

سیستم های هشدار دهنده زود هنگام برای کاهش تلفات جانی و خسارت های مالی ناشی از زلزله

* سعید فرخنده- جمشید شیبانی- احسان جعفری ***

چکیده:

تلفات و خسارت های ناشی از زلزله های گذشته، نشانگر آسیب پذیری شدید شهرها و روستاهای کشور در مقایسه با بسیاری از نقاط لرزه خیز دنیا است. علاوه بر این، دلایل فراوانی وجود دارند که نشان می دهنده کشور ما هنوز فاصله زیادی تا مدیریت اصولی بحران، هنگام زلزله های مخرب دارد. با توجه به لرزه خیزی، آسیب پذیری و نحوه مدیریت بحران در کشور، و احتمال وقوع زلزله های شدید به خصوص در ایشان تهران تهرانی های زیادی به وجود آمده است که باید علاوه بر اقدامات میان مدت و بلند مدت، در کوتاه مدت نیز در این راستا چاره ای اندیشه شود تا ضمانتی برای کاهش تلفات و خسارت های مالی بوجود آورد و موجب آسایش عمومی شود. استفاده از سیستم های هشدار دهنده زود هنگام از جمله اقداماتی است که می تواند در کوتاه ترین زمان با صرف امکانات اندک مالی توسط مردم، فرست مناسبی را برای مواجهه با زلزله فراهم آورد. علاوه بر این با سرمایه گذاری بخش دولتی و بکارگیری تجهیزات وسیع تر و تکامل یافته تر، لحظاتی اندک پس از وقوع زلزله تا زمان تخریب ساختمان ها می تواند به نحو مطلوب تری مورد استفاده قرار گیرد و منجر به نجات جان انسان های بیشمار و کاهش خسارت ها شود. در ادامه این مقاله، ایده هشدار دهنده های زود هنگام، انواع دستگاه ها و سیستم های ابداع شده همواره با تاریخچه و موارد استفاده آنها به اختصار مطرح، و در خاتمه ضمن نتیجه گیری پیشنهاد ای نیز ارائه شده است.

کلید واژه ها: سیستم های هشدار دهنده - زلزله - شهرها - روستاهای.

۱- مقدمه:

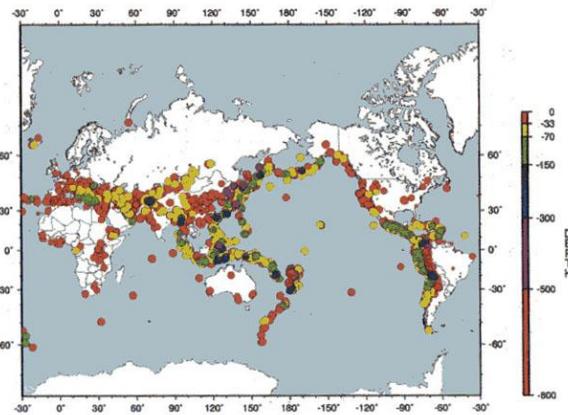
کاهش تلفات جانی و خسارت های مالی ناشی از زلزله در ایران تنها در صورتی امکان پذیر است که این مهم در صدر برنامه ریزی ها و سیاستگذاری های دستگاه های اجرایی مرتبط با موضوع و مرکز پژوهشی ذیربسط قرار گیرد و طرح جامع راهبردی برای دستیابی به این هدف در دستور کار قرار گیرد و با سرعت لازم به اجرا گذارده شود [۱].

*دانشجوی کارشناسی-رشته مهندسی عمران-دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان (saeed.bbc201@gmail.com)

*مشهد- دفتر مهندسی ۲۰۱ (Daftar_mohandes201@hotmail.com)

*** دانشجوی کارشناسی-رشته مهندسی عمران-دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان(ehsan_engc@yahoo.com)

از یکسو، تعدد رخداد زلزله های گذشته، نتایج مطالعات انجام شده و به طور کلی وضعیت لرزه خیزی ایران نشان می دهد که کشورمان در بالاترین ردیف فهرست کشورهای لرزه خیز دنیا قرار دارد (شکل ۱).

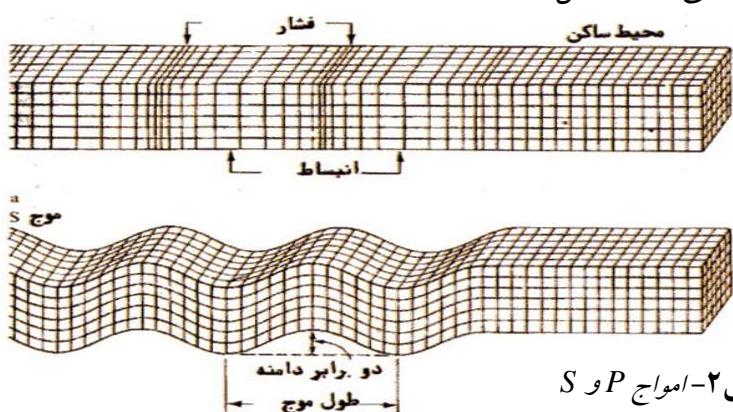


شکل ۱- نقشه لرزه های تاریخی آسیا، اروپا، آفریقا

۲- ایده هشداردهنده های زودهنگام

بسیاری از متخصصان مرتبط با امور زلزله معتقدند که زمان دقیق زلزله قابل پیش بینی نیست و به جز موارد محدود و استثنایی که وقوع زلزله همراه با شواهدی بوده و امکان اطلاع از زمان رخداد آن را میسر ساخته است، در سایر موارد از زمان دقیق وقوع زمین لرزه ها اطلاعی در دست نیست و به همین دلیل موجب مرگ انسان های زیادی شده است.

موج اولیه- موج P- یا موج متراکم که در حدود یک تا دو مایل در ثانیه سرعت دارد، در میان جامدات، گازها و مایعات حرکت می کند و سرعت بیشتری نسبت به دیگر موج ها دارد؛ البته این سرعت بسته به ماده ای که در میان آن حرکت می کند، متفاوت است. موج دیگر موج موسوم به S با اختلاف کمی از موج P به سطح زمین می رسد. این موج تنها در جامدات حرکت می کند و در مایعات متوقف می شود. موج P معمولاً $1/7$ سریع تر از موج S حرکت می کند (شکل ۲)، [۳].



شکل ۲- امواج P و S

در سال های اخیر با استفاده از تأخیر زمانی موج S و از آنجا که تخریب اصلی و تلفات انسانی متعاقب آن توسط موج S صورت می پذیرد دانشمندان را بر آن داشته است تا بتوانند سیستم های هشدار دهنده ای را اختراع کنند و از تفاضل زمانی این دو موج بهره گیرند تا امکان فرار از ساختمان ها و پناه بردن به مکان های امن فراهم شود [۲].

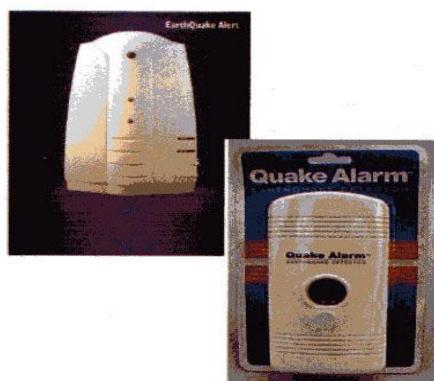
۳- انواع دستگاه ها و سیستم های ابداع شده

ایده هشدار دهنده های زودهنگام فرصتی را برای ابداع انواع دستگاه ها و سیستم های با تنوع بسیار وسیع فراهم آورده است. در این راستا دستگاه های ارزان قیمتی ابداع شده که با مکانیزمی ساده موج P را تشخیص، و پیش از تکان های شدید زمین عکس العمل نشان می دهند، و یا دستگاه هایی که از مکانیزم توسعه یافته تری برخوردار و دارای ویژگی های برتری هستند.

در ادامه شرح مختصری درباره برخی از انواع دستگاه ها و سیستم های مورد اشاره ارائه شده است:

الف) دستگاه های هشدار دهنده زلزله

عملکرد این دستگاه ارزان قیمت تجاری بصورت آونگ وارونه مکانیکی است به نحوی که پس از دریافت موج P، آونگ به حرکت در آمد و برای اعلام خطر و هشدار، زنگی را به صدا در می آورد [۶]. این دستگاه که توسط یک شرکت آمریکایی با بیش از ۲۵ سال سابقه و تخصص در ساخت دستگاه های ایمنی ساخته شده می تواند در منازل و کلاس های درس مورد استفاده قرار گیرد و در صورت بروز زلزله در هنگام شب و زمانی که مردم در خواب هستند، موجب بیداری آنها شود و وقوع زلزله را هشدار دهد (شکل ۳).



شکل ۳- دستگاه هشدار دهنده زلزله

ب) دستگاه آماده باش زلزله

تحقيق و توسعه برای ابداع دستگاه آماده باش زلزله با حمایت های مالی شورای تحقیقات ملی کانادا صورت پذیرفته است و عملکرد آن توسط یک ابزار کنترلی حس گر الکترو مکانیکی انجام می شود. این دستگاه

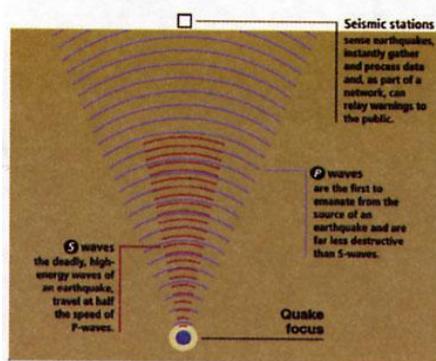
با قیمت بیشتری نسبت به دستگاه پیشین قابل تهیه است، و برای فرکانس های خاص قابل تنظیم و دارای محرک های جدا برای فرکانس های زیاد و کم است (شکل ۴). طراحی این دستگاه به نحوی انجام شده که با فیلتر کردن اطلاعات دریافتی می تواند هشدارهای کاذب را حذف کند. [۹]



شکل ۴- دستگاه آماده باش زلزله

(ج) سیستم آماده باش لرزه ای (S.A.S)

این سیستم در مکزیک به عنوان یک پروژه ارزیابی - تحقیقاتی به منظور کاهش اثرات زلزله گوار رو ایجاد شده است. در این سیستم علاوه بر بهره گیری از تفاضل سرعت امواج زلزله (امواج P و S) از امواج مخابراتی نیز برای ارسال هشدار استفاده شده است (شکل ۵). [۵]



شکل ۵- نحوه دریافت و انتقال امواج P و S

عملکرد این سیستم به نحوی است که هنگام وقوع زلزله بزرگتر از ۵، هشدارهای محدود و برای زلزله های بزرگتر از ۶، هشدارهای وسیع تری را از طریق تجهیز ۱۲ ایستگاه آشکارساز در فواصل ۲۵ کیلومتری در ساحل گوار رو مخابره می کند.

سیستم آماده باش لرزه ای شامل تجهیزات ذیل می باشد:

سیستم آشکارساز لرزه ای

سیستم دوگانه ارتباطی با فرکانس های مختلف VHF و UHF

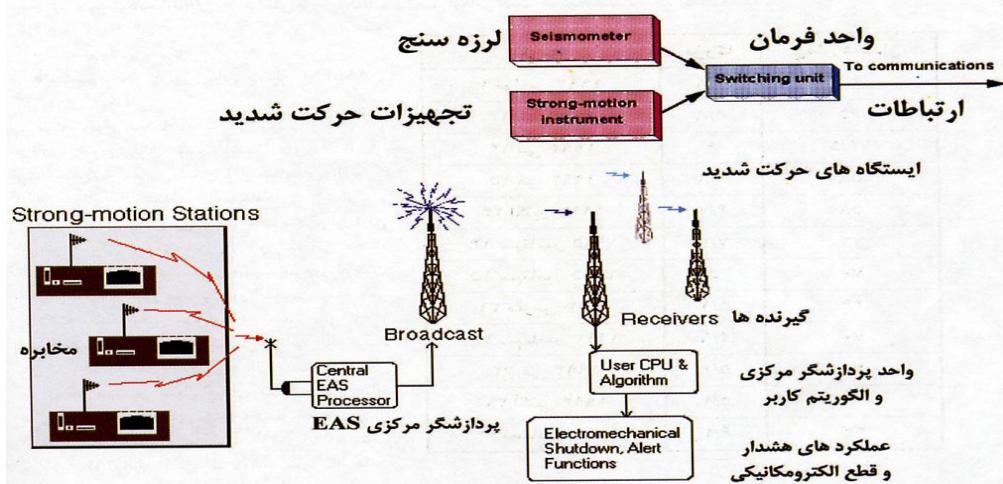
سیستم کنترلی مرکزی

سیستم اخطار رادیویی برای کاربران AM/FM و گیرنده های دیجیتالی

هنگام وقوع زلزله های با بزرگای بیشتر از ۵ یا ۶ و دریافت امواج زلزله توسط ایستگاه های آشکارساز، هشدارهایی به مدارس ابتدایی، ایستگاه های رادیویی، ادارات دولتی، دانشگاه ها، مجموعه های آپارتمانی و خدمات عمومی ارسال می شود. مقامات شهری از طریق افزایش آمادگی عمومی، این پروژه را پشتیبانی کرده اند تا اطمینان حاصل شود که در صورت وقوع زلزله مردم آمادگی برای واکنش مؤثر و عبور ایمن از مرحله خطر را داشته باشند. وقتی زمین لرزه ای توسط یکی از ۱۲ ایستگاه آشکارساز دریافت شود، پس از تأیید زلزله توسط هر یک از ایستگاه های دیگر، پیام های اخطاری از ساحل گوارو به سیستم کنترل مرکزی شهر مکزیکو برای فعال کردن فرستنده های هشداردهنده رادیویی ارسال می شود.

(۵) سیستم آماده باش زمین لرزه (E.A.S)

این سیستم هشداردهنده شامل شبکه ای از حسگرهایی است که در منطقه لرزه خیز پراکنده شده اند. حسگرهایی که در نزدیک ترین محل نسبت به کانون زلزله قرار دارند می توانند داده ها را با سرعت نور به محل پردازش مرکزی منتقل کنند و قبل از تسری امواج مخرب لرزه ای اخطارها و هشدارها به مناطق دیگر مخابره شود. از آنجا که سرعت امواج زلزله ۳ تا ۶ کیلومتر در ثانیه و سرعت 300000 کیلومتر در ثانیه است، چنین سیستمی فرصتی بیش از سایر سیستم ها را در اختیار قرار می دهد، امکان توقف نیروگاه ها، مراکز توزیع برق، تصفیه خانه ها، کارخانه ها و سیستم های کامپیوتري را فراهم، و موجب تعليق فعالیت فرودگاه ها، توقف حرکت قطارها، آماده باش بیمارستان ها، ایستگاه های آتش نشانی، اورژانس و فعال شدن ژنراتورهای اضطراری می شود و زنگ خطر را برای افرادی که فرصت بیشتری برای پناه گرفتن نیاز دارند به صدا در می آورد (شکل ۶) [۸].



شکل ۶- سیستم آماده باش زمین لرزه

گرچه سیستم های حفاظتی زلزله متعددی وجود دارند که هنگام مواجهه با امواج زلزله به طور اتوماتیک موج برق، گاز و غیره می شوند ولی تا قبل از ابداع سیستم E.A.S چنین امکانی در آمریکا وجود نداشت که اعلام هشدار و خطر را قبل از رسیدن امواج زلزله به یک مقصد مطرح کند. مطالعاتی که توسط آکادمی ملی علوم انجام شد، E.A.S را دارای توجیه فنی و نصب آن را تأیید کرد. طرح کلی E.A.S شامل شبکه توزیع ایستگاه های لرزه ای دور دست است که حرکت های ضعیف و قوی زمین را اندازه گیری کرده و داده ها را در زمان حقيقی به مرکز کنتrol می کند. این مرکز داده ها را پردازش، و اعلام اخطار را به صورت مجموعه ای از اطلاعات شامل تخمین مرکز زلزله، زمان صفر (زمان شروع زلزله) بزرگاً و اعتبار پیش بینی شده را مخابره می کند.

(۵) سیستم آماده باش زمین لرزه

سیستم Trinet می تواند موجات کاهش زلزله را از طریق ایجاد فرصت چند لحظه ای برای پناه گرفتن در زیر مبلمان، تخلیه ساختمان ها، تغییر مسیر و یا توقف هوپیماها، بستن لوله های گاز، شبکه ها و فاصله گرفتن از ماشین آلات و مواد شیمیایی خطرناک فراهم آورد. این سیستم براساس یک شبکه ایستگاه لرزه ای متراکم مدرن تحت عنوان Trinet در جنوب کالیفرنیا طراحی شده است.

این سیستم هشداردهنده رود هنگام، نسل بعدی اطلاعات لرزه ای است که اکنون توانایی آشکارسازی پارامترها و انتقال اطلاعات را ظرف چند ثانیه میسر ساخته است تا از طریق، هشدارهای زود هنگام در مورد زلزله به مکان های با جمعیت متراکم داده شود.

این دستگاه با اولین امواج P که از منبع یک زلزله ایجاد می شود، شدت خطر و زمان باقی مانده تا مواجهه با خطر را تخمین می زند. ایستگاه های لرزه ای می توانند موج P را حس کنند و پس از پردازش فوری اطلاعات و انتقال آن زنگ های خطر را به صدا در آورند. این سیستم که تحت عنوان Elarms شناخته می شود، توانایی آنرا دارد که به سرعت مکان، منشاء، زمان و بزرگای زلزله را قبل از تکان های شدید زمین اعلام کند. مقدار زمان هشداری که مردم دریافت می کنند بستگی به کانون زلزله دارد؛ هر چه کانون زلزله دورتر باشد مهلت بیشتری برای آنها فراهم می شود [۴].

(۶) سیستم اخطار دهنده زودهنگام با استفاده از پردازشگر سیگنال زمان حقيقی

این سیستم می تواند پس از $0/3$ ثانیه از اولین حرکت زمین که توسط حس گر آشکار می شود، پارامترهای حیاتی نظیر زمان باقی مانده تا تکان شدید زمین، شدت زلزله و طول زمان زلزله را بدست آورد. این

سیستم هشداردهنده به نحوی طراحی شده که می تواند اولین ورود سیگنال و مؤلفه های زلزله را آنالیز، و ظرف ۰/۳ ثانیه وضعیت زلزله را مشخص کند. برای هر نمونه داده جدید، با نرخ ۲۵ نمونه در ثانیه، پروفیل کامل زلزله را تجدید می کند. سیستم مذکور از طریق هشدارهای دقیق و مفید می تواند خطر یک زلزله مرگبار را به حداقل برساند [۷].

۴- موارد استفاده از سیستم های هشداردهنده زودهنگام

در صورت ایجاد اخطار مبتنی بر اطلاعات دقیق و قابل تأیید، ثانیه هایی قبل از ورود حرکت خطر آفرین زلزله، به نحو قابل ملاحظه ای کاهش خسارت های مالی، تعداد زخمی و کشته ها فراهم خواهد شد. علاوه بر این فیل هاربن در مقاله ای تحت عنوان امکان سنجی سیستم آماده باش زلزله به مواردی اشاره کرده است که در صورت دریافت هشدارهای زودهنگام می تواند برای کاهش خطر مؤثر واقع شود [۴]. در ادامه مطلب به عنوانین برخی از موارد مذکور اشاره شده است:

تولید هشدارهای شنیداری، توقف نیروگاه های اتمی، حفظ وضعیت ایمنی تجهیزات نیروگاه های اتمی، قطع توزیع گاز، تغییر مسیر جریان برق، توقف جریان نفت و آب در لوله ها، توقف فعالیت پالایشگاه ها، توقف تجهیزات انرژی های ویژه، توقف تجهیزاتی که با دقت بالا کار می کند، توقف تجهیزات ساخت و تولید، توقف فعالیت فرودگاه ها، توقف حرکت ترن ها، قطع رایانه ها، توقف آسانسورها در وضعیت ایمن، هشدار به بیمارستان ها و هشدار به ایستگاه های آتش نشانی.

۵- نتیجه گیری

شدت لرزه خیزی و آسیب پذیری شهرها و روستاهای کشور پس از گذشت سال هایی که کمتر به این دو مقوله توجه می شد، اینکه به امری بدیهی تبدیل شده است. از طرف دیگر هنوز تا ایجاد فرهنگ فراگیر برای پیشگیری و مواجهه با زلزله فاصله زیادی قابل ملاحظه ای وجود دارد و به همین دلیل بحران های ناشی از زلزله و مدیریت آن نیز به نحوی بوده است که نتوانسته موجبات التیام کافی و کاهش خسارت های جانی و مالی را فراهم کند. استفاده از دستگاه ها و سیستم های هشداردهنده زودهنگام می تواند زمان هر چند ناچیزی را در اختیار مردم قرار دهد تا با برنامه ریزی قبلی، موقع بروز زلزله بتوانند به مکان های امن تری پناه ببرند و همچنین موجباتی برای قطع گاز، تغییر مسیر جریان برق، توقف عملیات پالایشگاه ها، ایمن ساختن وضعیت نیروگاه های

اتمی و سایر تأسیسات و تجهیزاتی که در ادامه فعالیت آنها خطر آفرین است، فراهم شود تا بتواند به کاهش تلفات و خسارت های مالی بیانجامد.

۶- پیشنهادات

به نظر می رسد که برای مصون سازی شهرها و روستاهای کشور، بیش از هر زمان دیگری لزوم تدوین برنامه ای جامع و واقع بینانه و به اجرا گذاردن آن از ضروریات اولیه تلقی می شود و هر گونه تعلل و قصوری در این زمینه می تواند به تسلسل بحران هایی منجر شود که مدیریت آن حتی با تکیه بر تجارب و امکانات جهانی نیز میسر خواهد بود. به موازات سیاست گذاری ها و اجرای برنامه های وسیع کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت لازم است که از دستاوردهای بشری در زمینه دستگاه ها و سیستم های هشداردهنده زودهنگام استفاده شود. تهیه دستگاه های ارزان قیمت توسط مردم و استفاده از آنها در محل اجتماعات می تواند موجب کاهش نگرانی ها شده، آرامش نسبی ایجاد کند و هنگام وقوع زلزله نیز تأثیر به سزاگی در کاهش تبعات داشته باشد.

۷- منابع

- [۱] عاملی، احمد رضا ۱۳۸۳ الف، بررسی اجمالی زلزله بم همراه با راهبردها و راهکارهای اجرایی برای مصون سازی شهرهای کشور در مقابل زلزله، دنیای اقتصاد، شماره های ۳۷۳ و ۳۷۴.
- [۲] عاملی، احمد رضا ۱۳۸۳ ب، بررسی اجمالی زلزله بم همراه با راهبردها و راهکارهای اجرایی برای مصون سازی کلان شهر کرج در مقابل زلزله، سمینار مقاوم سازی ابنيه مهم کلان شهر کرج.
- [۳] و این پس لرزو های شوم، جام جم، سال چهارم، شماره ۱۰۴۸، دی ماه ۱۳۸۲.
- [۴] Allen Richard, Kanamori Hiroo, Earthquake Warning System Sounds Alarm Seconds Before Tremors Begin, Science & Technology at Scientific American.com/ Jone ۱۵/۲۰۰۳
- [۵] Espinosa Aranda J.M., Jimenez A., Ibarrola
- [۶] Http:// www.quakealarm.com
- [۷] .Leach R.R., Dowla F.U. (۱۹۹۶), Earthquake Early Warning System Using Real-time Signal Processing, Lawrence Livermore National Laboratory, U.S.A
- [۸] .Phil Harben, ۱۹۹۱, Earthquake Alret System Feasibility study, Lawrence Livermore National Laboratory, U.S.A
- [۹] Quake Alret Technical Catalogue