

پیش بینی احتمال رخداد زمین لرزه پس از ناهنجاریهای اقلیمی و جوی

غزاله رسانه

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد فلاورجان
Gh_rasaneh@yahoo.com

پریسا ابو نصر شیراز و مریم خادمی دهکردی

دانشگاه علمی کاربردی جامعه اسلامی کارگران امام صادق ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فلاورجان
khademi@fala.ac.ir

چکیده

در کشور ایران، به لحاظ ویژگی زمین شناسی، تکتونیکی، جوی و زیست محیطی آن، بلایای طبیعی در کنار روند رو به رشد جمعیت، گسترده ترین نگرانی در زندگی مردم تلقی می شود. از این بین زلزله به عنوان یک رخداد ویرانگر بارها در کشور ما تجربه شده و با توجه به آمار موجود احتمال اینکه در آینده نیز شاهد آن باشیم، زیاد است. جست و جو برای یافتن روشهای قابل اطمینان پیش بینی کوتاه مدت زمین لرزه، از مباحث مهم زلزله شناسی و ژئوفیزیک است. یکی از روشهای پیش بینی زلزله استفاده از پیش نشانگرها می باشد. محققان زمین لرزه بر غیر قابل پیش بینی بودن زمان دقیق زلزله، با تکیه بر دانش کنونی، تاکید دارند ولی در عین حال معتقدند که نشانگرهایی قبل از وقوع زمین لرزه وجود دارند که با مطالعه و بررسی آنها میتوان به یافتن روشی برای پیش بینی زلزله امیدوار بود. گروهی از این پیش نشانگرها، تغییرات پارامترهای جوی قبل از وقوع زلزله می باشد. در این مقاله تغییرات چند پارامتر جوی از جمله، دمای هوا، رطوبت نسبی و ابرناکی، دمای خاک و شار گرمای نهان سطحی را قبل از وقوع چند زلزله بزرگ مورد بحث و بررسی قرار میدهم. به این منظور از داده ها و نقشه های سازمان هواشناسی کشور و پایگاه داده های NOAA استفاده شده است.

واژگان کلیدی: پیش بینی کوتاه مدت، پیش نشانگرهای جوی، شار گرمای نهان سطحی، نقشه های هواشناسی

مقدمه

موضوع پیش‌بینی زمین‌لرزه از دیرباز تاکنون ذهن انسان را به خود مشغول داشته است. تاکنون تلاش‌های علمی زیادی برای ایجاد ارتباط معنی‌دار بین تغییرات عوامل ژئوفیزیکی، زمین‌شناسی و حتی جوی با وقوع زمین‌لرزه صورت گرفته است، اما تاکنون هیچ یک از این تلاش‌ها به نتیجه قطعی نرسیده است. البته مجموعه اتفاقات غیرطبیعی که قبل از وقوع زلزله رخ می‌دهند را می‌توان علایم هشدار دهنده به حساب آورد. هر پارامتری که قبل از وقوع زمین‌لرزه تغییراتی در آن پدید آید، به‌گونه‌ای که بتوان با بررسی دقیق این تغییرات زمین‌لرزه را پیش‌بینی نمود، پیش‌نشانگر گفته می‌شود. مشکل اصلی در استفاده از پیش‌نشانگرها، نیاز به ثبت مداوم و مستمر آن‌ها و بررسی تغییرات حاصله می‌باشد.

در این مقاله پس از معرفی مختصری از سه زلزله بزرگ هایتی، بم و سوماترا، نقشه‌ها و داده‌های هواشناسی قبل و بعد از این زلزله‌ها مورد بررسی قرار گرفت. تغییرات مشاهده شده در پارامترهای هواشناسی و جو بیان‌کننده یک جفت‌شدگی بین زمین، اقیانوس و اتمسفر در حین زلزله می‌باشد. بررسی و تحلیل داده‌های سینوپتیک نشان داد که پارامترهای هواشناسی در محدوده رومرکز تغییرات مهمی با زلزله‌های بزرگ دارند.

روش تحقیق

برای مطالعه تغییرات در پارامترهای هواشناسی و جو، نقشه‌ها و داده‌های هواشناسی قبل و بعد از زلزله‌های بم، هایتی و سونامی سوماترا بررسی شد. داده‌های هواشناسی شامل سرعت باد، دمای روزانه و بیشینه و کمینه دما که به‌طور منظم اندازه‌گیری می‌شوند، از سازمان هواشناسی کشور و همچنین پایگاه داده NCEP-NCAR NOAA و نقشه‌های هواشناسی از سازمان هواشناسی کشور گرفته شده‌است. این تغییرات مسلم در اقیانوس و پارامترهای هواشناسی و جو، نشان‌دهنده یک برهمکنش قوی بین زمین، اقیانوس و اتمسفر است.

یافته‌ها

۱- معرفی زلزله‌های مورد مطالعه

۱-۱- زلزله هایتی

زلزله هایتی در ساعت ۲۱:۳۵:۱۰ (به وقت جهانی) در روز ۱۲ ژانویه سال ۲۰۱۰ با بزرگای گشتاوری ۷ بر روی مرز صفحه کارایب و امریکای شمالی روی داد رومرکز این زلزله در شکل (۱) نشان داده شده است. این زلزله از نوع کم عمق بوده به‌طوری‌که عمق این زلزله ۱۳ کیلومتر گزارش شده است. (USGS)



شکل (۱) گستره زلزله هایتی

۱-۲ زلزله بم

زمینلرزه ۵ دیماه ۱۳۸۲ بم در ساعت ۵:۲۶:۲۶ به وقت محلی (ساعت ۱:۲۶:۲۶ روز ۲۶ دسامبر ۲۰۰۳ به وقت بین‌المللی GMT) در شهر تاریخی بم در جنوب شرقی کشور و در جنوب شرقی کرمان رخ داد (شکل ۲). زلزله بم با بزرگای گشتاوری ۶٫۵ (با محاسبه گشتاور لرزه ای) در اثر جنبائی مجدد گسل بم رخ داد و شهر بم را به دلیل اثر حوزه نزدیک گسل ویران نمود. گسیختگی های سطحی بین بم و بروات مشاهده شد. ژرفای کانونی ۸ کیلومتر با در نظر گرفتن لرزه اصلی و پس لرزه ها برای این زلزله برآورد می شود. بیشینه شدت در پهنه رومرکز مهلززه ای (شهر بم) در حد ۹ (در آستانه تخریب کامل) تخمین زده می شود. اثر حوزه نزدیک موجب جهت پذیری قائم و مشاهده جنبش های شدید در مولفه های قائم و عمو بر گسل (شرقی - غربی) شده است.

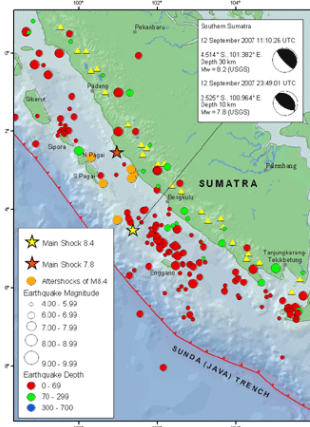


Bam Earthquake of December 26, 2003,
Mw 6.5

شکل (۲): گستره زلزله بم

۱-۳ زلزله سوماترا

در ساعت ۱۶:۱۶ به وقت محلی (۱۶:۱۰ به وقت جهانی و ۱۳:۴۶ به وقت تهران) روز ۳۰/۹/۲۰۰۹ میلادی (۸ مهر ۱۳۸۸) زمین لرزه ای با بزرگی $M_w = 7.6$ در مقیاس بزرگای گشتاوری در ۴۵ کیلومتری غرب-شمال غربی شهر پادانگ جزیره سوماترا اندونزی و ۹۶۰ کیلومتری شمال غربی جاکارتا پایتخت اندونزی به وقوع پیوست (شکل ۳). بر اساس گزارش مراکز زلزله شناسی عمق این زمین لرزه ۸۰ کیلومتری باشد.



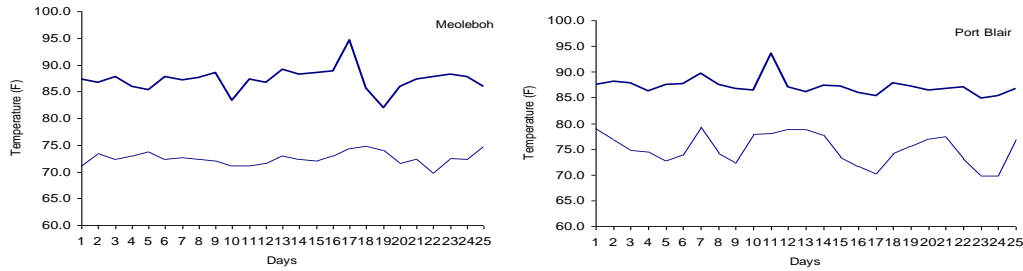
شکل (۳) زمین لرزه ۳۰/۹/۲۰۰۹ جنوب

سوماترا

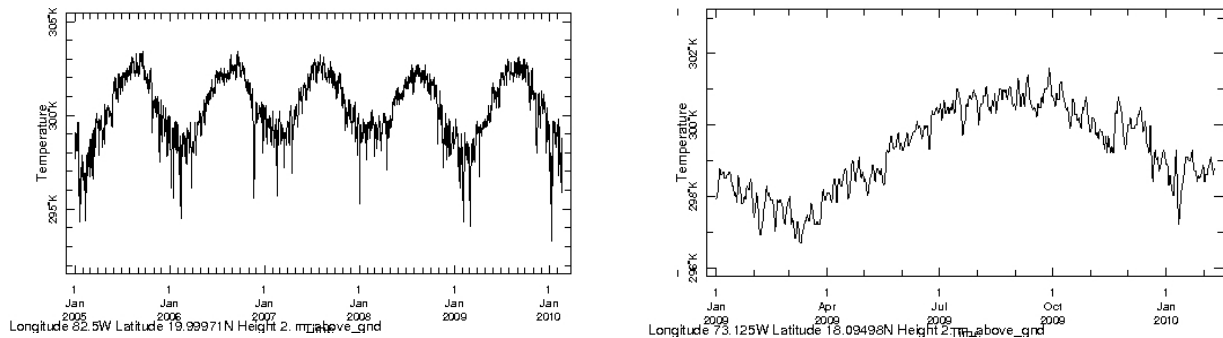
۲- تغییرات در پارامترهای جوی قبل از وقوع زلزله ها

۱-۲ تغییرات دمای هوا

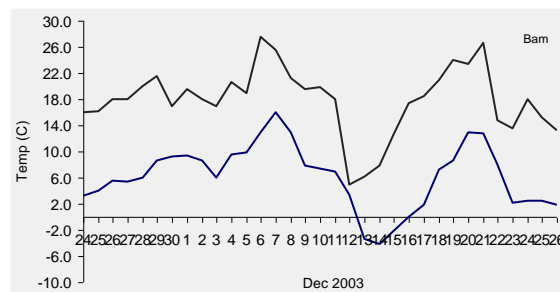
در این مطالعه تغییرات دمای هوا قبل از وقوع هر یک از زلزله ها را با استفاده از داده های ایستگاههای هواشناسی مورد بررسی قرار دادیم. نمودار تغییرات دمای هوا قبل از وقوع هر یک از زلزله های مذکور در شکل‌های (۴) تا (۶) نشان داده شده است. با توجه به این نمودارها، تغییرات در دمای هوا قبل از وقوع زلزله مشهود است.



شکل (۴): آنومالی دمای هوای بیشینه و کمینه بر حسب درجه فارنهایت از ۱ تا ۲۵ دسامبر ۲۰۰۴. نمودار سمت راست در پرت بلایر (جزایر آندامان)، نمودار سمت چپ در متولبو (اندونزی).



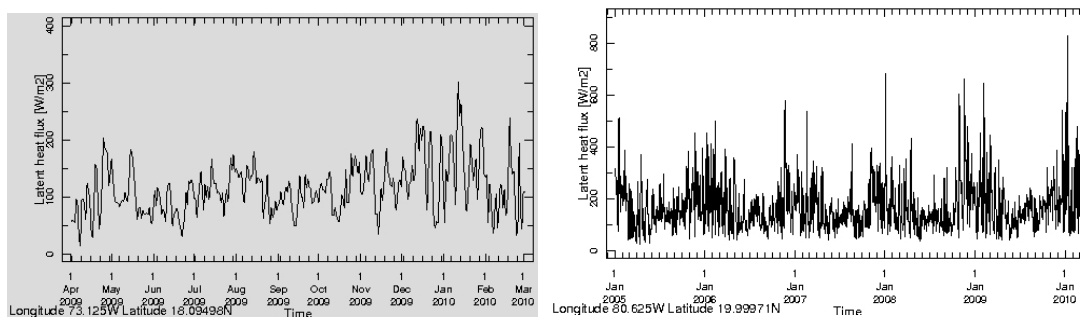
شکل (۵): دمای هوا در زلزله هایبیتی. نمودار سمت راست دمای هوا در ناحیه رو مرکز و نمودار سمت چپ دمای هوا در ناحیه ای که شار گرمای نهان بالاست را نشان می دهد. در هر دو نمودار تغییرات دمای هوا قبل از وقوع زلزله مشهود است.



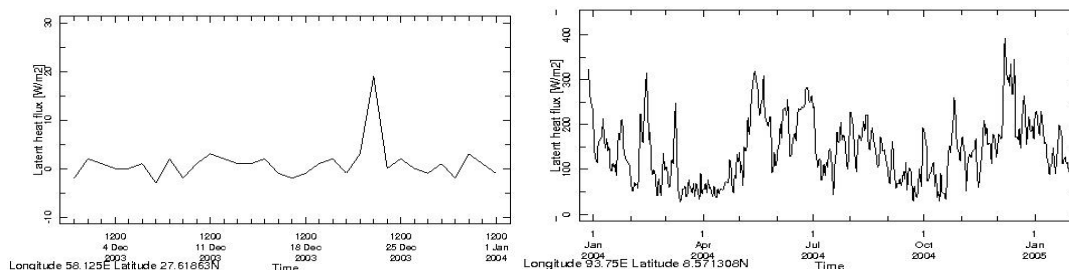
شکل (۶): نمودار تغییرات دمای بیشینه و کمینه در زلزله بم

۲-۲ بررسی شار گرمای نهان سطحی (SLHF)

شار گرمای نهان سطحی یکی از پارامترهای مهم مربوط به بودجه گرمای زمین است. برهمکنش بین زمین، اقیانوس و اتمسفر باعث ایجاد آنومالی‌هایی در مقادیر شار گرمای نهان سطحی قبل از وقوع زلزله های مورد بررسی شده است. وقتی انرژی داخلی زمین قبل از وقوع زمین لرزه، بر اثر جابجایی و اصطکاک بین لایه‌ها و صفحات پوسته زمین در امتداد گسل‌ها، افزایش می‌یابد و یا اینکه فشار در لایه‌های زیرین سطح زمین بالا می‌رود، گرمای زیادی تولید می‌شود. این امر موجب افزایش نرخ تبادل انرژی بین زمین و اتمسفر می‌شود، که در نتیجه شار گرمای نهان سطحی افزایش می‌یابد. نمودار شار گرمای نهان سطحی برای زلزله‌های هایتی، بم و سوماترا به ترتیب در شکل‌های (۷) و (۸) نشان داده شده است.



شکل (۷): شار گرمای نهان سطحی در زلزله هایتی. نمودار سمت راست شار گرمای نهان سطحی از اول آوریل ۲۰۰۹ تا اول مارس ۲۰۱۰ ناحیه رومرکز و نمودار سمت چپ شار گرمای نهان سطحی در یک دوره ۵ ساله اول ژانویه ۲۰۰۵ تا اول مارس ۲۰۱۰

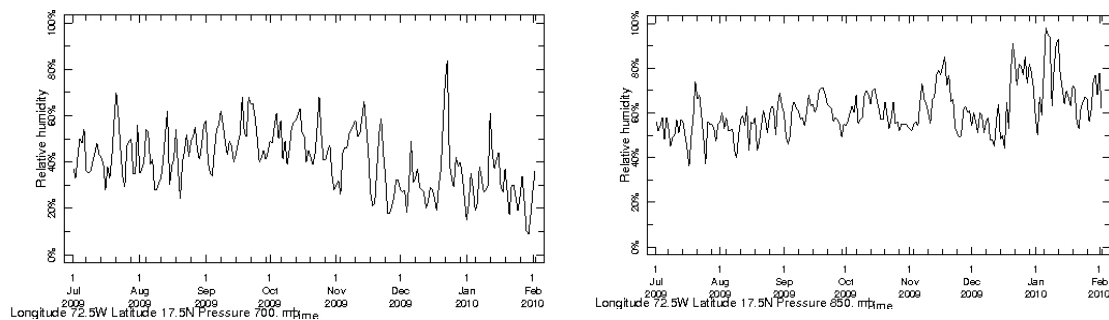


شکل (۸): نمودار سمت راست شار گرمای نهان سطحی مربوط به زلزله سوماترا در یک دوره از ۲۸ دسامبر ۲۰۰۳ تا ۳۰ ژانویه ۲۰۰۵. نمودار سمت چپ شار گرمای نهان سطحی زلزله بم

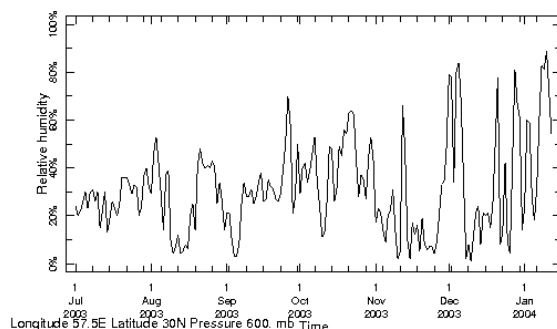
با توجه به بازه زمانی افزایش آنومالی در شار گرمای نهان سطحی، مشاهده می‌شود که روزهای افزایش دمای هوا با افزایش شار گرمای نهان سطحی مطابقت دارد. نمودار شار گرمایی زلزله سوماترا نشان می‌دهد، شار گرمای نهان سطحی در زلزله سوماترا بیشترین مقدار در یک سال قبل از آن بوده است. نمودار شار گرمای نهان سطحی در زلزله بم نشان می‌دهد که در روز ۲۳ دسامبر شار گرمای نهان سطحی غیرعادی دارد.

3-2- تغییرات رطوبت نسبی قبل از وقوع زلزله ها

در شکل (۹) رطوبت نسبی (RH) در ترازهای ۷۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکالی در ناحیه رومرکز زلزله هاییتی در یک دوره از اول جولای ۲۰۰۹ تا ۱۰ فوریه ۲۰۱۰ را به طور روزانه نشان می دهد. تغییرات رطوبت نسبی مقادیر بیشتری را در یک روز قبل از زلزله اصلی (۱۱ ژانویه) در ترازهای ۷۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکالی نشان می دهد هر چند که در روزهای دیگر نیز مقادیر بالای رطوبت نسبی دیده شده است که این مقادیر بالاتر به علت تغییرات در شرایط آب و هوایی می باشد.

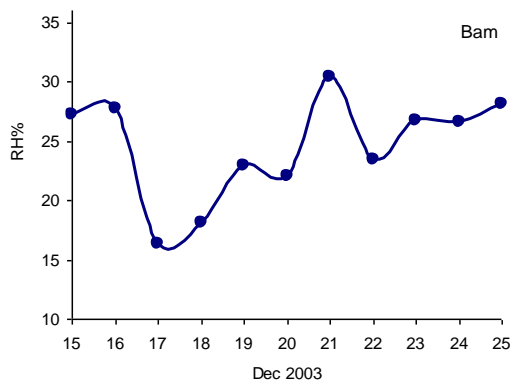


شکل (۹): نمودار سمت راست رطوبت نسبی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی و نمودار سمت چپ تراز ۷۰۰ هکتوپاسکالی (ناحیه رومرکز زلزله هاییتی)



شکل (۱۰): نمودار رطوبت نسبی در تراز ۶۰۰ هکتوپاسکالی در ناحیه رومرکز زلزله بم

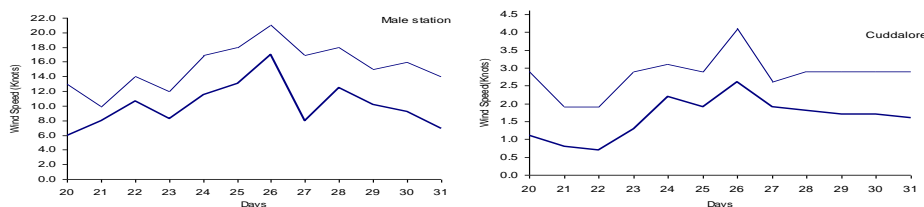
مطابق شکل (۱۰) در زلزله بم در روز ۲۱ دسامبر نیز رطوبت نسبی در تراز ۶۰۰ هکتوپاسکالی در ناحیه رومرکز زلزله نیز بالا بوده است. این افزایش در رطوبت در سطح زمین نیز مشاهده شده است (شکل ۱۱).



شکل (۱۱): نمودار رطوبت نسبی سطح زمین در ایستگاه بم (در روز ۲۱ دسامبر رطوبت بیشینه است)

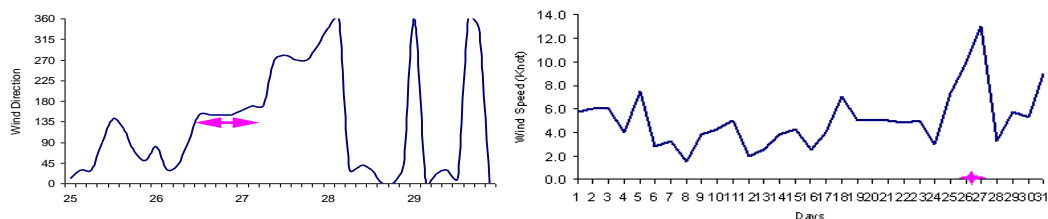
2-4 تغییرات رطوبت نسبی قبل از وقوع زلزله ها

بررسی داده‌های باد در سطح زمین از روز ۲۰ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۰۴، که از سایت NOAA و سایت هواشناسی هند برای ایستگاه‌های کودالور در ایالت تامیل‌نادا (کشور هند) و ماله (کشور مالدیو) گرفته شد، نشان داد که سرعت باد در روز وقوع سونامی و بعد از آن افزایش داشته است. شکل (۱۲) تغییرات سرعت باد را نشان می‌دهد. همچنین جهت باد نیز بعد از وقوع سونامی بر روی اقیانوس و زمین تغییر یافته‌است.

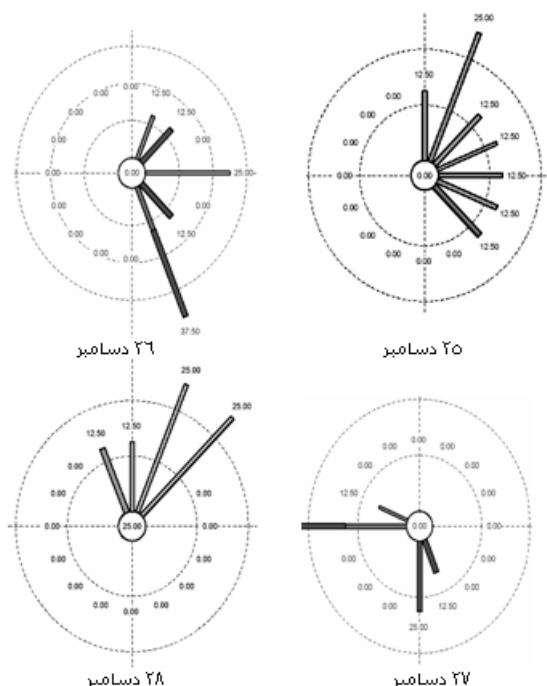


شکل (۱۲): تغییرات میانگین و بیشینه سرعت باد از ۲۰ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۰۴، نمودار سمت راست در کودالور (هند)، نمودار سمت چپ در ماله (مالدیو).

این تغییر در جهت و سرعت باد تا مسافت زیادی دورتر از سواحل اندونزی و اقیانوس هند ادامه داشته است. به طوری که داده‌های باد در ایستگاه چابهار که از سازمان هواشناسی ایران به دست آمده، نیز این تغییرات را نشان داده است. شکل (۱۲) نشان می‌دهد که سرعت باد در انتشار سونامی به سواحل ایران افزایش حدود ۵۰٪ داشته است. ستاره در شکل زمان رسیدن امواج سونامی به سواحل ایران نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودارهای شکل (۱۳) مشاهده می‌شود جهت باد در زمان رسیدن سونامی به سواحل ایران (حدود ۱۱ به وقت جهانی) در ایستگاه چابهار، به طور مداوم و بدون تغییر به مدت تقریباً ۲۳ ساعت، از سمت جنوب- جنوب شرقی بوده‌است. این الگوی جهت باد با توجه به ترسیم گلباد در این ایستگاه، در روزهای دیگر دیده نشده است.



شکل (۱۳): نمودار سمت راست سرعت باد و نمودار سمت چپ جهت باد در ایستگاه چابهار (دسامبر ۲۰۰۴)



شکل (۱۴): تغییر در جهت باد از ۲۵ تا ۲۸ دسامبر ۲۰۰۴ در ایستگاه چابهار

نتیجه گیری و پیشنهاد

مطالعه رابطه بین زلزله های رخ داده در پهنه ایران و پیش نشانگرهای هواشناسی از جمله خواص گرمایی خاک نشان داد، این پارامترها پتانسیل پیش نشانگر بودن را دارهستند و قبل از وقوع زلزله های بزرگ تغییراتی در این پارامترها مشاهده میشود. نمودار آنومالیهای پارامترهای سینوپتیکی مخصوصا دما و رطوبت ناهنجاریهایی را در روزهایی قبل از وقوع زلزله نشان می دهد. که حدودا یک هفته قبل از وقوع زلزله این تغییرات به بیشترین مقدار خود می رسد. ضریب پخش و شار گرمای خاک در روز رخداد زلزله وابسته به ماه رخداد زلزله، نوع گسل، موقعیت قرارگیری ایستگاه هواشناسی نسبت به گسل و اقلیم منطقه دچار نوسان و تغییر شده و بر حسب این که زلزله رخ داده، در منطقه کویری باشد و یا ساحلی، مقداری افزایش و یا کاهش نشان خواهد داد. بدیهی است نصب سیستمهای اندازه گیری دمای خاک در مناطق گسلی و اندازه گیری دمای خاک در اعماقی پایین تر از یک متر (عمق بهینه) و همچنین بررسی دقیق تر سایر پیش نشانگرهای هواشناسی، می تواند در این زمینه بسیار سودمند باشد. لازم است پژوهش های بیشتری در این زمینه انجام گیرد تا بتوان در مورد ارتباط بین تغییرات پارامترهای جوی و وقوع زمین لرزه با قاطعیت اظهار نظر نمود.

منابع

خطیری یانسری، محمدرضا؛ بهنام امامی؛ مهدی یزدی و عبدالحمید شاهکویی، ۱۳۸۷، معرفی روش های پیش بینی زلزله با استفاده از پیش نشانگر ها، سومین کنفرانس ملی بهسازی و مقاوم سازی ایران، تبریز، مرکز ملی مقاوم سازی ایران، دانشگاه تبریز

درویش زاده، علی، ۱۳۸۰، زمین شناسی ایران، تهران، انتشارات مدرسه، چاپ دوم.

مهدویفر، محمدرضا و تاجیک، ۱۳۸۵، گزارش مقدماتی پدیده‌های زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی مرتبط با زلزله).

پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی-زلزله، سال نهم، شماره دوم، تابستان ۸۵

M.A.DUNAJECKA and S.a.pulinets, ۲۰۱۰, Atmospheric and thermal anomalies observed around the time of strong earthquakes in Mexico, Institute de Geophysics, Mexico.

Vogelsang ،D ،grundwasser, 2008, springer-verlag. Berlin Heidelberg ، ۲۶۴p

Yamamoto, I, A. Iyono, V. Kroumov, T. Azakami, 2011, A Proposal of Interferometer Measurement of Seismic-Atmospheric Perturbation, Trans. Inst. Elec. Eng. Japan A.

Surf and download all data from SID.ir: www.SID.ir

Translate via STRS.ir: www.STRS.ir

Follow our scientific posts via our Blog: www.sid.ir/blog

Use our educational service (Courses, Workshops, Videos and etc.) via Workshop: www.sid.ir/workshop