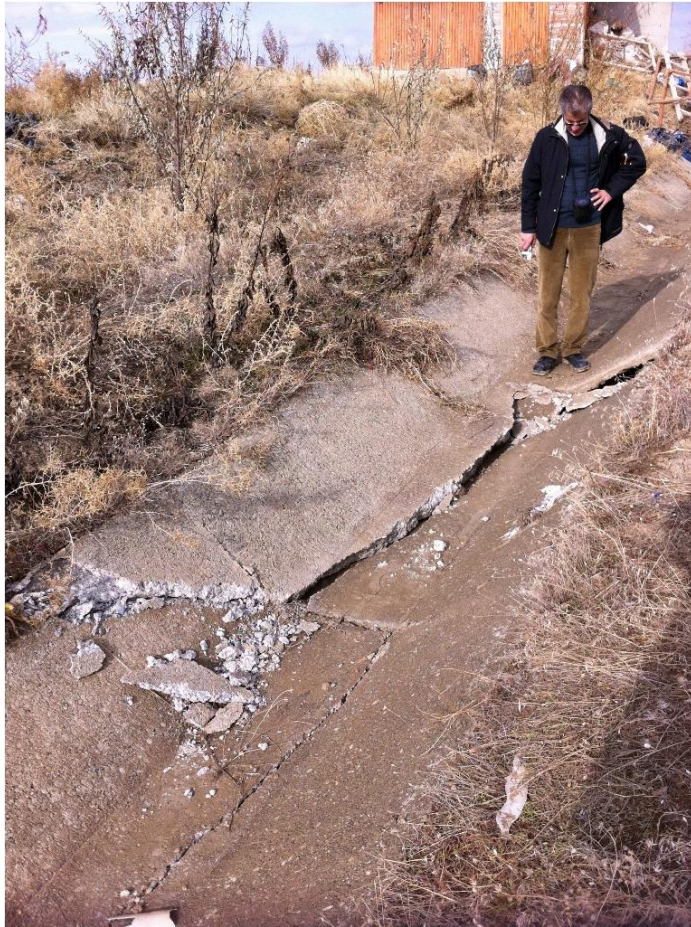
شکل ۱۲- ویرانی در مرکز شهر وان



شکل ۱۳- گسیختگی سطحی زمین‌لرزه وان در شمال وان و در حد فاصل ساحل دریاچه وان و دریاچه ارجک به طول حدود ۱۰ کیلومتر.



شکل ۱۴- گسیختگی سطحی ناشی از گسل زمین‌لرزه‌ای وان ترکیه ۲۳ اکتبر ۲۰۱۱.



شکل ۱۵- شکستگی در کانال انتقال آب در شمال وان در راستای گسیختگی سطحی گسل زمین‌لرزه‌ای وان.



## منابع

آمبرسیز، ن. و ج. ملویل. (۱۹۸۲). تاریخ زمین لرزه های ایران، ترجمه ابوالحسن رده. (۱۳۷۰). تهران: آگاه

IFRC. *Information Bulletin :Turkey: Earthquake*. s.l.: International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 23 October, 2011. 1 to 18.

Jackson, J. & McKenzie, D. 1984, *Active tectonics of the Alpine- Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan*, *Geophysical Journal - Royal Astronomical Society*, 77( 1) pp. 185–264.

*Operation Blessing International responding to deadly earthquake in eastern Turkey*. reliefweb. [Online] october 26, 2011. <http://reliefweb.int/node/455527>.

Search for Turkish quake survivors called off. *AFP*. [Online] Oct 29, 2011. <http://www.google.com/hostednews/afp/article/ALeqM5jnwpsfkiXkt7LJTOciswoFh2uTYw?docId=CNG.db36bfab46eee355ae8cabe781314432.141>.

Kandili *Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI)*, web site; [www.koeri.boun.tr/](http://www.koeri.boun.tr/)