

نوع مقاله: یادداشت فنی

چکیده

داده‌های ساعتی، هفتگی و ماهانه متغیرهای هواشناسی دیدبانی شده از جمله دما (درجه فارنهایت)، نقطه شبنم، رطوبت نسبی (درصد)، جهت باد، سرعت باد (متر بر ساعت)، تندباد لحظه‌ای (متر بر ساعت)، فشار (اینچ جیوه)، بارش (اینچ)، میزان پوشش ابری، ارتفاع خورشیدی، ارتفاع قمری، وضعیت کلی شرایط جوی به صورت ساعتی، روزانه هفتگی و ماهانه در این مقاله، مورد بررسی قرار گرفت. به علت زیاد بودن نمودارها، داده‌ها و نقشه‌ها برخی به عنوان نمونه در این مقاله ارائه شد. هنگام وقوع زمین‌لرزه، انرژی آزاد می‌شود و امواج منتشر می‌شوند و بر اساس داده‌های دیدبانی شده موجب تغییر در اکثر عوامل آب‌وهوایی در زمان وقوع زمین‌لرزه می‌گردد. دمای هوا، نقطه شبنم، ارتفاع قمری، ارتفاع خورشیدی، رطوبت نسبی در ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته، میزان فشار کاهش و پس از آن افزایش یافته است. جهت باد در لحظه وقوع زمین‌لرزه تغییر یافته و همان‌طور که مشاهده می‌شود، جهت باد اتفاق افتاده در زمان وقوع زلزله در هیچ‌یک از ساعات آن روز مشاهده نشده است. با توجه به عدم وجود تغییرات در میزان دید، پوشش ابر و میزان بارش احتمالاً هیچ ارتباطی با وقوع زمین‌لرزه نداشته باشند. پیشنهاد می‌شود به علت اتفاق افتادن مجموعه‌ای تغییرات حاصل از آزاد شدن انرژی به‌طور هم‌زمان در سیستم زمین که شامل بیوسفر، لیتوسفر، هیدروسفر و اتمسفر می‌شود، این تغییرات با نام «تئوری تحول سیستمی زمین» شناخته می‌شود.

واژگان کلیدی: زلزله، آب‌وهوا، عوامل آب‌وهوایی تئوری تحول سیستمی زمین.

مطالعه رابطه بین زمین‌لرزه و آب‌وهوا در زمین‌لرزه‌های اخیر ایران

مهناز احمدی نمین (نویسنده مسئول)

دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، گروه آموزشی مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران و کارشناس مرکز ملی پایش پیش‌بینی و مدیریت بحران سازمان هواشناسی کشور، تهران، ایران،
Mahnaz.ahmadi.n@ut.ac.ir

علی کاظمیان

کارشناس فناوری اطلاعات دفتر فناوری اطلاعات سازمان هواپیمایی کشور، سازمان هواپیمایی کشور، تهران، ایران

۱- مقدمه

فرانسوی با نام DEMETER micro-satellite توسط CNES، به بررسی اختلالات یونوسفر ناشی از فعالیت‌های لرزه‌ای و آتش‌فشانی اختصاص داده شده است و در تصاویر آن در لیتوسفر-اتمسفر-یونوسفر در زمان وقوع زمین‌لرزه تغییراتی مشاهده شده است [۱]. زمین‌لرزه لرزش ناگهانی سطح زمین به واسطه آزاد شدن انرژی (در قالب امواج لرزه‌ای) ناشی از جابه‌جایی صفحه‌های زمین‌ساختی (تکتونیک) در امتداد گسل‌ها می‌باشد [۶-۷]. هنگام وقوع زمین‌لرزه، انرژی آزاد می‌شود و امواج به دلیل عدم تعادل انرژی در اطراف گسل، منتشر می‌شوند و افزایش دما پدید می‌آید [۸]. دامنه مکانی و شدت دما به تدریج با گسترش امواج زمین‌لرزه افزایش می‌یابد [۹-۱۰]. در همین

از دیرباز وقوع زمین‌لرزه با تحول و خرابی همراه بوده و حتی تئوری‌هایی در مورد وجود ارتباط بین آب‌وهوا و زمین‌لرزه حتی از زبان فیلسوف یونان باستان (ارسطو) با نام "earthquake weather" مبنی بر اینکه هوا قبل از وقوع زمین‌لرزه، گرم و آرام خواهد بود و تئوری دوم مبنی بر اینکه، زمین‌لرزه‌ها در شرایط آرام و ابری رخ می‌دهند را مطرح نمودند [۱-۳].

ایران بخشی از کمربند کوهزایی آلپ-همالیا است که میان دو صفحه‌ی عربستان و اوراسیا به دام افتاده است [۴]. ایران از نظر لرزه‌خیزی یکی از مناطق فعال و لرزه‌خیز جهان به شمار می‌رود به طوری که زلزله‌های فاجعه‌باری در سال‌های اخیر باعث تلفات جانی و مالی فراوان شده‌اند [۵]. میکروماهواره

در سال ۱۳۸۱ (۲۲ ژوئن ۲۰۰۲) ساعت محلی ۷:۲۸ و ۲:۵۸ به وقت گرینویچ آوج در اثر زمین‌لرزه با خسارات زیاد در شهر و روستاها روبه‌رو شد. شدت زمین‌لرزه آوج ۶/۶ ریشتر بود و ۲۳۳ نفر کشته بر جای گذاشت [۱۷]. بم در تاریخ ۱۳۸۲/۱۰/۵ با قدرت ۶/۵ ریشتر با خاک یکسان شد که طبق آمار رسمی ۲۶۲۷۱ نفر در اثر آن جان باختند [۱۸]. زمین‌لرزه بعدی در سال ۱۳۸۳ در فیروزآباد با شدت ۶/۳ ریشتر آمد که منجر به ریزش کوه و خسارات شد. زرنده هم در سال ۱۳۸۳ با شدت ۶/۴ ریشتر لرزید و ۶۱۲ نفر در آن کشته شدند و ۱۰ روستا تخریب شد. در فروردین ۱۳۸۵ چندین زمین‌لرزه که بزرگ‌ترین آن ۶ ریشتر بود درود در حوالی استان لرستان را لرزاند. این زمین‌لرزه ۶ ریشتری ۸۴ کشته و ۱۲۶۴ مجروح برجای گذاشت و موجب تخریب ۳۰ تا ۱۰۰ درصدی حدود ۳۳۰ روستا از شهرستان‌های دورود، بروجرد، خرم‌آباد و الشتر استان لرستان شد.

در سال ۱۳۸۹ زمین‌لرزه‌ای با شدت ۴/۹ ریشتر در شهرستان دورود رخ داد و بر اثر آن تعدادی واحد مسکونی در دورود دچار خسارت شدند و بیش از ۱۰۰ زخمی برجای گذاشت. عصر روز شنبه ۲۱ مرداد سال ۱۳۹۱، دو زمین‌لرزه به بزرگی ۶ و ۶/۲ ریشتر در اعماق درونی زمین، شهرستان‌های اهر، ورزقان و هریس را با ۲۴۵ روستا لرزاند و بیش از ۳۰۰ کشته و بیش از پنج هزار زخمی و مجروح بر جای گذاشت.

در ۲۱ فروردین ۱۳۹۲ زمین‌لرزه‌ای به بزرگی ۶/۱ ریشتر استان بوشهر را لرزاند. بزرگ‌ترین زمین‌لرزه نیم‌قرن گذشته زمین‌لرزه ۷/۸ ریشتری در سراوان در ۲۷ فروردین ۱۳۹۲ به وقوع پیوست [۱۹]. ساعت ۱۵ و ۳۷ دقیقه روز یکشنبه (۲۳ آبان) تا ساعت ۹ صبح (چهارشنبه ۲۶ آبان ۱۴۰۰)، ۱۵۲ زمین‌لرزه در حوالی شهر فین واقع در شمال استان هرمزگان ثبت شده است. در ساعت ۱۵ و ۳۷ دقیقه و چهار ثانیه (به‌وقت محلی) روز یکشنبه ۲۳ آبان ۱۴۰۰ مطابق با ساعت ۱۲ و ۷ دقیقه و چهار ثانیه (به‌وقت جهانی) روز یکشنبه ۱۴ نوامبر ۲۰۲۱ میلادی زمین‌لرزه‌ای با بزرگای ۶/۳ در مقیاس امواج محلی (ML) در ۱۷ کیلومتری شمال خاوری فین و ۵۸ کیلومتری شمال باختری

حال، پس از مدتی تجمع، میدان دمای کم عمق خاک تغییر می‌کند [۱۱]. از آنجایی که دمای خاک با انباشته شدن انرژی زمین‌گرمایی در حال افزایش است، کمربند محیطی به یک کمربند ناهنجاری دمای منفی خاک تبدیل می‌شود زیرا دما با از دست رفتن انرژی کاهش می‌یابد [۱۲-۱۳]. بنابراین اتمسفر بر روی این نوع لایه مرزی پس از مدتی واکنش‌هایی نشان می‌دهد [۱۴] که این تغییرات در نمودارهای مورد بررسی در این مقاله به خوبی قابل مشاهده است.

۲- مهم‌ترین زمین‌لرزه‌های ایران

در سال ۱۲۸۸ در منطقه سیلاخور زمین‌لرزه‌ای به بزرگی ۷/۴ ریشتر به وقوع پیوست که ۸۰۰۰ کشته و تخریب ۶۴ روستا را در پی داشت. در سال ۱۳۰۹ زمین‌لرزه با بزرگی ۷/۴ ریشتر سلماس را لرزاند که باعث کشته شدن ۲۵۱۴ نفر و تخریب ۶۰ روستا شد. شهر لار در سال ۱۳۳۹ با یک زمین‌لرزه ۶/۷ ریشتری لرزید که ۴۰۰ نفر در این حادثه کشته شده و ۷۵ درصد شهر نیز تخریب شد. زمین‌لرزه بوئین‌زهرای نیز با شدت ۷/۲ ریشتر و ۱۰۰۰۰ کشته در سال ۱۳۴۱ به وقوع پیوست. در سال ۱۳۴۷ نیز زمین‌لرزه‌ای به بزرگی ۷/۴ ریشتر دشت بیاض را لرزاند که منجر به کشته شدن ۱۰۵۰۰ نفر و تخریب ۶۱ روستا شد. در سال ۱۳۵۱ منطقه قیر با زمین‌لرزه ۶/۹ ریشتری لرزید و ۴۰۰۰ نفر را به کام مرگ برد. در سال ۱۳۵۶ خورگو با زمین‌لرزه‌ای ۷ ریشتری لرزید که در آن ۱۲۸ نفر کشته شدند.

زمین‌لرزه طبس با شدت ۷/۷ ریشتر در سال ۱۳۵۷، ۱۹۶۰۰ کشته و تخریب ۱۶ روستا را به دنبال داشت [۱۵]. در سال ۱۳۵۸ هم قائن با شدت ۷/۱ ریشتر لرزید که در اثر آن ۱۳۰ نفر جان باختند [۱۶]. در سال ۱۳۶۰ منطقه سیرج با شدت ۷/۴ ریشتر به لرزه درآمد و ۱۳۰۰ نفر کشته شدند و ۸۵ درصد شهر هم تخریب شد.

رودبار و منجیل نیز در سال ۱۳۶۹ با شدت ۷/۴ ریشتر لرزید که ۳۵۰۰۰ نفر کشته به همراه داشت. بیرجند هم در سال ۱۳۷۶ با شدت ۷/۳ ریشتر لرزید و ۱۵۰۰ نفر کشته بر جای گذاشت.

شرایط جوی به صورت ساعتی، روزانه، هفتگی و ماهانه، بررسی شده و به شناسایی رابطه بین عوامل آب‌وهوایی و زمین‌لرزه پرداخته شده است.

شرایط آب‌وهوایی استان هرمزگان شهرستان بندرعباس در روز ۲۳ آبان ۱۴۰۰ معادل در شکل (۱) و جدول (۲) آورده شده است. در شکل (۱) مقادیر بارش و تندباد لحظه‌ای معادل صفر می‌باشد و به صورت خط نشان داده شده است. در قسمت پ خط ترسیم شده دارای فلش‌های آبی‌رنگ، مقادیر و جهت‌های وزش باد را نشان می‌دهد [۲۰].

در ساعت ۱۵ و ۳۷ دقیقه و چهار ثانیه (به وقت محلی) مطابق با ساعت ۱۲ و ۷ دقیقه و چهار ثانیه (به وقت جهانی) روز یکشنبه ۲۳ آبان ۱۴۰۰ زمین‌لرزه به وقوع پیوسته که در ساعت ۹ و ۳۰ دقیقه صبح، در دما و فشار تغییر مشاهده می‌شود (جدول ۲). در ساعت ۱۱ صبح تغییر سرعت باد را با کاهش به مقدار نصف مقدار قبلی خود را شاهد هستیم (جدول ۲) و در ساعت ۱۱ و ۳۰ دقیقه تغییر نقطه شبنم، رطوبت نسبی و جهت باد را می‌توانیم مشاهده کنیم به صورتی که جهت باد به صورت ESE تغییر یافته که در هیچ زمانی از روز باد با این جهت مشاهده نشده است. در شکل (۲) نمودار دما زمان وقوع و شکل (۳) وضعیت هفتگی شرایط دما، بارش، باد و شکل (۴) وضعیت ماهانه دما در ۲۳ آبان ۱۴۰۰ بندرعباس قابل مشاهده می‌باشد که تغییر دما در این روز مشهود است.

شکل (۵) دمای ساعتی، شکل (۶) میزان پوشش ابری و شکل (۷) مقادیر مختلف ساعتی، عوامل آب‌وهوایی آبان ماه ۱۳۹۰ در بندرعباس هم‌زمان با وقوع زمین‌لرزه را نشان می‌دهد.

بندرعباس و زمین‌لرزه دوم در ساعت ۱۵ و ۳۸ دقیقه و ۳۷ ثانیه (به وقت محلی) روز یکشنبه در ساعت ۱۲ و هشت دقیقه و ۳۷ ثانیه (به وقت جهانی) روز یکشنبه ۱۴ نوامبر ۲۰۲۱ میلادی زمین‌لرزه‌ای با بزرگای ۶/۴ در مقیاس امواج محلی (ML) در ۴۶ کیلومتری خاور فین و ۴۳ کیلومتری شمال بندرعباس به وقوع پیوست [۱۸]. همچنین طبق اطلاعات مرکز لرزه‌نگاری مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ۱۵۰ پس‌لرزه به بزرگای مختلف در این منطقه (استان هرمزگان) رخ داده است [۲۰].

۳- رابطه آب‌وهوا و زلزله

در این تحقیق به بررسی شرایط آب‌وهوایی در زمان وقوع زمین‌لرزه پرداخته می‌شود. برخی از زمین‌لرزه‌های بزرگ ایران به‌عنوان نمونه در زیر مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی شرایط آب‌وهوایی با استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های هواشناسی در زمان وقوع زمین‌لرزه صورت گرفته است. داده‌ها در بازه زمانی ساعتی، روزانه، هفتگی و ماهانه مورد بررسی شد تا تغییرات در بازه‌های مختلف نشان داده شود (جدول ۱).

۴- روش انجام مطالعه و تحلیل

در زمان وقوع بزرگ‌ترین زلزله‌های ایران، مهم‌ترین عوامل آب‌وهوایی مانند دما (درجه فارنهایت)، نقطه شبنم، رطوبت نسبی (درصد)، جهت باد، سرعت باد (متر بر ساعت)، تندباد لحظه‌ای (متر بر ساعت)^۱، فشار (اینچ جیوه)، بارش (اینچ)، میزان پوشش ابری، ارتفاع خورشیدی^۲، ارتفاع قمری^۳، وضعیت کلی

جدول (۱): زمین‌لرزه‌های مهم ایران در سال‌های اخیر از نظر بزرگای.

شهر	استان	تاریخ	تاریخ میلادی	زمان	بزرگای (ریشتر)
بندرعباس (فین)	هرمزگان	۲۳ آبان ۱۴۰۰*	۱۴ نوامبر ۲۰۲۱	۱۵:۳۷-۱۵:۳۸	۶/۳
سی سخت	کرمانشاه	۲۹ بهمن ماه ۹۹	۱۷ فوریه ۲۰۲۱		۵/۶
سراوان	سیستان و بلوچستان	۲۷ فروردین ۱۳۹۲	۱۶ آوریل ۲۰۱۶		۷/۸
بوشهر (کاکلی)	بوشهر	۲۰ فروردین ۱۳۹۲	۹ آوریل ۲۰۱۳	۱۱:۵۲:۵۰ صبح	۶/۲

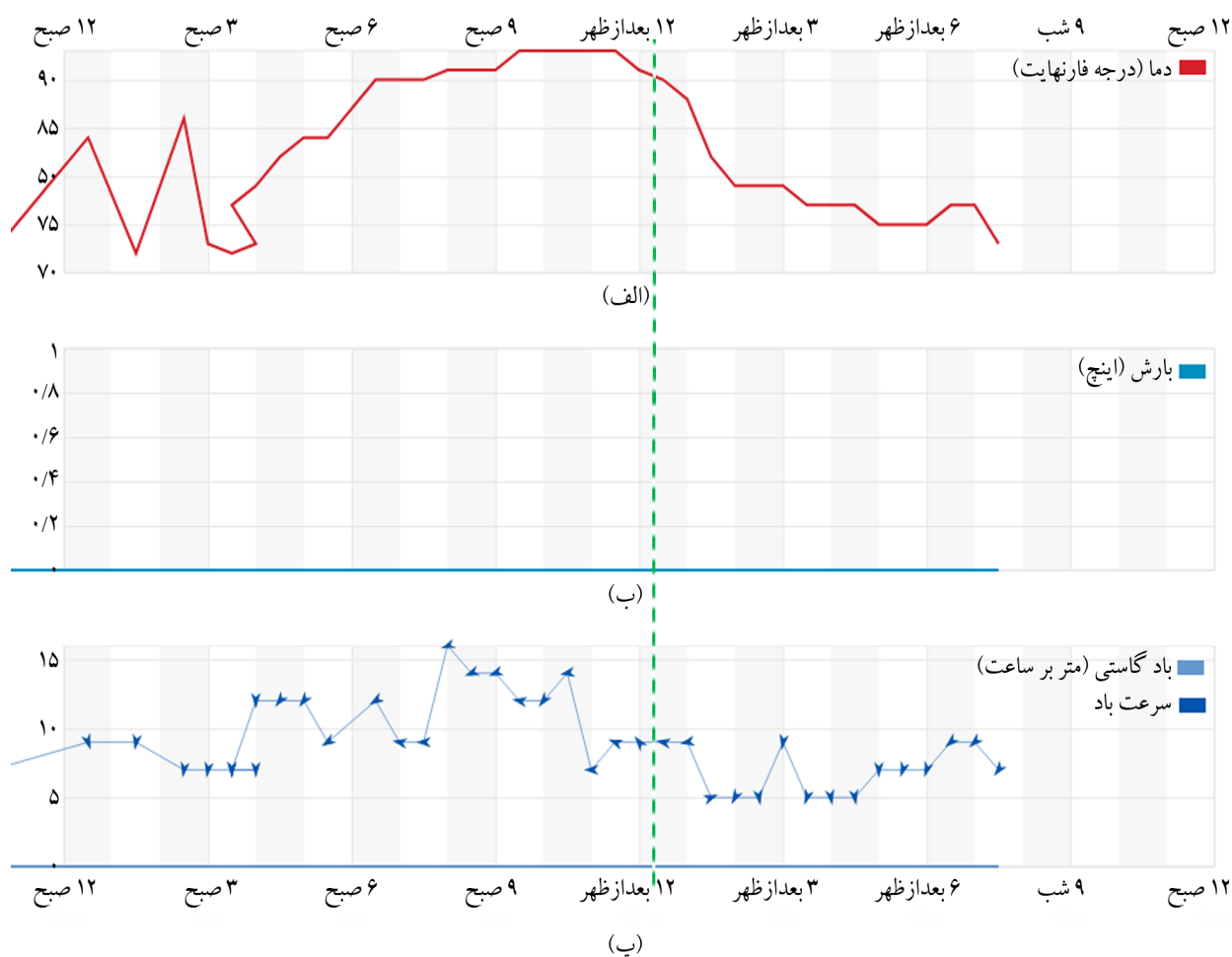
* ۱۵۰ پس‌لرزه پس از این زلزله تا ۲۶ آبان ۱۴۰۰ ادامه داشت. لذا بازه زمانی ۲۳ تا ۲۶ آبان ۱۴۰۰ مورد بررسی قرار گرفت.

جدول (۲): شرایط آب و هوایی بر حسب ساعت در روز وقوع زمین لرزه (۲۳ آبان ۱۴۰۰) شهر بندرعباس (کادر قهوه‌ای مقادیر زمان وقوع زمین لرزه و کادر مشکی مقادیر تغییرات پیش از وقوع زمین لرزه را نشان می‌دهد).

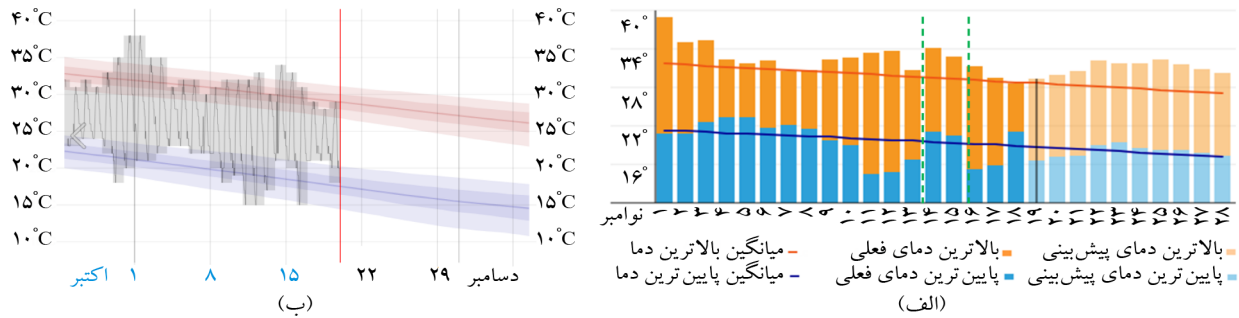
زمان	دما (درجه فارنهایت)	نقطه شبنم (درجه فارنهایت)	درجه رطوبت نسبی (درصد)	باد	سرعت باد (متر بر ساعت)	تندباد لحظه‌ای (متر بر ساعت)	فشار (اینچ)	بارش (اینچ)	شرایط جوی
۸:۰۰ صبح	۷۲	۶۱	۶۹	NNW	۷	۰	۲۹/۸۸	۰/۰	نسبتاً خوب
۸:۳۰ صبح	۷۰	۶۱	۷۳	NNE	۷	۰	۲۹/۸۸	۰/۰	نسبتاً خوب
۹:۰۰ صبح	۷۰	۶۱	۷۳	N	۷	۰	۲۹/۸۸	۰/۰	نسبتاً خوب
۹:۳۰ صبح	۷۰	۶۱	۷۳	N	۹	۰	۲۹/۸۸	۰/۰	نسبتاً خوب
۱۰:۳۰ عصر	۷۲	۶۳	۷۳	NNW	۷	۰	۲۹/۸۸	۰/۰	نسبتاً خوب
۱۲:۳۰ صبح	۸۴	۷۵	۷۴	NNW	۹	۰	۲۹/۸۸	۰/۰	نسبتاً خوب
۱:۳۰ صبح	۷۲	۷۵	۰	N	۹	۰	۲۹/۸۸	۰/۰	نسبتاً خوب
۲:۳۰ صبح	۸۶	۷۳	۶۶	N	۷	۰	۲۹/۹۱	۰/۰	نسبتاً خوب
۳:۰۰ صبح	۷۳	۶۱	۶۵	N	۷	۰	۲۹/۹۱	۰/۰	نسبتاً خوب
۳:۳۰ صبح	۷۲	۶۱	۶۹	N	۷	۰	۲۹/۹۱	۰/۰	نسبتاً خوب
۴:۰۰ صبح	۷۳	۶۱	۶۵	N	۷	۰	۲۹/۹۴	۰/۰	نسبتاً خوب
۳:۳۰ صبح	۷۷	۶۱	۵۷	N	۷	۰	۲۹/۹۴	۰/۰	نسبتاً خوب
۴:۰۰ صبح	۷۹	۵۷	۴۷	NNE	۱۲	۰	۲۹/۹۴	۰/۰	نسبتاً خوب
۴:۳۰ صبح	۸۲	۵۵	۳۹	NE	۱۲	۰	۲۹/۹۷	۰/۰	نسبتاً خوب
۵:۰۰ صبح	۸۴	۴۶	۲۷	NE	۱۲	۰	۲۹/۹۷	۰/۰	نسبتاً خوب
۵:۳۰ صبح	۸۴	۴۸	۲۸	ENE	۹	۰	۲۹/۹۷	۰/۰	نسبتاً خوب
۶:۳۰ صبح	۹۰	۳۹	۱۷	ENE	۱۲	۰	۲۹/۹۷	۰/۰	نسبتاً خوب
۷:۰۰ صبح	۹۰	۳۹	۱۷	E	۹	۰	۲۹/۹۴	۰/۰	نسبتاً خوب
۷:۳۰ صبح	۹۰	۳۹	۱۷	E	۹	۰	۲۹/۹۴	۰/۰	نسبتاً خوب
۸:۰۰ صبح	۹۱	۴۱	۱۷	ENE	۱۶	۰	۲۹/۹۴	۰/۰	نسبتاً خوب
۸:۳۰ صبح	۹۱	۳۹	۱۶	ENE	۱۴	۰	۲۹/۹۴	۰/۰	نسبتاً خوب
۹:۰۰ صبح	۹۱	۳۹	۱۶	ENE	۱۴	۰	۲۹/۹۴	۰/۰	نسبتاً خوب
۹:۳۰ صبح	۹۳	۳۷	۱۴	E	۱۲	۰	۲۹/۸۸	۰/۰	نسبتاً خوب
۱۰:۰۰ صبح	۹۳	۳۹	۱۵	NE	۱۲	۰	۲۹/۸۸	۰/۰	نسبتاً خوب
۱۰:۳۰ صبح	۹۳	۳۷	۱۴	E	۱۴	۰	۲۹/۸۸	۰/۰	نسبتاً خوب
۱۱:۰۰ صبح	۹۳	۳۷	۱۴	E	۷	۰	۲۹/۸۸	۰/۰	نسبتاً خوب
۱۱:۳۰ صبح	۹۳	۴۳	۱۷	ESE	۹	۰	۲۹/۸۸	۰/۰	نسبتاً خوب
۱۲:۰۰ عصر	۹۱	۳۷	۱۵	SE	۹	۰	۲۹/۸۸	۰/۰	نسبتاً خوب
۱۲:۳۰ عصر	۹۰	۳۶	۱۵	E	۹	۰	۲۹/۸۸	۰/۰	نسبتاً خوب
۱:۰۰ عصر	۸۸	۴۳	۲۱	E	۹	۰	۲۹/۸۸	۰/۰	نسبتاً خوب
۱:۳۰ عصر	۸۲	۴۶	۲۸	WSW	۵	۰	۲۹/۸۸	۰/۰	نسبتاً خوب
۲:۰۰ عصر	۷۹	۴۱	۲۶	NNE	۵	۰	۲۹/۸۸	۰/۰	نسبتاً خوب

ادامه جدول (۲).

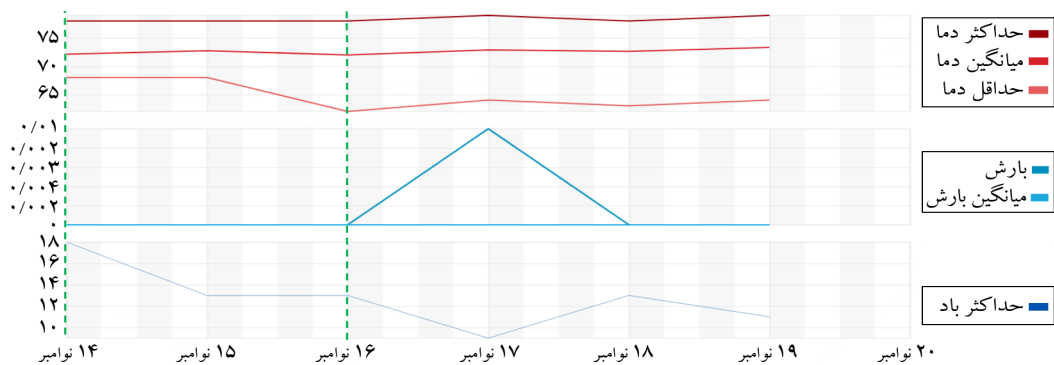
زمان	دما (درجه فارنهایت)	نقطه شبنم (درجه فارنهایت)	رطوبت نسبی (درصد)	باد	سرعت باد (متر بر ساعت)	تندباد لحظه‌ای (متر بر ساعت)	فشار (اینچ)	بارش (اینچ)	شرایط جوی
عصر ۲:۳۰	۷۹	۳۷	۲۳	N	۵	۰	۲۹/۹۱	۰/۰	نسبتاً خوب
عصر ۳:۰۰	۷۹	۳۹	۲۴	N	۹	۰	۲۹/۹۱	۰/۰	نسبتاً خوب
عصر ۳:۳۰	۷۷	۳۷	۲۴	NNE	۵	۰	۲۹/۹۱	۰/۰	نسبتاً خوب
عصر ۴:۰۰	۷۷	۳۷	۲۴	N	۵	۰	۲۹/۹۴	۰/۰	نسبتاً خوب
عصر ۴:۳۰	۷۷	۳۶	۲۲	N	۵	۰	۲۹/۹۴	۰/۰	نسبتاً خوب
عصر ۵:۰۰	۷۵	۳۶	۲۴	N	۷	۰	۲۹/۹۴	۰/۰	نسبتاً خوب
عصر ۵:۳۰	۷۵	۳۶	۲۴	NNE	۷	۰	۲۹/۹۱	۰/۰	نسبتاً خوب
عصر ۶:۰۰	۷۵	۳۶	۲۴	NNE	۷	۰	۲۹/۹۱	۰/۰	نسبتاً خوب
عصر ۶:۳۰	۷۷	۳۴	۲۱	NE	۹	۰	۲۹/۹۱	۰/۰	نسبتاً خوب
عصر ۷:۰۰	۷۷	۳۴	۲۱	NE	۹	۰	۲۹/۹۱	۰/۰	نسبتاً خوب
عصر ۷:۳۰	۷۳	۳۴	۲۳	NE	۷	۰	۲۹/۹۱	۰/۰	نسبتاً خوب



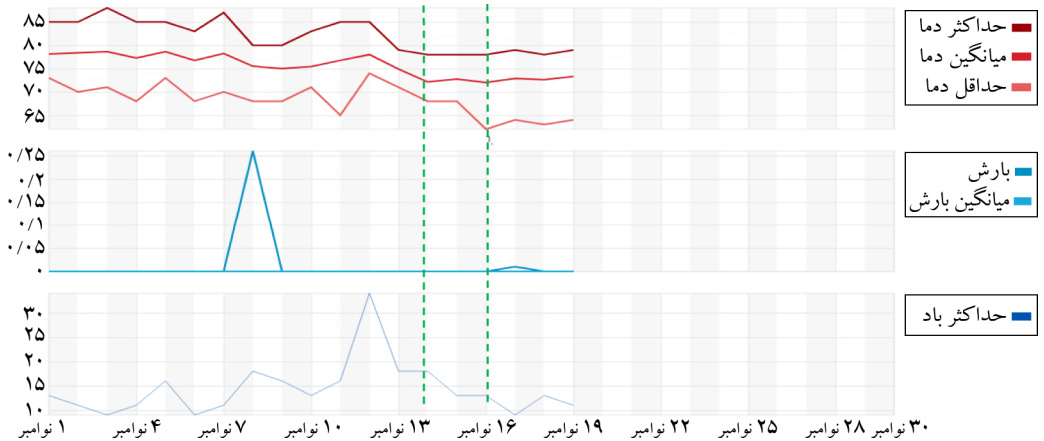
شکل (۱): (الف) وضعیت دما (درجه فارنهایت)، (ب) بارش (اینچ) و (پ) جهت و میزان باد و تندباد لحظه‌ای (متر بر ساعت) در روز ۲۳ آبان ۱۴۰۰ شهر بندرعباس (خط سبز نشان‌دهنده زمان وقوع زمین‌لرزه می‌باشد).



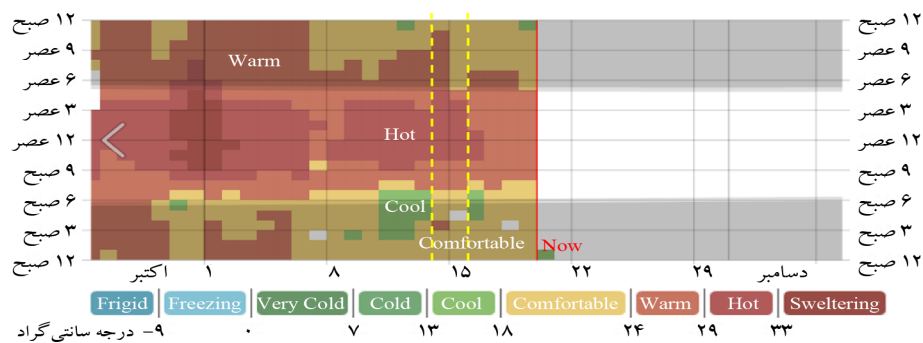
شکل (۲): (الف) وضعیت دما بر حسب درجه سلسیوس در روز ۲۳ آبان ۱۴۰۰ شهر بندرعباس (مقادیر نارنجی دمای حداکثر، مقادیر آبی دمای حداقل، خط قرمز میانگین دمای حداکثر، خط آبی میانگین دمای حداقل و خط سبز نشان دهنده زمان وقوع زمین لرزه می باشد). (ب) دمای روزانه (ستون‌های خاکستری) دمای حداکثر (قرمز) و حداقل (آبی) طی ۲۴ ساعت شبانه‌روز - به علت وقوع ۱۵۰ پس لرزه با بزرگای مختلف بازه زمانی ۲۳ تا ۲۶ آبان ۱۴۰۰ مورد بررسی قرار گرفت (خطوط سبز نشان دهنده این بازه زمانی است).



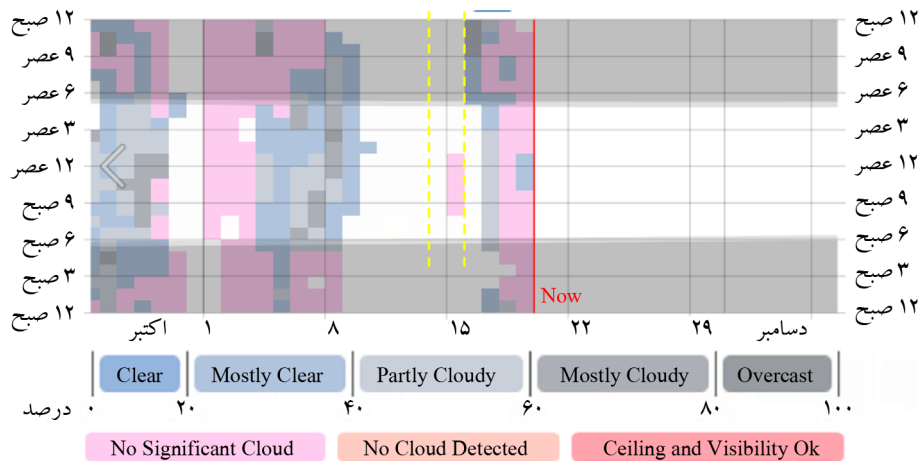
شکل (۳): وضعیت هفتگی شرایط دما، بارش و باد بندرعباس در ۲۳ آبان ۱۴۰۰.



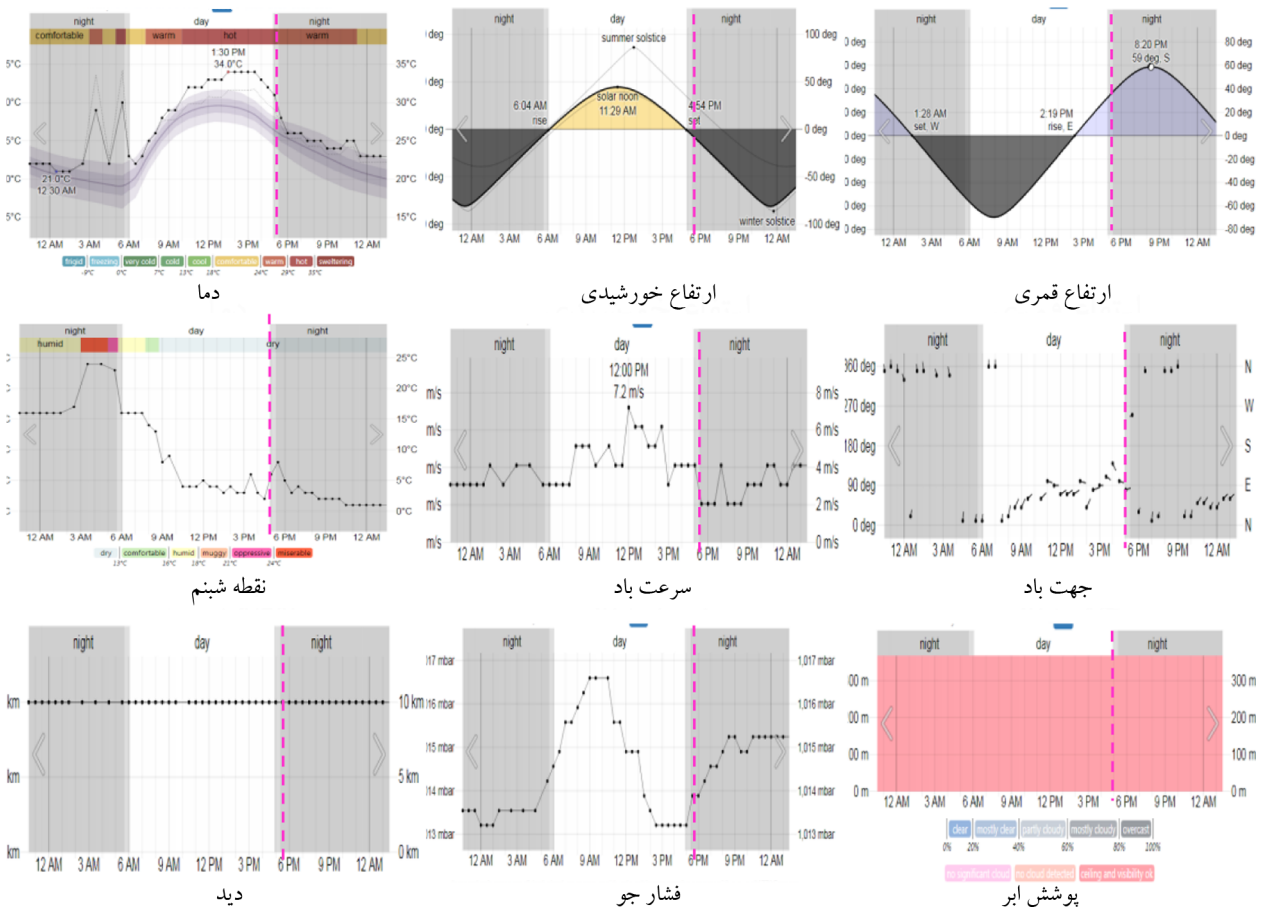
شکل (۴): وضعیت ماهانه شرایط دما، بارش و باد بندرعباس در ۲۳ آبان ۱۴۰۰.



شکل (۵): دمای ساعتی آبان ماه ۱۳۹۰ در بندرعباس خط زرد نمایانگر زمان وقوع زمین لرزه است.



شکل (۶): پوشش ابری در آبان ۲۰۲۱ در بندرعباس خط زرد نمایانگر زمان وقوع زمین لرزه است.

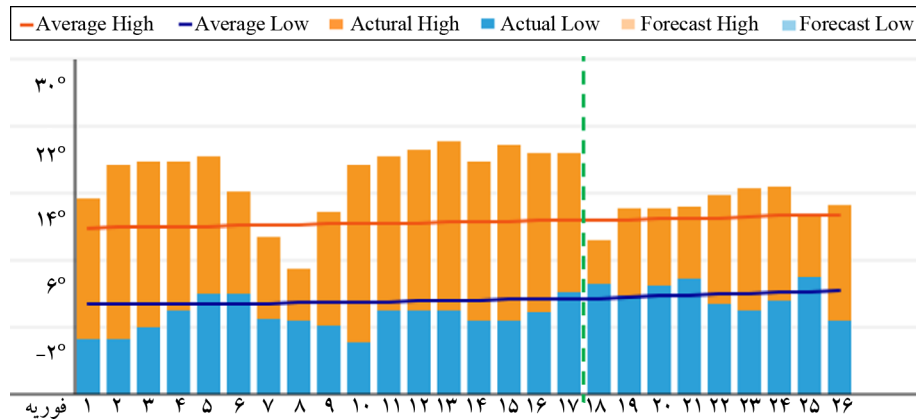


شکل (۷): مقادیر ساعتی عوامل آب و هوایی در آبان ۲۰۲۱ در بندرعباس خط چین بنفش نمایانگر زمان وقوع زمین لرزه است.

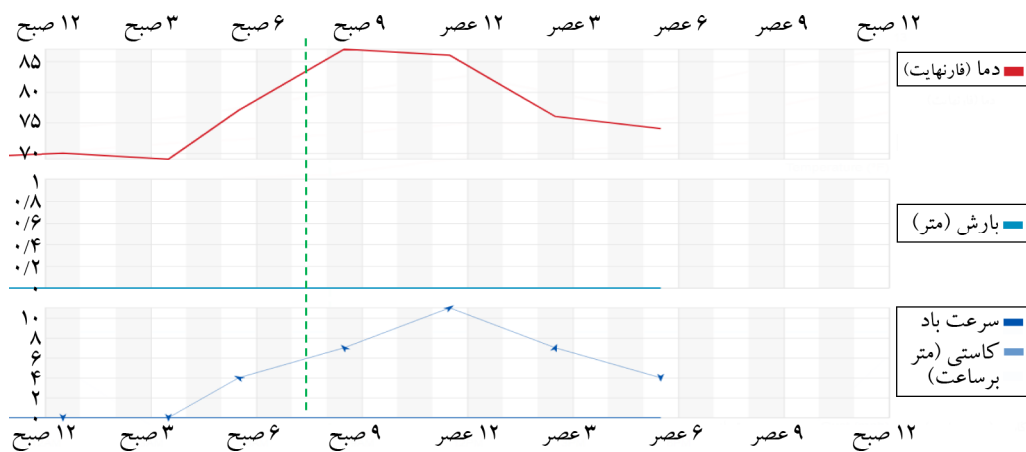
وضعیت دما در ماه فوریه را می توان در نمودار شکل های (۸) و (۹) مشاهده نمود که تغییر دما در این روز مشهود می باشد. زمین لرزه بوشهر در ساعت ۱۱:۵۲:۵۰ صبح به وقت محلی و ۷ و ۲۲ دقیقه به وقت بین المللی به وقوع پیوست. تفاوت دمای ده

در اکثر نمودارها (دما، سرعت و جهت باد و فشار جو) تغییراتی در زمان وقوع زمین لرزه قابل مشاهده است. تغییری در مقادیر دید و پوشش ابر مشاهده نمی شود. در ۱۷ فوریه ۲۰۲۱ معادل ۲۹ بهمن ۱۳۹۹ در سی سخت زمین لرزه های به بزرگی ۵/۶ ریشتر رخ داد که

درجه فارنهایت و کاهش نقطه شبنم و رطوبت نسبی همراه با افزایش سرعت باد به حدود دو برابر و تغییر نامحسوسی در فشار مشاهده می‌گردد. جدول (۳) و شکل‌های (۱۰) و (۱۱) نمایانگر این تغییرات می‌باشد.



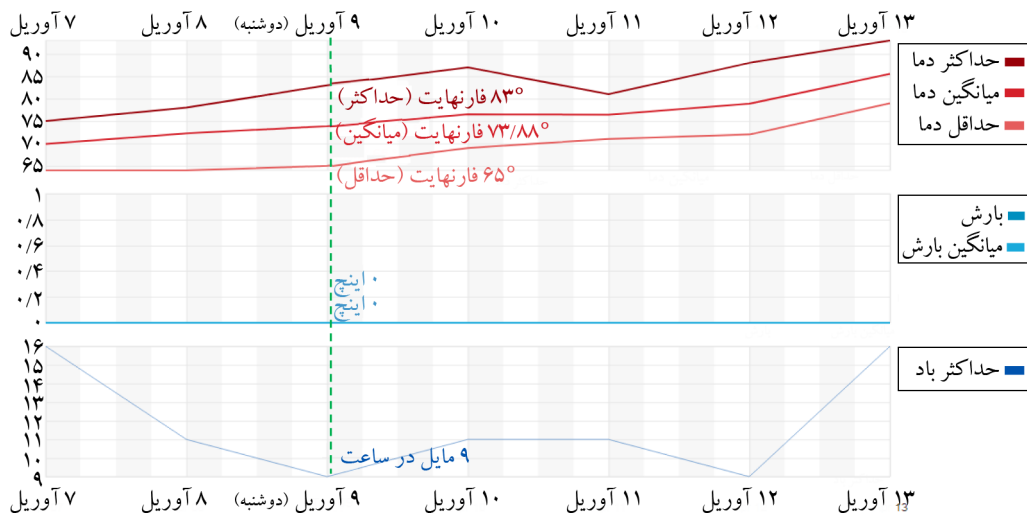
شکل (۸): وضعیت دما بر حسب درجه سلسیوس در روز ۲۹ بهمن ۱۳۹۹ شهر سی سخت (خط سبز نشان‌دهنده زمان وقوع زمین‌لرزه می‌باشد).



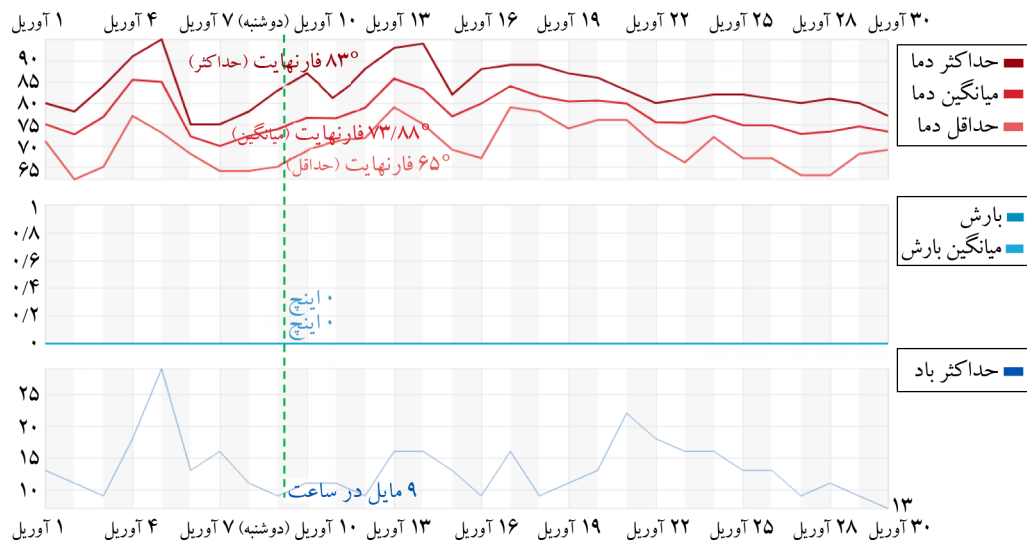
شکل (۹): وضعیت دما (درجه فارنهایت)، بارش (اینچ) و باد (متر بر ساعت) در روز ۲۱ فروردین ۱۳۹۲ شهر بوشهر (خط سبز نشان‌دهنده زمان وقوع زمین‌لرزه می‌باشد).

جدول (۳): شرایط آب‌وهوایی بر حسب ساعت در روز وقوع زمین‌لرزه (روز ۲۱ فروردین) ۱۳۹۲ شهر بوشهر (کادر قهوه‌ای مقادیر زمان وقوع زمین‌لرزه را نشان می‌دهد).

زمان	دما (درجه فارنهایت)	نقطه شبنم (درجه فارنهایت)	رطوبت نسبی (درصد)	باد	سرعت باد (متر بر ساعت)	تندباد لحظه‌ای (متر بر ساعت)	فشار (اینچ)	بارش (اینچ)	شرایط جوی
۸:۳۰ صبح	۶۹	۵۸	۶۸		۰	۰	۲۹/۶۸	۰/۰	نسبتاً خوب
۱۲:۳۰ صبح	۷۰	۵۸	۶۵		۰	۰	۲۹/۶۷	۰/۰	نسبتاً خوب
۳:۳۰ صبح	۶۹	۶۴	۸۵		۰	۰	۲۹/۷۱	۰/۰	قسمتی ابری
۵:۳۰ صبح	۷۷	۶۴	۶۵	ESE	۴	۰	۲۹/۷۸	۰/۰	اغلب ابری
۸:۳۰ صبح	۸۷	۴۵	۲۳	SE	۷	۰	۲۹/۷۶	۰/۰	اغلب ابری
۱۱:۳۰ صبح	۸۶	۴۹	۲۷	SW	۱۱	۰	۲۹/۷۰	۰/۰	نسبتاً خوب
۲:۳۰ عصر	۷۶	۶۶	۷۱	SSW	۷	۰	۲۹/۶۹	۰/۰	نسبتاً خوب
۵:۳۰ عصر	۷۴	۶۶	۷۸	N	۴	۰	۲۹/۷۲	۰/۰	نسبتاً خوب



شکل (۱۰): وضعیت هفتگی شرایط دما، بارش و باد بوشهر در ۱۸ فروردین ۱۳۹۲.



شکل (۱۱): وضعیت ماهانه شرایط دما، بارش و باد بوشهر در ۱۸ فروردین ۱۳۹۲.

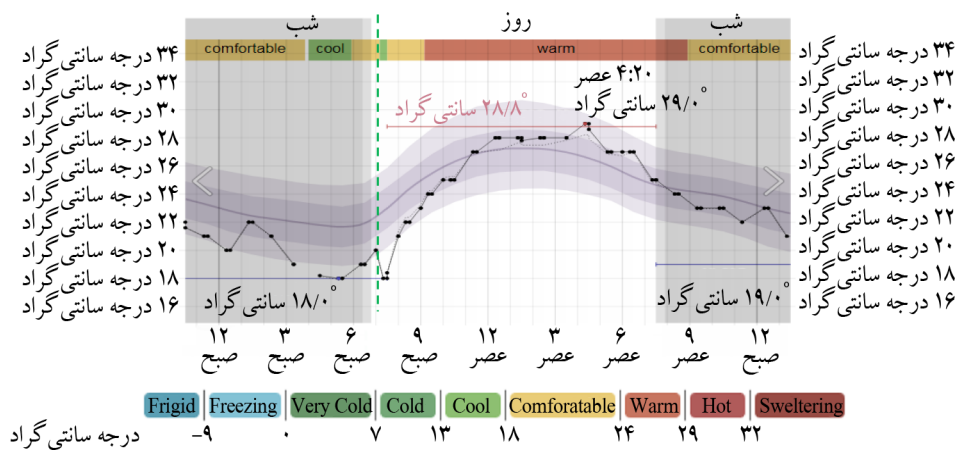
شکل های قبل مقادیر سه ساعته را نشان می دادند و کاهش دمایی ناگهانی در زمان لحظه وقوع زمین لرزه در آنها قابل مشاهده نبود که در شکل (۱۲) این کاهش به وضوح دیده می شود.

در شکل (۱۳)، پوشش ابر، رنگ کدگذاری شده بر اساس درصد آسمان پوشیده شده، ارتفاع لایه ابر غالب (نقاط سیاه: زمان گزارش، خطوط: مدت زمان استنباط شده) و لایه های سایر ابرها (نقاط و خطوط خاکستری) در زمان وقوع زمین لرزه بوشهر نشان می دهد. خط سبز که نشان دهنده زمان وقوع زمین لرزه است به خوبی با خط تغییر آسمان به حالت بدون ابر منطبق می باشد.

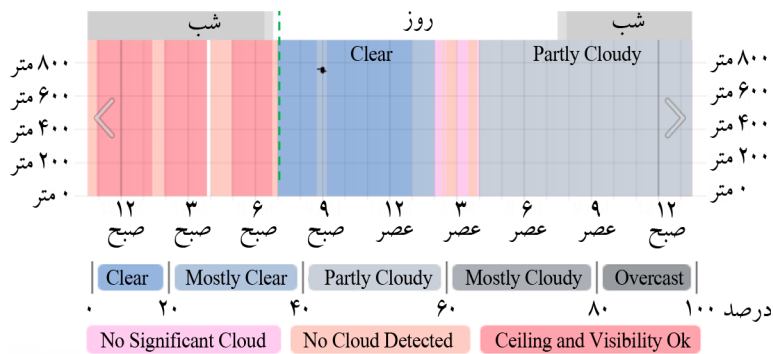
کمترین مقادیر دما و باد در روزهای مجاور در روز وقوع زمین لرزه مشاهده می گردد. دمای ساعتی بوشهر دمای اندازه گیری شده در ارتفاع دو متری بالاتر از سطح زمین در زمین باز (نقاط مشکی) و حداقل های ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعته (خط عمودی آبی) و حداکثرها (خطوط قرمز)، میانگین دمای ساعتی (خط بنفش کم رنگ)، با نوارهای صدک های ۲۵ تا ۷۵ و دهم تا نود. خط نقطه چین نازک دمای احساسی و حالت گرگ و میش و شب با سطوح سایه دار نشان داده شده است. خط سبز که نشان دهنده زمان وقوع زمین لرزه است به خوبی با نقطه عطف تغییر ناگهانی در محور دما منطبق می باشد.

به‌خوبی با نقطه عطف تغییر در محور بالا منطبق می‌باشد. در شکل (۱۵) ارتفاع مرکز ماه در بالای (مثبت) یا زیر (منفی) افق (خط سیاه) گرگ و میش و شب با پوشش‌های سایه‌دار نشان داده می‌شوند. همان‌طور که در شکل (۱۶) دیده می‌شود خط سبز که نشان‌دهنده زمان وقوع زمین‌لرزه است با یک تأخیر پس از نقطه عطف تغییر در محور بالا قرار دارد.

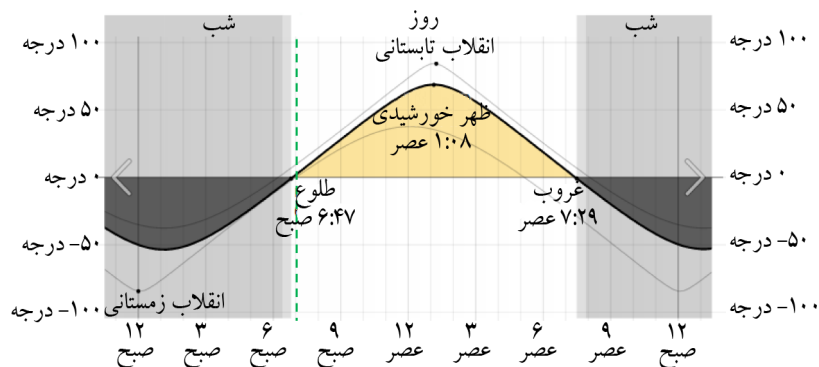
در شکل (۱۴)، ارتفاع مرکز خورشید در بالای (مثبت) یا زیر (منفی) افق (خط سیاه). رنگ زرد و خاکستری به‌ترتیب نشان‌دهنده روز و شب می‌باشد. خطوط خاکستری روشن منحنی‌های مربوط به انقلاب زمستانی^۵ و انقلاب تابستانی^۶ هستند. زمان گرگ و میش و شب با پوشش‌های سایه‌دار نشان داده می‌شوند. خط سبز که نشان‌دهنده زمان وقوع زمین‌لرزه است



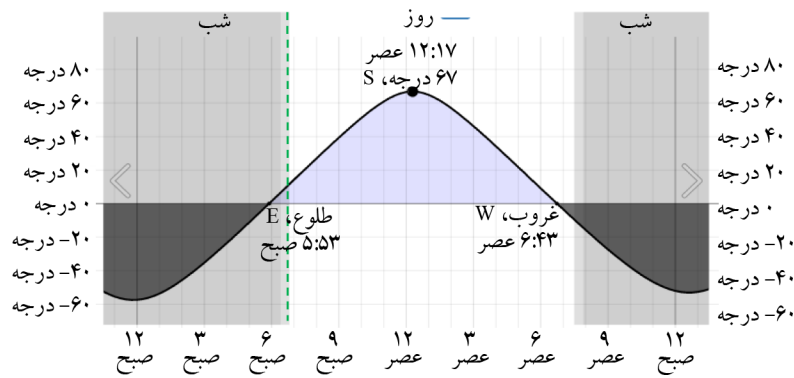
شکل (۱۲): دمای هوا در روز سه‌شنبه ۱۸ فروردین ۱۳۹۲ در بوشهر.



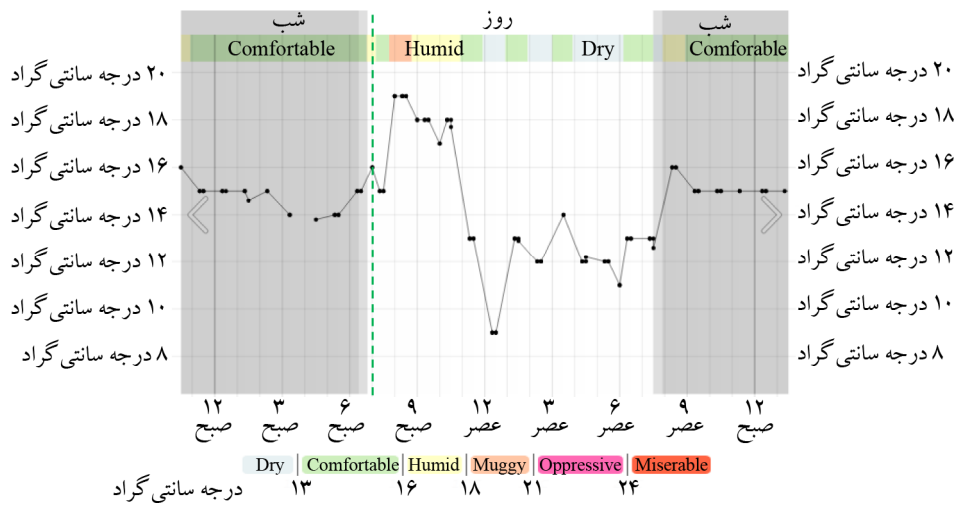
شکل (۱۳): پوشش ابری در روز سه‌شنبه ۱۸ فروردین ۱۳۹۲ در بوشهر.



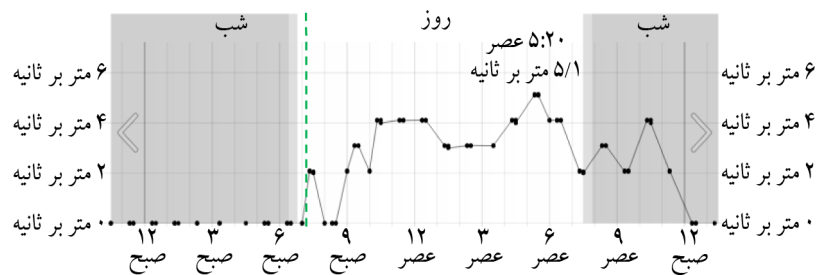
شکل (۱۴): ارتفاع خورشیدی در روز سه‌شنبه ۱۸ فروردین ۱۳۹۲ در بوشهر.



شکل (۱۵): ارتفاع قمری در روز سه‌شنبه ۱۸ فروردین ۱۳۹۲ در بوشهر.



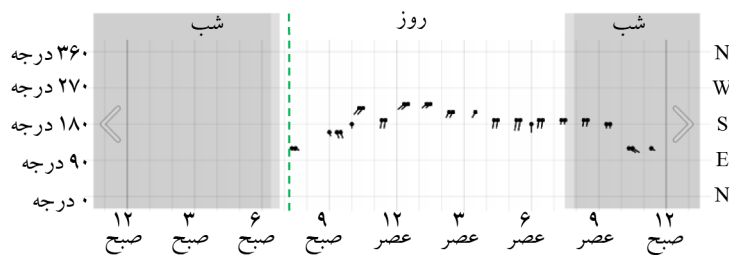
شکل (۱۶): نقطه شبنم روز سه‌شنبه ۱۸ فروردین ۱۳۹۲ در بوشهر.



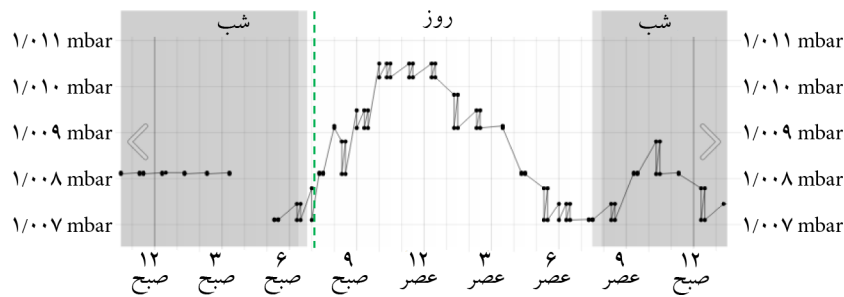
شکل (۱۷): سرعت باد سه‌شنبه ۱۸ فروردین ۱۳۹۲ در بوشهر.

ناگهانی در محور بالا منطبق می‌باشد. در شکل (۱۷)، سرعت باد در حدود ۱۰ متر بالای یک زمین باز (نقاط سیاه) اندازه‌گیری شده است. گرگ‌ومیش و شب با پوشش‌های سایه‌دار نشان داده می‌شوند. خط سبز نشان‌دهنده وقوع زمین‌لرزه به‌خوبی با نقطه تغییر از حالتی که باد وجود ندارد و زلزله با ناگهانی در محور بالا قابل مشاهده می‌باشد.

در شکل (۱۶) نقطه شبنم گزارش شده در حدود ۲ متر بالای یک زمین باز (نقاط سیاه)، سطوح راحتی از نظر رطوبت در نوار در امتداد بالای نمودار بر اساس طبقه‌بندی که در راهنمای نمودار طبقه‌بندی شده، نشان داده شده است. گرگ‌ومیش و شب با پوشش‌های سایه‌دار نشان داده می‌شوند. خط سبز که نشان‌دهنده زمان وقوع زمین‌لرزه است به‌خوبی با نقطه تغییر



شکل (۱۸): جهت باد در روز سه‌شنبه ۱۸ فروردین ۱۳۹۲ در بوشهر.



شکل (۱۹): فشار اتمسفر روز سه‌شنبه ۱۸ فروردین ۱۳۹۲ در بوشهر.

با توجه به عدم وجود تغییرات در میزان دید، پوشش ابر و میزان بارش به نظر می‌رسد، هیچ ارتباطی با وقوع زمین‌لرزه نداشته باشد. میزان سرعت باد در لحظه وقوع زمین‌لرزه کاهش یافته است. این تغییرات در یک سیستم که شامل کرایوسفر، بیوسفر و اتمسفر می‌شود، در یک لحظه اتفاق می‌افتد و می‌توان این تغییر را در اکثر عوامل آب‌وهوایی نیز به وضوح دید. پیشنهاد می‌شود این تغییرات با نام «تئوری تحول سیستمی زمین^۷» شناخته شود؛ و همچنین این مطالعه در سطح وسیع‌تری در سطح جهان بررسی شده و با استفاده از داده‌های عوامل آب‌وهوایی و ادغام آن با داده‌های زمین‌مدلسازی جهت شناسایی بهتر روابط و حتی پیش‌بینی درصد احتمال وقوع زمین‌لرزه صورت گیرد.

مراجع

1. Parrot, Mi. and Pinçon, J.-L. (2020) Is There an Earthquake Weather? *Open Journal of Earthquake Research*, 9, 69-82, ISSN Online: 2169-9631, ISSN Print: 2169-9623.
2. (2022, August 20-last update) [Online]. Available: https://www.usgs.gov/faqs/there-earthquake-weather?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products.

شکل (۱۸)، جهت باد در حدود ۱۰ متر بالای یک زمین‌باز اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد (نقاط سیاه) گرگ‌ومیش و شب با پوشش‌های سایه‌دار نشان داده شده است.

شکل (۱۹) فشار اتمسفر (نقاط سیاه)، به وسیله ارتفاع سنج گزارش شده بر اساس گزارش METAR نشان داده شده است که خط سبز نشانه زمان وقوع زمین‌لرزه نشان می‌دهد که تغییر در میزان فشار اتمسفر ایجاد شده است. بر اساس این مشاهدات تئوری ارسطو با نام مبنی بر اینکه هوا قبل از وقوع زمین‌لرزه گرم و آرام خواهد بود و تئوری بعدی که زمین‌لرزه‌ها در شرایط آرام و ابری رخ می‌دهند را بر اساس اطلاعات این مقاله می‌توان رد نمود.

۵- نتیجه‌گیری

بر اساس داده‌های دیدبانی شده در اکثر عوامل آب‌وهوایی در زمان وقوع زمین‌لرزه تغییر قابل مشاهده است. دمای هوا، نقطه شبنم، ارتفاع قمری، ارتفاع خورشیدی، رطوبت نسبی در ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته، میزان فشار کاهش و پس از آن افزایش یافته است. جهت باد در لحظه وقوع زمین‌لرزه تغییر یافته و همان‌طور که مشاهده می‌شود، جهت باد اتفاق افتاده در زمان وقوع زلزله در هیچ‌یک از ساعات آن روز مشاهده نشده است.

- Lanzhou Institute of Plateau Atmospheric Physics. Academia Sinica, Lanzhou 730000, China.
15. Shokrchizadeh, M. (2018) Content analysis of social articles in terms of sociology of disaster with a special look at the Bam earthquake in 1394-1382". *The Main Axis: Earthquake, Safety Culture Quarterly, Twelfth Year*, 26, 21-14 (in Persian).
 16. Mojrab, M., Norouzi, N., and Asadi, Z. (2018) Landslide 0 landslide) Meleh Kaboud: earthquake 21 Aban 1396 Azgeleh-Sarpol-e-Zahab with a magnitude of 3/7. *Main axis: Earthquake, Farhang Quarterly Safety, Twelfth Year*, 26, 21-14 (in Persian).
 17. Zare, M. (2018) 60 years after the Farsing earthquake, how much should we endure? *Main Axis: Earthquake, Safety Culture Quarterly* (In Persian).
 18. Shokrchizadeh, M. (2018) Lessons learned from the Kermanshah earthquake. *The Main Axis: Earthquake, Safety Culture Quarterly, Twelfth Year*, 26, 21-14.
 19. Mojrab, M., Norouzi, N., and Asadi, Z. (2018) Landslide 0 landslide) Meleh Kaboud: earthquake 21 Aban 1396 Azgeleh-Sarpol-e-Zahab with a magnitude of 3/7. *Main Axis: Earthquake, Farhang Quarterly Safety, Twelfth Year*, 26, 21-14 (in Persian).
 20. Observational Data on Atmospheric Chemical Composition and Physical Properties of the I.R. of Iran Meteorological Organization Database.
 3. BuisCan, A., Climate Affect Earthquakes, or Are the Connections Shaky? –Climate Change: Vital Signs of the Planet (2019, October 29 - last update) [Online]. Available: <https://climate.nasa.gov/news/2926/can-climate-affect-earthquakes-or-are-the-connections-shaky> (nasa. gov).
 4. https://www.usgs.gov/faqs/there-earthquake-weather?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products.
 5. Berberian, F. and Berberian, M. (1981) Tectono-plutonic episodes in Iran. In: *Zagros Hindu Kush Himalaya Geodynamic Evolution*, 3, 5-32.
 6. Sedghi, M., Zare, M., and Dorostian, A. (2021) Calculation of design spectrum for different soil types in Iran, based on near fault data and its comparison with Iranian Building Code (Standard 2800). *Journal of Earthquake Engineering*, 85-92.
 7. (2020, September 24 - last update). [Online]. Available: <http://www.iiees.ac.ir/>[2002, January 23].
 8. Carlos, I. (2021) *Fast and Localized Temperature Measurements during Earth-quakes or Volcanic Processes*, Physyorg. University of Madrid.
 9. Mao-cqg, T., Dong Wen-jie, Wang Bao-ling, et al. (1991) Comparison of soil heat flow field in China with deep layer geothermal field. *Advances of Eanh Science*, 6(4), 10-17 (in Chinese).
 10. Ze-yong H. and Mao-cang, T. (1989) Abnormality of geothermal is an important factor of climatic abnormality, comprehensive research of sky-earth-biology, Beijing. *Chinese Scientific and Technological Press*, 257-260.
 11. Buntebarth. G., Translated by Zhi-xin, Y., Liang-ping, X. (1988) Introduction of Geothermal. Beijing, Seismological Press.
 12. Geng Q.-Guo (1985) *Research of Relationship between Drought and Earthquake in China*. Beijing. Marine Press.
 13. Mao-cang T., et al. (1989) *Theoretical Climatology*. Beijing: Meteorological Press.
 14. Xin-gang, F. and Maocang, T. (2013) The structural features of soil temperature and precipitation and soil heat flux fields of strong earthquakes. *Chinese Journal of Geophysics*, 39(2),

واژه‌نامه

Gusty Wind	۱- تندباد لحظه‌ای یا باد جستی (گاستی)
Solar Elevation	۲- ارتفاع خورشیدی
Lunar Elevation	۳- ارتفاع قمری
Winter Solstices	۵- انقلاب زمستانی
Summer Solstices	۶- انقلاب تابستانی
Earth System Evolution Theory	۷- تئوری تحول سیستمی زمین

Study of the Relationship between Earthquakes and Weather in Recent Earthquakes in Iran

Mahnaz Ahmadi Namin^{1*} and Ali Kazemian²

1. Ph.D. Student of Water Science and Engineering-Agrometeorology, Department of Irrigation and Reclamation Engineering University of Tehran, and Senior Specialist of the National Monitoring, Forecasting & Crisis Management of Water Hazards, Center I.R. Iran Meteorological Organization, Tehran, Iran,

*Corresponding Author, email: mahnaz.ahmadi.n@ut.ac.ir

2. Senior Specialist Information Technology of I.R. Iran Civil Aviation Authority Organization, Tehran, Iran

Earthquakes have long been associated with change and destruction. Human has always been looking for a solution to identify and predict the occurrence of earthquakes. In order to identify the occurrence of an earthquake, other events that can be a sign of the conditions of the earthquake should be examined. In order to study these conditions, the status of climatic variables in hourly, weekly and monthly time periods was studied. Even theories about the relationship between weather and earthquakes have long been proposed by the ancient Greek philosopher (Aristotle) called "earthquake weather". He proposed the theory that the weather would be warm and calm before the earthquake, and the next theory he stated was that earthquakes occur in calm and cloudy conditions. The U.S. military has since examined the relationship between the weather and its relationship to earthquakes.

Identifying the relationship between weather and earthquakes can help to predict and reduce financial and life losses, so in this research, the weather conditions at the time of the earthquake in some of the major earthquakes of Iran have been investigated. In this article, using the hourly, weekly and monthly data, the observed meteorological variables at the time of the earthquake were investigated. These variables include: Temperature (in degrees Fahrenheit), Dew point (in degrees Fahrenheit), Relative Humidity (in percent), Wind direction and wind speed (in meters per hour), Gusty wind (in meters per hour), Pressure (in inches), Precipitation (in inches), Cloud Cover, Solar Altitude, Lunar Altitude, General Weather Conditions on an hourly, daily, weekly and monthly basis can be named boards that were examined. The studied variables from the time before the earthquake to after the specified time intervals were examined. Due to the large number of these charts, data and maps, only some of them were presented as examples in this article. Based on the study, these two theories are rejected due to the impossibility of generalization to all earthquakes, and it is suggested that it is due to the occurrence of a series of simultaneous changes in the Earth's system, including the biosphere, lithosphere, hydrosphere and atmosphere.

Based on the observed data, changes can be seen in most of the weather factors at the time of the earthquake. Air temperature, dew point, lunar altitude, solar altitude, relative humidity increased and then decreased, pressure decreased and then increased. The direction of the wind changed at the moment of the earthquake and as it can be seen, the direction of the wind was not observed at the time of the earthquake in any of the hours of that day. The wind speed has decreased at the moment of the earthquake. These changes in a system that includes cryosphere, biosphere and atmosphere.

It happens in a moment and this change can be clearly seen in most weather factors. It is suggested that these changes be known as the "Earth Systemic Evolution Theory".

These changes can be known as the "Earth System Evolution Theory". This theory is presented for the first time in this article.

Keywords: Earthquake, Surface Weather Observations, Theory of Earth System Evolution, Iran