تحلیل ریسک در زلزله

نگارش:

محمد رحمتی

استاد:

دکتر بهزاد عاجلی

نیمسال دوم ۸۹-۸۸

چکیده:

زمین لرزه و خسارات مالی و تلفات انسانی ناشی از آن ، علی رغم تمامی تحقیقات و پیشرفت های علمی که بعمل آمد. بعنوان رویدادی اجتناب ناپذیر در زندگی بشر پذیرفته شده است. پیشرفت های علمی و امکانات موجود در عصر حاضر ، توجه محققین و متخصصان را برای یافتن راهکارهای مناسب به منظور کاهش صدمات ناشی از آن جلب نموده است.

امروزه با افزایش تراکم جمعیت و تراکم ساختمانها در شهرها ، مسئله ی ریسک در زلزله و خسارات ناشی از آن از اهمیت خاصی برخوردار شده است. چرا که پدیده ی ریسک جدا از اثرات منفی می تواند دریچه ای باشد برای توسعه ی فکر و جلوگیری از وقایع منفی . و این در حالیست که بخش وسیعی از کشور جمهوری اسلامی ایران در کمربند زلزله و با خطر بالای وقوع آن قرار دارد. علل وقوع و مقیاس های اندازه گیری زلزله ، مفهوم ریسک و چگونگی شناسایی آن ، تحلیل و در نهایت مدیریت ریسک مطالبی است که در این مقاله آورده شده است، باشد که با شناخت آن در جهت کاهش خسارات در پیامدهای ناگوار آن اقداماتی انجام شود.

واژگان کلیدی : زلزله، تحلیل ریسک، مدیریت ریسک

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه ۱

تاریخچه پیش بینی زلزله ۲

پیش نشانگر ۵

علت وقوع زمین لرزه ۶

تغییر شکل پوسته ۶

گسل ۷

آتشفشان ۹

امواج زلزله ۱۱

شدت زمین لرزه ۱۲

مقیاس اندازه گیری شدت زلزله ۱۲

مقیاس های سنجش زلزله ۱۳

مقیاس شدت زلزله ۱۳

مقیاس بزرگی زلزله ۱۴

ریسک در زلزله ۱۵

تعریف ریسک ۱۵

ریسک در زلزله ۱۶

تحلیل ریسک ۱۶

تحلیل کیفی ریسک ۱۷

روش طوفان ذهنی (Brain storming)..... ۱۷
روش دلفی (Delphi)..... ۱۸
مصاحبه..... ۱۸
تحلیل کمی ریسک..... ۱۹
مدیریت ریسک..... ۲۲
تسهیم ریسک (مشارکت در ریسک)..... ۲۵
نتیجه گیری و پیشنهاد..... ۲۶
مراجع..... ۲۷

مقدمه

زمین لرزه و تحمل خسارات مالی و تلفات انسانی ناشی از آن ، علی رغم تمامی تحقیقات و پیشرفت های علمی ، بعنوان رویدادی اجتناب ناپذیر در زندگی بشر پذیرفته شده است ، تخریب های احتمالی ناشی از زلزله از یک سو و عدم وجود امکانات کافی جهت پیش بینی زلزله از سوی دیگر توجه محققین و متخصصین را به سمت یافتن راهکارهای مناسب و فراگیر به منظور کاهش صدمات ناشی از آن جلب نموده است . بدین منظور روشهایی طرح گردید ، که به کمک آنها می توان تاثیر زلزله و پیامدهای پس از آن را پیش از وقوع بر روی پروژه های مختلف عمرای بررسی و پس از شناسایی نقاط ضعف با تصحیح طرح و یا مقاوم سازی از هدر رفتن منابع انسانی و مالی جلوگیری کرد.

به علت واقع شدن بخش وسیعی از کشور پهناور ایران ، بر روی کمربند زلزله و با توجه به وقوع زلزله های متعدد در سطح کشورمان و همچنین وجود سدها ، گاز کشی بشهرها و دیگر مراکز حساس که در وقوع زلزله بسیار خطرآفرین خواهند بود ، لازم است که برای در امان ماندن از این بلایای طبیعی خانمان سوز ، چاره اندیشی شود.

تاریخچه پیش بینی زلزله

در مورد پیش بینی زمین لرزه ها به طوری که از تاریخ زمین لرزه ها پیداست . بشر از قرن های پیش به فکر پیش بینی و کاستن از شدت خسارت های جانی و مالی ناشی از آن بوده است . گرچه این پیش بینی ها ، زمانی موفقیت آمیز بوده است و گاهی نیز ناموفق بوده اند. ولی در خور توجه ستایش اند. پیشگامان در امر پیش بینی زمین لرزه ها را می توان در تمدن های چین و ایران باستان جستجو کرد. در ایران باستان . کهن ترین پیش بینی زلزله که از آن آگاهی داریم ، در نامه های آشوری که از سلسله سارکنی (احتمالاً در سده هشتم قبل از میلاد) به جای مانده است (واترمن) و نیز پیشگویی هاتفان یاد شده است.

برای نمونه پیش بینی زمین لرزه سال ۱۰۴۲ میلادی در تبریز ، توسط یک اخترشناس بنام ابوطاهر شیرازی ، او کوشش بی حاصلی برا متقاعد کردن مردم ، جهت ترک کردن شهر انجام داد ، زمین لرزه در این منطقه آنقدر فراوان روی داده بود که رویداد دوباره آن محتمل باشد. با همه ی واکنش عمده ای که در برابر پیشگویی نیز نشان داده شد. بی اعتنایی و ناهمدلی نسبت به آن بود. زمین لرزه ای روی داد و حدود چهل هزار تن جان باختند. (۴۰۰۰۰) (نقل از تاریخ زمین لرزه ها ایران) [1]. زمین لرزه سال ۱۵۴۹ میلادی در قهستان نیز توسط قاضی منطقه پیشگویی شد و او کوشش ناموفقی کرد تا مردم را مجبور کند که آن شب خاص را در فضای باز بیرونی سپر ی کنند. اما آنها حاضر نشدند به گفته او گوش دهند و تنها قاضی با خانواده اش در بیرون ماندند ، اما آنها نیز که هوا را هنگام شب بسیار سرد یافتند به خانه شان

بازگشتند و اندک بعد در کنار ۳۰۰۰ تن از مردم منطقه کشته شدند. اخترگویان در پیش بینی زمین لرزه تابستان ۱۵۹۳ در لار و متقاعد کردن ساکنان آن برای ترک شهر موفق تر بودند.

اخترگویان اغلب از رفتارهای غیرعادی که حیوانات پیش از رویداد زمین لرزه نشان داده اند یاد شده است. اما موارد نسبتاً اندک شماری وجود دارد که چنین رفتارهایی به گونه قابل توجهی غیرعادی بوده باشد ، یا به عنوان علل بروز زمین لرزه تشخیص داده شده باشد. در چین پیش بینی موفقیت آمیز زمین لرزه سال ۱۹۷۵ در منطقه ی چانگ را میتوان نام برد ، که نور امیدی در راستای تحقق این آرزوی بزرگ بشریت بوده است. در طول دهه ی شصت میلادی ، پیش بینی زلزله حتی برای زمین لرزه شناسان، با وجود تحقیقات گسترده و مشاهدات عینی بی شمار در مورد چندین زلزله، امری ناشناخت به حساب می آمد در هر حال متخصصین زلزله شناسی به تدریج از وجود وقایع معینی که از وقوع زلزله رخ می دهد ، آگاه شدند. کارشناسان ژاپنی اولین کسانی بودند که با مسئله ی پیش بینی زمین لرزه به طور اصولی و با تشکیل کمیته پیش بینی زلزله برخورد نمودند (طی سال های ۱۹۶۰ تا ۱۹۶۳ م) همکاری این کشور و آمریکا در سال ۱۹۶۱ در این زمینه پایه گذاری گردید، توجه به مسئله پیش بینی زلزله در شوروی سابق نیز در سال ۱۹۶۷ و با انتشار مقاله «ساوارانسکی» آغاز گردید و به همین زمان دولت چین نیز در سرمایه گذاری در مورد چند پروژه در این زمینه را مورد بررسی قرار داد. در دسامبر ۱۹۷۴ علائم وقوع زلزله حکایت از وقوع زمین لرزه در اطراف شهرهای «های چانگ» در ساحل شرقی کشور چین را در برداشت.

متخصصین اعلام خطر کرده و مردم شهر را ترک کردند و به اطراف گریختند. اما زلزله پیش بینی شده حادث نشد. دو ماه بعد (فوریه ۱۹۷۵) دوباره مردم را از وقوع زلزله آگاه نمودند. مردم رغبت به ترک شهر و خانه ها نداشتند و آن علائم را اشتباه تصور می کردند. به هر حال با دخالت پلیس ، شهر و نقاط خطرناک تخلیه گردید این بار زمین لرزه شدیدی به بزرگ هفت و نیم ریشتر اتفاق افتاد و چون شهر تخلیه شده بود به کسی آسیب نرسید و هزاران نفر از مرگ حتمی نجات یافتند. قبل از وقوع زلزله سال ۱۹۷۶ نیز علائم وقوع زلزله نمودار شد ، ولی چون مانند علائم سال ۱۹۷۵ روش مشخصی نبود ، لذا به مردم شهر اعلام نگردید و منجر به مرگ هزاران نفر شد.

علت زلزله سال ۱۹۷۵ در چین وجود یکی از گسل های بزرگ فعال آن منطقه بود. نتایج بدست آمده از مطالعات دقیق بر روی تغییر شکل پوسته ای در منطقه گسل به یک شناسایی از حداکثر تغییر شکل و در آخر سال ۱۹۷۴ (ماه دسامبر) منتهی شد. که روال عادی گذشته را نداشت. امروزه کشور ژاپن پیشرفته ترین سیستم پیش بینی زمین لرزه را در اختیار دارد در حدود هفتاد نقطه ی مختلف این کشور ، دستگاههایی نسب شده که مقدار جاذبه و مغناطیسی و شیب زمین منطقه و تغییر شکل پوسته و زمین را به مرکز کامپیوتری ستاد آژانس هواشناسی ژاپن در توکیو مخابره می کند. متخصصین ، این اطلاعات و سایر پدیده ها از قبیل ارتفاع آب دریا ، جزر و مد و غیره را مورد توجه قرار می دهند و در جدول مخصوص درج می نمایند.

آژانس جلوگیری از حوادث شهر توکیو در حال حاضر فعالیت های چند گربه ماهی را جهت ثبت در کامپیوتر تحت نظارت داشته ، زیرا عقیده بر این است که این ماهی قبل

از وقوع زلزله ، حرکات غیرعادی دارد. علی رغم آمادگی فراوان ژاپن در مواجه با زمین لرزه هنوز سوالات فراوانی در مورد پیش بینی و قدرت زمین لرزه مطرح است و هنوز بشر در این رابطه نتوانسته قدم های بزرگی را بردارد و در حقیقت در ابتدای کار می باشد. زیرا برای مثال پس از پیش بینی موفقیت آمیز زلزله درهای چانگ چین در سال ۱۹۷۵ (به کمک حدود هزار نفر متخصص حرفه ای و یک هزار نفر افراد غیرمتخصص) ، هجده ماه بعد زلزله «تانک شان چین» به بزرگی ۷/۸ ریشتر ، جان هفتصد و پنجاه هزار نفر را گرفت ، البته نباید فراموش کرده که ظرف دو سال از سی و یک پیش بینی که در چین در مورد وقوع زلزله انجام یافته ، هجده فقره آن صحیح از آب در آمده هفت مورد آن مشکوک و شش مورد آن کاملاً غلط بود. اما ژاپنی ها به فکر زمین لرزه های شدید مترو به همین جهت ، دولت و ملت و دانشمندان آن کشور آمادگی های فراوانی مرا تدارک دیده اند.

پیش نشانگر

امروزه شاهد پیشرفت هایی در زمینه پیش بینی زلزله هستیم . دانشمندان و محققان تلاش های بسیاری را در بدست آوردن شواهدی برای پیش بینی زلزله صورت داده اند. هر پارامتری که قبل از وقوع زمین لرزه تغییراتی در آن پدید آید. به گونه ای که بتوان با بررسی دقیق این تغییرات ، زمین لرزه را پیش بینی نماید ، پیش نشانگر گفته میشود ، تاکنون پیش نشانگرهای متعددی که تعداد آنها به بیش از ۳۰ مورد میرسد ، شناخته شده است.

علت وقوع زمین لرزه

علل اصلی بروز زلزله کم شدن نیروی جاذبه زمین است . بعنوان مثال ، علت ناکام بودن در پیش بینی زلزله در ژاپن در سال ۱۹۷۵ اینست که کم شدن نیروی جاذبه زمین آن نقطه بلافاصله جبران نشد و این امر باعث بروز زلزله ۷/۵ ریشتری گردد. در دسامبر ۱۹۷۴ در ژاپن کم شدن نیروی جاذبه زمین آن نقطه ، که علائم وقوع زلزله پیش بینی شده بود ، در آن واحد بطور طبیعی جبران گردید و زلزله پیش بینی شده حادث نشد.

تغییر شکل پوسته

کره زمین سیاره ای بی جان و مرده نیست بلکه همواره در تغییر شکل دگرگونی های مداوم بسر می برد. زمین دارای سه لایه ، بخش بیرونی (پوسته) ، بخش درونی (گوشته) ، بخش مرکزی (هسته) که هسته زمین انرژی زیادی در خود ذخیره کرده است. زمانی که نیروی جاذبه زمین در یک نقطه کم شود. نیروی جاذبه خورشید ، زمین آن نقطه را به سوی خود می کشد . در همان لحظه زمین آن نقطه اشکل (بصورت بالاآمدگی ، پایین افتادگی ، کج شدن) پیدا می کند. اگر در اطراف آن نقطه نیروی جاذبه زمین کم شود ، زلزله رخ می دهد.

شکل ۱: نمونه تغییر شکل پوسته زمین (چین‌های ناودیس در سنگ بستر، در نزدیکی سنت گدار–دو–لژون، کانادا) [2]

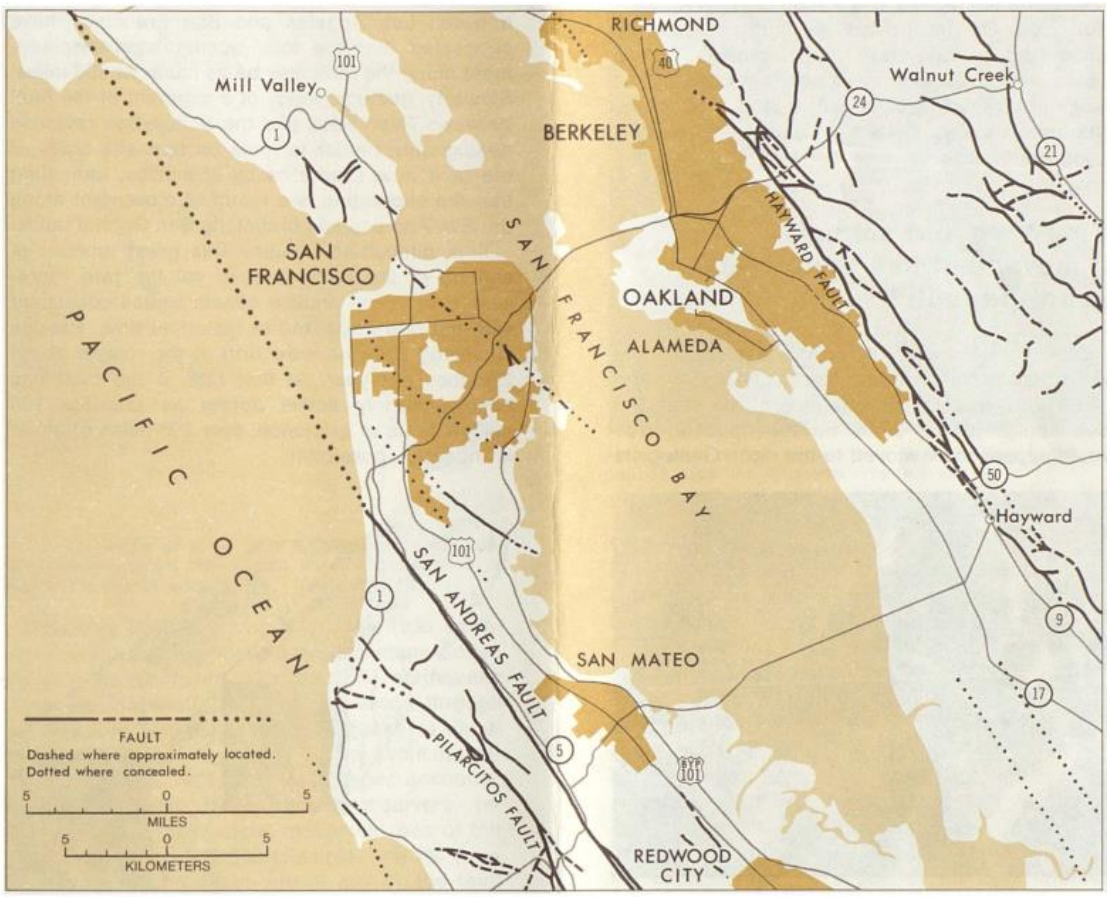
شکل ۱ چین خوردگی ناودیس را نشان می‌دهد که نتیجه تنش فشاری است و در آن لایه‌های سنگ به سمت مرکز چین فرو می روند و تقریباً متقارن هستند.

گسل

گسل در واقع یک نوع تغییر شکل پوسته زمین بصورت فرو رفتگ است که به اشکال افقی و قائم و ... ایجاد میگردد. علت ایجاد گسل ، کم شدن نیروی جاذبه زمین است ، هسته ی زمین با آزاد کردن مقدار زیادی انرژی آن نقطه را به سوی خود می کشد و گسل ایجاد میگردد. اگر همزمان تشکیل گسل ، نیروی جاذبه اطراف گسل کم شود زمین لرزه رخ می دهد. یا ممکن است گسل سال ها به همین شکل باقی ماند ، بدون آنکه زمین لرزه ای رخ دهد. یا هر وقت در اطراف گسل نیروی جاذبه زمین کم شود ، زمین لرزه ایجاد میگردد. که کارشناسان به اشتباه ، وجود گسل را علت بروز زمین لرزه

می دانند ، برای نمونه گسل بزرگ سان اندراس را معرف می کنیم کـه در یـک ناحیـه عظیم برشی در طول هزار کیلومتر از غـرب کالیفرنیـا تشـکیل شـده اسـت [2]. ایـن شکاف بزرگ باعث به وقوع پیوستن دو تا از بزرگتـرین زمـین لـرزه هـای کالیفرنیـا در سال ۱۸۵۷ و ۱۹۰۶ بوده است. به دلیل انـدازه بـزرگ و اهمیـت زیـاد آن گسـل سـان اندراس از زمانی که وجودش تشخیص داده شد ، به دقت مورد مطالعه قرار گرفته اسـت این گسل بعد از زمین لرزه ۱۹۰۶ به سان فرانسیسکو در دنیا مشهور گردید. این زمـین لرزه باعث مرگ ۷۰۰ نفر و میلیونها دلار خسارت گردید. گسل سان انـدراس مـرز بـین صفحه امریکای شمالی و صفحه ی اقیانوس آرام شمالی را تشکیل مـی دهـد و قسـمت جنوب غربی کالیفرنیا را از بقیه امریکای شمالی جدا می کند ، بطور کل اقیانوس آرام و آن قسمت از کالیفرنیا واقع در غرب گسل سان اندراس نسبت بـه بقیـه قـاره آمریکـای شمالی در جهت شمال غربی حرکت می کننـد ، میـزان حرکـت نسـبی بـین صـفحات امریکای شمالی و اقیانوس آرام شمالی به طریق مختلف تخمـین زده شـده اسـت روش های زلزله شناسی این مقدار را بین ۴ تا ۶ سانتی متر در سال می دهد . اندازه گیـری سطح زمین در کالیفرنیا حاکی از سرعت ۵ تا ۷۵ سانتی متر در سال می باشد.

گسل سـان انـدراس همچـون گسـل هـای دیگـر ، یـک شکسـتگی تنهـا در سـنگها و صخره های زمین نمی باشد ، بلکه ناحیه ی عریضی بوده کـه از چنـدین خـط فعالیـت تقریباً موازی یکدیگر تشکیل شده است.



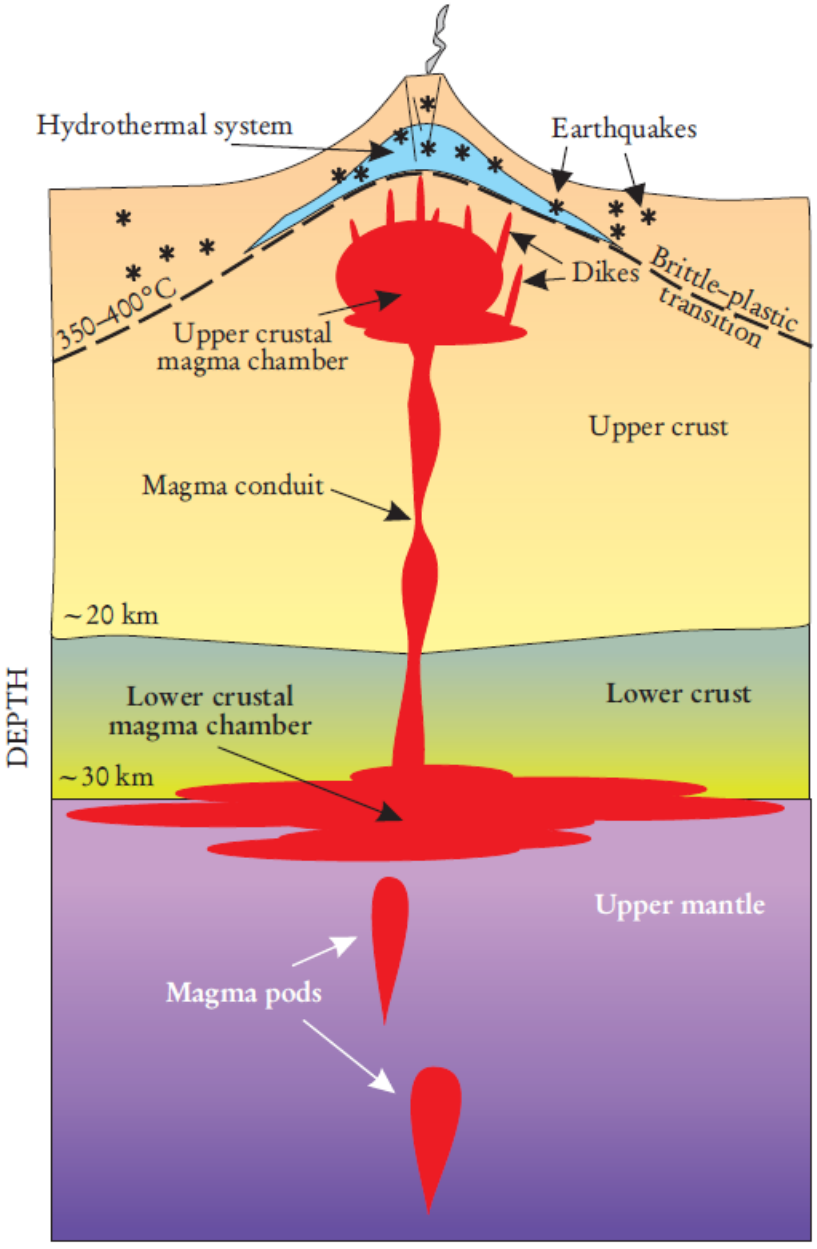
شکل ۲: گسل سان اندراس و دیگر گسل‌های خلیج سان فرانسیسکو [2]

آتشفشان

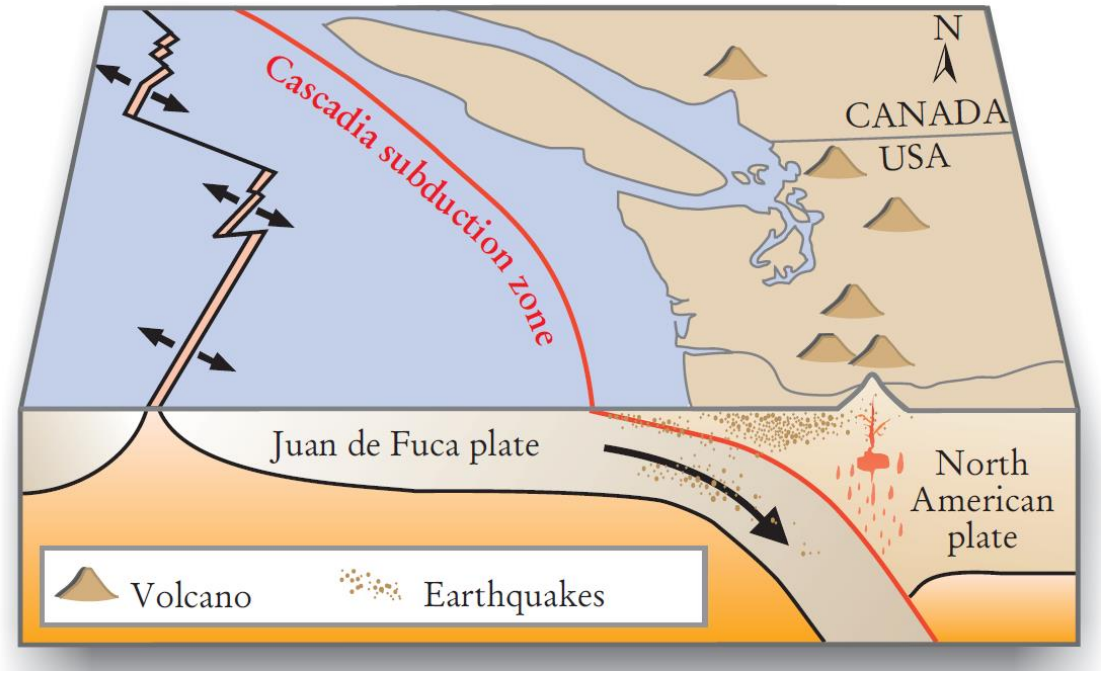
علل وقوع آتشفشانی‌ها:

آتشفشانی را میتوان به صورت معبر طبیعی عبور گدازه ها تعریف کرده که بـا انفجـار و فوران مواد مذاب ، همراه می باشد ، علت وقوع آتشفشان کم شدن نیروی جاذبه زمـین است . در وضعیت عادی ، در قله کوه ها کم بود نیروی جاذبه ی زمین می باشد ، وقتی که نیروی جاذبه زمین در قله کوهها کم می شود ، آنچـه در درون کـوه اسـت ، نیـروی جاذبه خورشید به سوی خود می کشد آتشفشانی رخ می دهد. اگـر در همـان لـرزه رخ میدهد که شدت زمین لرزه بسته به میزان کم شدن نیروی جاذبـه زمـین دارد. بعنـوان

مثال وقتی انسان یا هر موجود زنده ی دیگری که در زمین های پست و هموار نزدیک کوه باشد . وقتی به بالای قله ی کوه برسانیم وزن آنها کم می شود. اگر با همان شرایط موجودات زنده را به زمین پست و همواره برگردانیم، کمبود وزن آنها جبران میگردد. علت آن روشن است ، که زمین های پست و هموار نیروی جاذبه زمین بیشتری نسبت به ارتفاعات و قله کوهها دارند.



شکل ۳: فرآیند تشکیل فرآیند آتشفشان [4]



شکل ۴: تغییرات تنش شبه استاتیکی، مکانیزمی که ممکن است فوران ها را به زلزله مرتبط کند. [4]

امواج زلزله

امواج زمین لـرزه در واقـع همـان انـرژی آزاد شـده از بخـش مرکـزی زمـین (هسـته) می باشد که به اطراف انتشار می یابد. امواج زمین لرزه در کانون آن ایجاد شده اسـت و در اطراف منتشر میگردد. کانون زمین لرزه (مرکز) ، همان نقطه ای است که کم شـدن نیروی جاذبه زمین در آنجا شروع شده ، که در پـی آن هسـته ی زمـین بـا آزاد کـردن مقدار زیاد انرژی آن نقطه را به سوی خود می کشد ، به عبارت دیگر امواج زمـین لـرزه بستگی به نحوه ی کم شدن نیروی جاذبه ی زمین دارد. اگر نیروی جاذبه زمین بطـور

یکنواخت کم شود امواج P بوجود می آید . در صورتیکه این نیرو به طور یکنواخت کم نشود ، امواج بر شی S ایجاد می شود . امواج P باعث فشرده شدن صخره ها به یکدیگر می شود. چون بصورت یکنواخت می باشد ، اما امواج برشی S ، چون غیریکنواخت است ، باعث بالا و پایین رفتن صخره ها می شود.

شدت زمین لرزه

تعریف : شدت زمین لرزه در واقع میزان کم شدن نیروی جاذبه زمین است. هر زمین لرزه بیشترین شدت را در مرکز خود دارد و هر چه از کانون زمین لرزه دورتر بشوییم از شدت زمین لرزه کاسته می شود. معمولاً بیشترین خسارت های مالی و جانی زمین لرزه ها در کانون نقاط نزدیک به آن اتفاق می افتد.

مقیاس اندازه گیری شدت زلزله

اولین مقیاس اندازه گیری شدت زمین لرزه ها توسط روسی فورل در دهه ۱۸۸۰ در سوئیس ارائه شده مقیاسی روسی – فورل که ده درجه داشت در حدود ۲۰ سال بعنوان وسیله ای برای بررسی زلزله ها و مقیاس اثرات آنها در سراسر دنیا بکار می رفت در سال ۱۹۰۲ مرکالی زلزله شناس ایتالیایی مقیاس جدیدی را بوجود آورد که ۱۲ درجه داشت و خسارت های اساسی ، با دقت بیشتری مشخص می شد . مقیاس مرکالی در سال ۱۹۳۱ بوسیله ی دو زلزله شناس آمریکایی بنام های (وود) و (نویمان) اصلاح شد ، تا در آن و لوله های آب زیرزمینی به حساب آورده شود و مقیاس مرکالی است که امروزه هنوز بکار می رود. مقیاس اصلاح شده مرکالی یک مقیاس مهندسی

برای اندازه گیری شدت تکان زمین نمی باشد . بلکه یک مقیاس نظری است برای اثرات ناشی از تکان زمین.

مقیاس های سنجش زلزله

برای بیان اندازه یک زمین لرزه ، معمولاً دو نوع مقیاس به کار برده می شود یکی از آنها شدت زمین لرزه است که بر مشاهدات ، تاثیرات زلزله بر سازه ها و انسانها استوار میباشد و در واقع یک مقیاس نظری می باشد و دیگری یک اندازه گیری کمی از گستردگی و وسعت عمل زلزله می باشد که بزرگی زمین لرزه نامیده می شود. یعنی هر چند نیروی جاذبه زمین به مقدار بیشتری کم شود زمین لرزه با شدت بالایی رخ میدهد. چون علت اصلی بروز زلزله کم شدن نیروی جاذبه زمین است و از طرفی بزرگی زلزله نیز به میزان کم شدن نیروی جاذبه زمین وابسته است.

مقیاس شدت زلزله

معمولاً عبارت و اصطلاح شدت زلزله برای نشان دادن میزان خطرنای یک زمین لرزه در محل معین به کار می رود و در حقیقت اندازه گیری تاثیرات ایجاد شده در اثر زلزله و به عبارت دیگر نشانگر درجه لرزشی در یک مکان مشخص می باشد. البته همواره سعی بر آن بوده است که یکی عبارت کمی ، از پدیده پیچیده زلزله توسط یک مقیاس عددی ساده بیان شود که البته این امر نمی تواند عاری از اشکالات منطقی و اساسی باشد. مقیاس که امروز بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد ، مقیاس مرکالی اصلاح شده است که با علامت اختصاری MM نمایش داده می شود. البته این مقیاس برای

اندازه گیری شدت تکان زمین یک مقیاس دقیق مهندسی نیست. لیکن یک مقیاس نظری برای اثرات ناشی از تکان زمین است و مشتمل بر دوازده درجه می باشد . از مقیاس های شدت مهم دیگر میتوان از مقیاس شدت آژانس هواشناسی ژاپن JMA نام برد که مشتمل بر هفت درجه می باشد و اخیراً رده بندی جدیدی به نام مقیاس شدت MSK توسط Kamik.spongeuer,Medvedev بیان شده است که در این طبقه بندی آثار زلزله براساس سه معیار اصلی زیر درجه بندی شده است.

الف- ادراک توسط بشر و تاثیر بر روی محیط

ب- اثر روی هر نوع سازه

ج- اثرات زیرزمینی و تغییرات آبهای زیرزمینی و سیستم های آبهای روی زمین. مقیاس MSK نیز مشتمل بر دوازده درجه است و از این لحاظ شبیه مقیاس MM میباشد . مقیاس شدت مرکالی اصلاح شده بیشتر در کشورهای غربی و مقیاس MSK در کشورهای شرقی به کار می روند.

مقیاس بزرگی زلزله

شدت زلزله در واقع بیانگر قدرت تخریب یک زلزله در منطقه خاصی می باشد . ولی اندازه و بزرگی زلزله را روشن نمی سازد. درجه شدت زمین لرزه از تجسس سطح خسارت دیده ، نحوه و میزان تخریب مشخص می شود و اصولاً شدت زلزله با افزایش فاصله از مرکز زلزله کاهش می یابد. لیکن بزرگی یک زلزله یک سنجش کمی از گستردگی و مقدار انرژی رها شده زلزله است و اصولاً برای تعیین آن احتیاجی به مطالعه بر روی محل معین و بخصوص نمی باشد.

و بیشر در سال ۱۹۳۵ با بررسی آماری چندین زلزله کم عمق ، بزرگی لرزه را تعریف کردند. بزرگی یک زلزله ، M برابر لگاریتم در پایه ده دامنه حداکثر (بر حسب میکرون) حرکت A است که توسط لرزه سنج استاندارد و واندرسون در فاصله ی صد کیلومتری از مرکز زلزله ثبت شده باشد.

$$M = \text{Log } .1A$$

با توجه به اینکه در عمل فاصله مرکز زلزله و ایستگاه زلزله صد کیلومتر نمی باشد بنابراین به روش های مختلف می باید اصلاحات لازم صورت پذیرد تا بزرگی زلزله تعیین گردد. به دلیل فقدان اطلاعات کافی در مورد طبیعت زمین بین نقطه اندازه گیری و مرکز زلزله ، معمولاً خطایی به میزان ۱۰ تا ۴۰ کیلومتر وجود خواهد داشت.

ریسک در زلزله

تعریف ریسک

ریسک در لغت به معنای خطرپذیری است . با توجه به معنی ریسک ، در واقع دو مفهوم آینده و شک را در خود جای داده است. یعنی رویدادی که احتمال وقوع آن میرود. پدیده ای که در وقوع آن شکی نداشته باشیم ، نمی توان آنرا ریسک تلقی کرد . با توجه به این تعریف ، برداشت همگان از ریسک یک تفکر منفی است زیرا که بدنبال آن صدمات و خساراتی همراه دارد. در صورتیکه اگر شناخت و شناسایی ریسک درست

باشد ، میتواند ریسک شناخته شود. در نتیجه ریسک قابل برآورد است ، یعنی ریسکها قابل شناسایی ، تجزیه و تحلیل ، کاهش ، تصمیم و در نهایت قابل مدیریت هستند. برای محاسبه ی میزان ریسک رابطه ی منطقی زیر بکار می رود.

$$\text{ریسک} = \frac{\text{میزان ضرر} \times \text{احتمال وقوع}}{\text{آمادگی}}$$

با توجه به رابطه ی فوق بعد از تعیین و شناسایی احتمال وقوع ، با توجه به میزان ضرر احتمالی که می تواند بوجود آورد و همچنین میزان آمادگی (میزان آمادگی یا همان تدابیر اندیشیده شده در وضع موجود) میزان ریسک ، با توجه به بزرگ یا کوچک بودن مشخص می شود.

ریسک در زلزله

در واقع شناخت و تعیین احتمال وقوع زلزله و خصوصیات آن اعم از شدت ، بزرگی و سایر خصوصیات زلزله و با توجه به میزان خسارات احتمالی و همچنین میزان آمادگ وضع موجود ، مقدار ریسک مشخص می شود.

تحلیل ریسک

حال بعد از شناسایی ریسک برای پایین آوردن خسارات ناشی از آن ، باید آمادگی جهت رویا رویی با ریسک را بالا ببریم . این ارتقاء آمادگی مستلزم شناخت از ریسک و تجزیه و تحلیل آن می باشد. پس برای کمیت بخشی به ریسک ها ، لازم است که یک مدل منطقی برای اندازه گیری ریسک ها بوجود آید. این مدل ها باید براساس

ریسکهای شناسایی شده باشد. تجزیه و تحلیل ریسک ها دو هدف را دنبال می کند. اولاً : اهمیت نسبی ریسک های شناسایی شده را نشان می دهد. که این کار امکان طبقه بندی آنها بر حسب اولویت را می دهد. ثانیاً : اطلاعات لازم را برای تعیین روش یا ترکیبی از روش های مناسب برای مقابله با ریسک ارائه می دهد. اهمیت ریسک از روی احتمال و میزان اثر آن ریسک مشخص می شود.

تحلیل کیفی ریسک

فرایندی است که «اثر» و «احتمال به وقوع پیوستن» ریسک های شناسایی شده را بطور کیفی ارزیابی می نماید. در واقع با حاصل ضرب عددی مقدار احتمال بوقوع پیوستن پدیده میزان اثرات احتمالی مثبت یا منفی که میتوان بوجود آید ، ارزیابی ریسک در سه بخش ، ریسک های با اهمیت کم ، ریسک های با اهمیت متوسط و ریسک های با اهمیت بالا انجام می شود. برای تحلیل کیفی ریسک ها و تعیین احتمال وقوع و میزان اثر هر ریسک می توان از روش طوفانی ذهنی ، روش دِلفی ، مصاحبه و یا پرسشنامه استفاده نمود. در اینجا به توضیح این روش ها می پردازیم :

روش طوفان ذهنی (Brain storming)

در این روش تیم پروژه اغلب با حضور کار شناسان رشته های مختلفی که عضو تیم پروژه نیستند ، اقدام به برگزاری طوفان ذهنی می کنند. ایده های مختلفی در مورد ریسکهای پروژه ، تحت رهبری شخصی به عنوان دبیر جلسه ، ایجاد می شود. دسته

بندیهای ریسک مانند ، ساختار شکست ریسک ، می تواند به عنوان یک چارچوب بکار برده شوند ، در آن صورت ریسکها شناسایی شده ، براساس نوعشان دسته بندی شده و تعاریف آنها تصریح می شود.

روش دلفی (Delphi)

این تکنیک روشی است برای رسیدن به اجماع کارشناسان ، به نظر واحد ، در این روش کارشناسان ریسک پروژه به صورت ناشناس شرکت می کنند ، یک نفر به عنوان متولی ، پرسشنامه ای را برای گردآوری نظرات شرکت کنندگان در مورد ریسکهای مهم پروژه ، در بین آنها توزیع می کند ، سپس پاسخ ها خلاصه شده و دوباره به کارشناسان جهت درج توضیحات بیشتر ارجاع می شوندو اتفاق نظر ممکن است در چندین دور از این فرایند حاصل شود. تکنیک دلفی به کاهش نصب در داده ها کمک کرده و از تاثیر بی مورد اشخاص بر روی خروجیها جلوگیری می کند.

مصاحبه

گفتگو با عوامل با تجربه پروژه ذی نفعان و کارشناسان موضوع مربوط می تواند موجب شناسایی ریسک شود. مصاحبه ها یکی از منابع اصلی جمع آوری اطلاعات جهت شناسایی ریسک هستند.

تحلیل کمی ریسک

فرایندی است برای تجزیه ، تحلیل مقدار عددی احتمال وقوع و میزان اثرات ریسک ها. عده ای از محققین ، تحلیل کمی ریسک را معادل اندازه گیری ریسک دانسته اند و اندازه گیری ریسک را ، توصیف ریاضی فراوانی و احتمال وقوع متغیرهای ریسک تعریف کرده اند. عموماً تجزیه و تحلیل کمی ریسک پس از تجزیه و تحلیل کیفی ریسک صورت می گیرد و از آن تبعیت می کند و همچنین به شناسایی ریسک ها نیاز خواهد داشت. در اینجا به معرفی و توضیح روش های کمی تحلیل ریسک می پردازیم :

۱- روش تحلیلی (روش های زیر ، روش های تحلیل ریسک در زلزله هستند)

در این روش کلیه ی گسل های مهم موجود در فاصله ای از طرح انتخاب و براساس روابط تجربی مشروحه زیر میزان بزرگی زلزله ها بر روی سطح گسل محاسبه گردیده و در نهایت با میانگین گیری از مقادیر بدست آمده از سه رابطه ی زیر ، بزرگی زلزله ی محتمل بر روی هر گسل محاسبه می شود.

❶ $m = 1.25 + 1.244 \text{ Log } L$

❷ $m = 4.671 + 1.248 \text{ Log } L$

❸ $m = 3.24 + \text{Log } L^{0.7}$

در این روابط :

m : بزرگی زلزله ی محتمل برحسب ریشتر

L : نصف طول گسل بر حسب کیلومتر

مقدار شدت زلزل در کانون سطحی زلزله های محتمل با استفاده از رابطه ی (4) محاسبه می شود.

❹$m = 0.77\ (I_0 - 0.07)$

که در رابطه ی فوق m بزرگی زلزله بر حسب ریشتر و I_0 شدت زلزله در کانون سطحی آن می باشد. سپس با استفاده از روابطه (۵) و (۶) مقدار شدت زلزله در محل طرح محاسبه می گردد.

❺ $I_0 - I_{(R)} = - 3.44 + 0.002\ R + 3.1\ Log\ R$

❻ $I_{(R)} = I_0 + +.453 - 0.0012\ R\ Log\ (R + 20)$

میانگین شدت زلزله بدست آمده از روابط ❻و ❺ محاسبه و با استفاده از شتاب حاصله در روابط ❼ و ❽ مقدار شتاب افقی حاصل از زلزله های محتمل در هر گسل محاسبه و میانگین آن دو به عنوان نتیجه ی مطالعه ی تحلیلی هر گسل محاسبه میشود.

❼$Log\ a\ (h) = 0.251 + 0.25$

❽ $Log\ a\ (h) = 0.31 + 0.14$

۲- روش آماری

در این روش زلزله ها توسط دستگاه در فاصله ای از طرح (۱۰۰ کیلومتر) در طی سالهای مختلف مورد بررسی قرار می گیرد . با توجه به آنکه زلزله های با بزرگی کمتر از ۴ ریشتر می توانند ، پس لرزه های بزرگ باشند ، در طول مطالعات آماری از آنها صرف نظر می کنند ، زلزله های بزرگتر از ۴ ریشتر در رده های ۰,۲ ریشتری طبقه بندی شده و سپس فراوانی تجمعی و لگاریتم فراوانی تجمعی هر رده (Nc , $\log Nc$) محاسبه و همبستگی بین $Log\ Nc$ و بزرگی سطحی زلزله ها (MS) بررسی شده که رابطه ی خطی بدست آمده بصورت زیر است .

❾$Log\ Nc = 6.76 - 0.99\ MS$

و سپس با استفاده از رابطه ی زیر ، برای عمر مفید سازه و درصد خطرهای متفاوت ، دوره ی برگشت زلزله ها محاسبه میگردد.

$$\text{TR} = \frac{1}{P} = \frac{1}{1-(1-q)^{I/n}} \quad (10)$$

که در رابطه ی فوق :

q : عمر مفید سازه n : درصد خطر

TR : دوره ی برگشت زلزله به سال P : احتمال وقوع زلزله است .

سپس با استفاده از رابطه ی (۱۱) ، بزرگی زلزله محاسبه می شود.

$$MS = \frac{\left[Log\left(\frac{TR}{T}\right) + 6.76\right]}{0.99} \quad (11)$$

که در رابط ی فوق :

TR : دوره ی برگشت زلزله به سال

MS : بزرگی سطحی زلزله بر حسب ریشتر

و سپس با رابطه ی زیر :

$$\text{Log a (h)} = 0.251 + 0.258\ (\text{Log (h)}) = 0.31 + 0.14$$

شتاب افقی حاصل از زلزله های موجود در محل طرح محاسبه می گردد.

در این روش نزدیکترین فاصله ی کانونی سطحی به طرح را انتخاب و فرض می شود ، سایر زلزله ها از همان فاصله از طرح روی داده اند.

۳- روش استفاده از تکنیک شبکه ی عصبی مصنوعی شبکه ای :

در این روش اطلاعات گرفته شده از شتاب نگارها که قابلیت پیش بینی زمان وقوع زلزله و بزرگی زلزله در منطقه تحت بررسی را دارند ، گرفته می شود. در این روش میزان بزرگی زلزله های اتفاق افتاده به انرژی آزاد شده ، تجمعی زمین تا زمان وقوع زلزلمه ، تبدیل و به عنوان یکی از پارامترهای ورودی و خروجی به نرم افزار داده می شود. علاوه بر آن پارامترهای عمق کانونی ، فاصله ی کانون زلزله ازگسل مسبب ، زمان وقوع زلزله از داده های مختلف بانک اطلاعاتی مورد استفاده می باشد. کلیه ی داده ها فرمالیده شده و به عنوان ورودی در نرم افزار مورد استفاده قرار می گیرد و میتوان با مشخص نمودن خطرات و ریسک های موجود در محدوده (در مورد خطر وقوع زلزله) با انتخاب الگوی مناسب به اولویت بندی خطرات ، و آنگاه به اولویت بندی برنامه های مدیریتی ، جهت اجراء پرداخت. نهایتاً زمان وقوع زلزله های بعدی و میزان انرژی قابل آزاد شدن زمین ، برای زمان مورد نظر بدست آمده و بزرگی زلزله محاسبه میگردد.

تحلیل ریسک یکی از ابزارهای مدیریت ریسک می باشد ، در پایان مقاله به تعریف مدیریت ریسک و اهداف آن به طور مختصر می پردازیم.

مدیریت ریسک

با توجه به افزایش تراکم جمعیت و تراکم ساختمانها در شهرها و همچنین وجود تاسیسات پر خطری مانند لوله های گاز ، نیاز مبرم برای بکارگیری اقدامات جهت کاهش ریسک در محدوده های مسکونی شهرها را بوجود آورده است. مدیریت ریسک بعنوان روشی نوین و اثر بخش در مراحل پیشگیری و همچنین آمادگی در شرایط

بحرانی به شیوه های مختلفی در جهان بکار گرفته شده است مـدیریت ریسـک شـامل مجموعه ای از فرایندهای مورد نیاز برای شناسایی ، تجزیه و تحلیل و واکنش درمقابـل بحران می باشد. (بحران : عبارتست از عدم انطباق بین نیازها و منابع ، بدین معنی کـه در شرایط عادی ، توازن بین نیازهای جامعه از یک طرف و توانمندیها و منابع موجود از طرف دیگر برقرار است. با بروز شرایط بحرانـی کـه مـی توانـد نتیجـه بـروز هـر اتفـاق غیرعادی و پیش بینی نشده ی طبیعی و غیرطبیعی همچون زلزله ، سیل ، طوفهانهای بزرگ ، جنگ و ... باشد. بدلیل شرایط خاصی که بر جامعـه تحمیـل مـی شـود ، دیگـر شاهد توازن بین نیازها و منابع نخواهیم بود.) که هدف آن بالا بردن آمـادگی هـای لازم قبل از وقوع و پایین آوردن خسارات و پیامدهای ناگوار بعد از وقوع ، از خصوصیات بارز مدیریت ریسک می توان بـه : پاسـخگویی در شـرایط بحرانـی قبـل از وقـوع ، کـاهش هزینه ها ، اثر بخشی برنامه های مدیریت بحران اشاره کرد.

(مدیریت بحران : به مجموعه اقدامهایی اطلاق می شود که قبل از وقوع ، و بعد از وقوع سانحه ، جهت کاهش هر چه بیشتر آثار و عوارض آن انجام می گیرد.) بکارگیری روش مدیریت ریسک زلزله در برابر بلایای طبیعی در کشورهای مختلف از سابقه ی بسیاری برخوردار است و موسسات مختلف چارچوبهای مختلفی را مورد استفاده قرار میدهند. با توجه به موارد گفته شده مدیریت ریسـک و روش هـای آن فرصـت بـومی سـازی را بـا توجه به شرایط هر منطقه به شیوه ای مناسب فراهم می آورد. مراحـل عمـوم مـدیریت ریسک شامل (شناسایی ریسک – تجزیـه و تحلیـل ریسـک کیفـی ریسـک ، تجزیـه و

تحلیل کمی ریسک ،پاسخ بـه ریسـک – کـاهش ریسـک – تصـمیم ریسـک – انتقـال ریسک – کنترل و پایش نتایج پاسخ به ریسک)

۱- شناسایی ریسک: یکی از مهمتـرین مرحلـه مـدیریت ریسـک اسـت. کـه اسـاس برنامه ریزی مدیریت ریسک می باشد. در این مرحله با شناخت احتمال وقـوع و میـزان اثر پدیده ، ریسک ها شناخته شده و موجب جهت گیری مـدیریت ریسـک مـی شـوند. یکی از بهترین روش ها جهت شناسایی و طبقه بندی ریسک ها ، تهیه ی چک لیسـتی از ریسک ها می باشد.

۲- تحلیل کیفی و کمی ریسک: در همـین مقالـه چگـونگی آن توضـیح داده شـده است.

۳- برنامه ریزی پاسخگوئی به ریسک: شامل واگذاری مسئولیت ها به افراد و گروها ، برای پاسخگوئی به ریسک های شناسایی شده است . که به ۶ صورت زیـر انجـام مـی شود :

۱-۳- پذیرش ریسک: پذیرش ریسک می تواند به صورت فعال یـا انفعـالی باشـد. در پذیرش فعال تهیه ی برنامه اجرایی و آمادگی مواجـه بـا ریسـک بصـورت هوشـمندانه انجام خواهد شد ، در حالیکه در پذیرش انفعالی خسارات ناشی از ریسک پذیرفته است.

۲-۳- کاهش ریسک: کاهش احتمال وقوع و یا اثرات ریسک های تهدید کننده برای رسیدن به محدوده های قابل قبول

تسهیم ریسک (مشارکت در ریسک)

در صورتیکه کاهش ریسک توسط یک بخش غیرممکن باشد ، این عمل بهتر است که با تقسیم آن بین دو یا چند بخش و مدیریت آن به نسبتی که آنها در بهترین موقعیت برای کنترل جداگانه آن باشند ، همراه گردد.

انتقال ریسک: ریسک و مالیکت آن به شخص ثالثی واگذار میگردد. مسئولیت کار یا سانحه به عهده ی شخص ثالث بوده و ذینفعان به صورت مدیریتی بر آن نظارت می نمایند.

اجتناب از ریسک:

اجتناب از ریسک با تغییر در برنامه و یا تغییر در محدوده مورد نظر ریسک و شرایط آن را حذف نموده و یا از شرایط بروز ریسک جلوگیری می نماید و اهداف را مصون میدارد.

پایش و کنترل ریسک:

فرایندی برای دنبال کردن ریسک های شناسایی شده ، کنترل ریسک های باقیمانده ، شناسایی ریسک های جدید ، محصول اطیمنان از اجرای برنامه های ریسک و ارزیابی میزان اثربخشی آنها در کنترل ریسک می باشد.

نتیجه گیری و پیشنهاد

با توجه به اهمیت پیش بینی زلزله و همچنین شناخت علل بروز زلزله و مفهوم ریسک و چگونگی شناسایی ، تحلیل و در نهایت مدیریت آن ، که در این مقاله آورده شده است و توجه به این موضوع که تراکم جمعیت و تراکم ساختمانها در شهرها رو به افزایش است ، مسئله ی ریسک زلزله و کاهش خطرات احتمالی آن ، از اهمیت خاصی برخوردار می شود. چرا که پدیده ی ریسک می تواند دریچه ای باشد برای توسعه ی فکر و جلوگیری از وقایع منفی، و این در حالی است که بخش وسیعی از کشور جمهوری اسلامی ایران در کمربند زلزله و با خطر بالای وقوع آن قرار دارد. بنابراین لازم است با اشاره به شناخت علل بروز زلزله ، و ریسک های احتمالی ، در جهت کاهش خسارات و پیامدهای ناگوار آن اقداماتی انجام شود.

در این راستا می توان با مقاوم سازی ساختمانها – مقاوم سازی لوله های گاز و تاسیساتی که در هنگام وقوع زلزله احتمال انفجار می روند، و همچنین بالا بردن سطح آگاهی مردم در انجام اقدامات ایمنی در هنگام وقوع زلزله، و طرح مدیریت ریسک متناسب با مناطق زلزله خیز کشور، خسارات ناشی از آن را محدود و در پاره ای از موارد از بین برد.

مراجع

[1] N. N. Ambraseys and C. P. Melville, A history of Persian earthquakes, Cambridge university press, 2005.

[2] M. Pidwirny, Fundamentals of physical geography, 2006.

[3] R. Wallace, The San Andreas Fault, Washington: Government Printing Office, 1977.

[4] D. P. Hill, F. Pollitz and C. Newhall, "Earthquake-volcano interactions," *Physics Today*, vol. 55, no. 11, pp. 41-47, 2002.

[5] S. L. Kramer, Geotechnical Earthquake Engineering, University of Washington, 1996.

[6] N. M. Newmark and E. Rosenblueth, Fundamentals of Earthquake Engineering, Prentice Hall, 1974.

[۷] ع. فلاحی و ا. سیاح مفضلی, "بررسی چارچوبهای نظری موجود در ارتباط با مدیریت ریسک زلزله در مناطق شهری در جهان و مطالعه تطبیقی جهت ارائه الگوی بومی مدیریت ریسک," در *دومین کنفرانس بین المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه طبیعی*, تهران, ۱۳۸۵.

[8] W. H. Lee, P. Jennings, C. Kisslinger, K. Hiroo and eds, International handbook of earthquake & engineering seismology, Part A., Elsevier, 2002.

[9] G. Parker, "Dimensions of risk management: Definition and implications for financial services," *Risk management: Problems and solutions*, pp. 1-16, 1995.

[10] P. K. Dey and . S. O. Ogunlana, "Selection and application of risk management tools and techniques for build-operate-transfer projects," *Industrial Management & Data Systems*, 2004.

[11] "Risk management frameworks for human health and environmental risks," *Journal of Toxicology and Environmental Health Part B:*

Critical Reviews , vol. 6, no. 6, pp. 569-718, 2003.

[12] J. Raftery, "Risk analysis in project managemen," *Routledge*, 2003.