بررسی تطبیقی مدیریت بحران و پیش بینی زمین لرزه

آراسب احمدیان، فارغ التحصیل کارشناسی ارشد زلزله شناسی arasbahmadian@yahoo.com

۱- چکیده

موضوع پیش بینی زمین لرزه از دیرباز تاکنون ذهن انسان را به خود مشغول داشته است. در پیش بینی زمین لرزه باید سه عامل زمان، مکان و بزرگا با قطعیت تعیین گردند. تاکنون تلاشهای علمی زیادی برای ایجاد ارتباط معنی دار بین تغییرات عوامل ژئوفیزیکی، زمین شناسی و حتی جوّی با وقوع زمین لرزه صورت گرفته است؛ اما تاکنون هیچ یک از این تلاشها به نتیجه قطعی نرسیده است. اگرچه حتی در صورت امکان پذیر بودن پیش‌بینی قطعی وقوع زمین لرزه نیز، این امر، پایان مشکلات جوامع شهری با این پدیدهٔ طبیعی نخواهد بود؛ بلکه تنها اخطاری به هنگام، برای ایجاد آمادگی مضاعف است.

امروزه اعتقاد بر این است که پیشگیری از خسارات و تلفات ناشی از زلزله و یا حداقل کاهش آثار آن، مرهون شناخت خطر، ساخت و ساز مقاوم و آمادگی برای وقوع است، که مجموعه تمهیدات لازم برای انجام آنها مدیریت بحران نامیده شده است. در این مقاله ضمن بررسی برنامه های پیش‌بینی و مدیریت بحران و معرفی حدود عملکرد و نقاط قوت و ضعف هر یک، تأثیرپذیری متقابل آنها بر یکدیگر بررسی گردیده است. فرضیه اساسی که در این مقاله مورد توجه قرار- گرفته، مکمل بودن دو برنامه پیش بینی و مدیریت بحران در یک برنامه جامع کاهش آثار زمین لرزه است.

کلید واژه ها: زمین لرزه، کاهش آثار، پیش بینی، مدیریت بحران.

۲- مقدمه

شواهد زمین شناسی نشان می دهند که از میلیونها سال پیش از آغاز حیات جانداران بر روی زمین، این سیاره با پدیده ای ویرانگر به نام زمین لرزه مواجه‌بوده و بارها آن را تجربه نموده است. ژاپنی های باستان زمین لرزه را نامازو می نامیدند که نام نوعی گربه ماهی عظیم است. آنان معتقد بودند الهه کاشیما، نامازو را به وسیله یک کلید سنگی در زیر صخره ای عظیم زندانی نموده است؛ اما هرگاه که کاشیما برای استراحت این فشار را می کاهد، نامازو وحشیانه تکان می خورد و زمین‌لرزه را به وجود می آورد. چینی های باستان نیز، زمین را بر پشت حیوانی تصور می کردند که جنبش ها و تکانهای غیرمتعارف آن حیوان، زمین را به لرزه در می آورد [۱].

این هر دو، مللی هستند که از دیرباز زمین لرزه و تبعات ناگوار آن را تجربه نموده اند. به همین دلیل از یک سو زمین لرزه در افسانه‌ها و اساطیر آنان رسوخ نموده است و از دیگر سو پیشگامان پیش بینی زمین لرزه را نیز می توان در تمدنهای باستانی آنان جستجو نمود. اگرچه آنان آگاهی کافی از ساختمان درونی زمین و سازوکار زمین لرزه نداشتند، اما با استفاده از پیش نشانه‌هایی به پیش بینی زمین لرزه می پرداختند، که برخی از آنها همچون رفتار غیرعادی حیوانات و تغییرسطح آب چاه ها امروز نیز همچنان مورد توجه پژوهشگران است.

البته در طول تاریخ موضوع پیش بینی زمین لرزه همواره با نوعی تردید و عدم اطمینان همراه بوده است تا آنجا که ریشتر معتقد بود: "فقط احمقها و شیادان زمین لرزه را پیش بینی می کنند." اگرچه ممکن است هنوز هم چنین افرادی دست اندرکار پیش بینی زمین لرزه باشند، اما تحقیقات و مطالعات علمی بسیاری نیز توسط متخصصین شاخه های مختلف علوم زمین در ابعاد جهانی در حال انجام است. اساسی ترین چالش پیش روی پژوهشهای مربوط به پیش بینی، فراوانی پیش نشانه ها و ایجاد ارتباط منطقی و دقیق بین وقوع آنها و رویداد زمین لرزه است. به همین دلیل علی رغم حدود چهار دهه پژوهش علمی در این زمینه هنوز استاندارد جهانی مشخصی در مورد پیش بینی زمین‌لرزه وجود ندارد [۲].

امروزه به دلیل عدم تحقق این مسأله به موازات تحقیقات جهانی در زمینه پیش بینی، به روشهایی برای کنترل و کاهش آثار کوتاه مدت و بلند مدت زمین لرزه می اندیشند که مجموعه این روشها مدیریت- بحران نامیده می‌شود. مدیریت بحران زمین لرزه یک موضوع صرفاً

مدیریتی نیست؛ بلکه تابع ویژگیهای ژئوفیزیکی ساختگاه و ویژگیهای مهندسی مستحدثات است. در واقع مدیریت بحران زمین لرزه به معنی ایجاد تمهیداتی مدیریتی و مهندسی برای مقابله با زمین لرزه است که به کاهش آثار آن منجر می‌گردد و این تمهیدات بر اساس شناخت ژئوفیزیکی و مهندسی زمین‌لرزه و آثار و عوارض آن ایجاد می گردند [۳].

۳- ادبیات موضوع

اولین گام برای پژوهش در هر حوزه از علوم، آشنایی با ادبیات موضوع آن حوزه است. از این رو پیش از پرداختن به موضوع تحقیق، ابتدا واژه های کلیدی در حوزه ادبیات فنی موضوع در جدول (۱) تعریف گردیده اند.

جدول (۱): تعریف واژه های کلیدی در چهارچوب ادبیات موضوع

ردیف	واژه انگلیسی	ترجمه فارسی	تعریف
۱	Earthquake Prediction	پیش بینی زمین لرزه	مشخص نمودن بازه زمانی، گستره مکانی و حدود بزرگای رویداد یک زمین لرزه در آینده، که در سه گروه بلندمدت (برای یک بازه زمانی از چند دهه تا چند سال آینده)، میان مدت (از چند سال تا چند هفته آینده) و کوتاه مدت (از چند هفته تا چند ساعت آینده) طبقه بندی می گردد [۲].
۲	Disaster	فاجعه (=بحران)	حادثه‌ای است که به طور ناگهانی و یا فزاینده روی می دهد، زندگی بشر را تهدید نموده و تلفات و خسارات بسیاری را به جامعه انسانی تحمیل می‌کند؛ به طوری که مقابله با آن نیازمند بسیج امکانات و انجام اقدامات اساسی و فوق العاده نسبت به حالت عادی است [٤].
۳	Disaster Management	مدیریت فاجعه (=مدیریت بحران)	علمی است کاربردی که به وسیله مشاهده سیستماتیک بحرانهای پیشین و تجزیه و تحلیل آنها، در جستجوی یافتن ابزاری است که به وسیله آنها از یک سو بتوان از وقوع فجایع پیشگیری نمود و یا برای مقابله با آنها آماده شد و از سوی دیگر در صورت وقوع آنها نسبت به امدادرسانی سریع و بهبود اوضاع اقدام نمود [۵].
٤	Seismic Hazard	خطر لرزه ای	احتمال وقوع زمین لرزه ای با بزرگی معین در یک منطقه در آینده [٦].
۵	Vulnerability	آسیب پذیری	میزان آسیب وارده ناشی از رویداد خطر لرزه ای که به صورت مقیاسی بین صفر (عدم خسارت) و یک (نابودی کامل) بیان‌می‌شود. انواع آسیب‌پذیری در سه گروه طبقه بندی می گردند[٦]: - آسیب پذیری فیزیکی برای مستحدثات، تأسیسات و تجهیزات؛ - آسیب پذیری اقتصادی برای منابع مالی یک کشور به طور مستقیم و یا غیرمستقیم؛ - آسیب پذیری اجتماعی برای جامعه انسانی.
٦	Seismic Risk	خطرپذیری لرزه ای	میزان کل خسارات قابل انتظار ناشی از رویداد زمین لرزه شامل تعداد تلفات انسانی مجروحین، زیانهای مالی و ضرر و زیان وارده حاصل از وقفه در فعالیتهای تجاری که به صورت تابعی از سه عامل خطر، آسیب پذیری و مدیریت تعریف می گردد[٦].
۷	Elements at Risk	عوامل خطرپذیر	عواملی همچون جمعیت، ساختمانها، فعالیتهای اقتصادی، خدمات عمومی، منافع تجاری و تأسیسات شهری که در صورت وقوع زمین لرزه در معرض خطر خواهند بود[٦].
۸	Seismic Risk Analysis	تحلیل خطرپذیری لرزه ای	فرآیند دستیابی به پاسخ سه سؤال زیر است [۷]: - چه روی خواهد داد؟ (فرآیند شناخت خطر)؛ - میزان وقوع خطر چقدر است؟ (تخمین احتمال وقوع)؛ - نتیجه رویداد خطر چه خواهد بود؟ (تخمین نتیجه).
۹	Seismic Risk Assesment	ارزیابی خطرپذیری لرزه ای	فرآیند دستیابی به پاسخ سؤال زیر به عنوان سؤال چهارم است [۷]: - اهمیت نتایج حاصل از رویداد خطر چقدر است؟ (ارزیابی نتیجه).
۱۰	Acceptable Risk	خطرپذیری قابل قبول	فرآیند دستیابی به پاسخ سؤال زیر است [۷]: - میزان خطرپذیری قابل قبول برای یک خطر مشخص، در یک جامعه مشخص چقدر است؟ به بیان دیگر سطحی از یک خطر مشخص در یک جامعه مشخص که نیازمند واکنش است.
۱۱	nacceptable Risk	خطرپذیری غیرقابل قبول	فرآیند دستیابی به پاسخ سؤال زیر است [۷]: - میزان خطرپذیری غیرقابل قبول برای یک خطر مشخص، در یک جامعه مشخص چقدر است؟ به بیان دیگر سطحی از یک خطر مشخص، برای یک جامعه مشخص که نیازمند واکنش نیست.

٤- پیش بینی

٤-١- انواع پیش بینی

از بین سه پارامتر بزرگا، مکان و زمان که ارکان پیش بینی را تشکیل می‌دهند، زمان ارزش اجتماعی بیشتری را به خود اختصاص می‌دهد و به همین دلیل، طبقه بندی انواع پیش بینی نیز بر اساس زمان انجام گرفته است. در این میان پیش بینی بلند مدت، بیشتر به سمت مباحث ارزیابی و تحلیل خطر میل می‌کند. اگرچه به دلیل وسعت پنجره زمانی، این پیش بینی کمتر مورد توجه افکار عمومی و مسؤولان مربوطه قرار می‌گیرد، اما متخصصین علوم زمین، مهندسین، برنامه ریزان و مدیران مسؤول به ارزشمندی آن واقف هستند. پیش بینی کوتاه مدت یا قریب الوقوع نیز در حالی که بیشترین تأثیر را بر افکار عمومی دارد، کمترین قدرت را در اختیار مسؤولین قرار می‌دهد. تأثیر اعلام نتیجه یک پیش بینی قریب الوقوع بر شهروندان یک ابرشهر می‌تواند طیف وسیع و مختلفی از واکنش ها، از وحشت عمومی تا هرج و مرج و ایجاد شورشهای اجتماعی را به دنبال داشته باشد تا آنجا که خود به خطری مولد بحران تبدیل گردد که نیازمند تحلیل و ارزیابی است. در این بین پیش بینی میان مدت از ارزش اجتماعی، علمی و مدیریتی بالاتری برخوردارست و لازم به ذکر است که تجارب پیش بینی موفقیت آمیز زمین لرزه ۱۹۷۱ هایچنگ[۸] و پیش بینی های ناموفق زمین لرزه های ۱۹۷۶ لوس آنجلس [۹] و ۱۹۸۱ پرو [۱۰] در همین گروه طبقه بندی می‌گردند.

٤-٢- پیش نشانه ها

در طول تاریخ بی هنجاری در برخی از ویژگیهای یک منطقه قبل از رویداد زمین لرزه ها توجه بشر را به خود جلب نمود. امروز این عوامل متغیر پیش نشانه های زمین لرزه نامیده می‌شوند که تقسیم بندی مترتب بر آنها در جدول (۲) ارائه گردیده است.

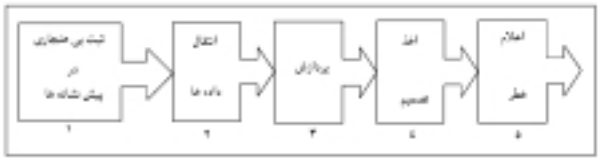
جدول (۲): انواع پیش نشانه های زمین لرزه

طبقه بندی	پیش نشانه	علت تغییر
پیش نشانه های مدل اتساع پخش [۱۱]	تغییرشکل پوسته به صورت بالاآمدگی و کج شدگی	افزایش حجم سنگها بر اثر انباشتگی تنجش که ناشی از تحت فشار قرار گرفتن سنگهاست.
	کاهش در سرعت موج P	کاهش سرعت در نتیجه کاهش تراکم سنگها که ناشی از ترک برداشتن آنها و نفوذ هواست.
	کاهش در مقاومت الکتریکی	نفوذ آب در داخل ترکهای ایجاد شده سبب کاهش مقاومت الکتریکی سنگها می‌شود.
	افزایش گاز رادن در آب چاه ها	با باز شدن ترکها و نفوذ آب در داخل آنها، گاز رادن که حاصل تلاشی مقادیر کم اورانیم موجود در سنگهاست داخل آب می‌شود.
پیش نشانه های لرزه شناختی [۱۱]	افزایش زلزله های خفیف به صورت پیش لرزه	تغییر در سرشت لرزه ای منطقه.
	کاهش نسبت سرعت موج P و S با نزدیک شدن به زمان وقوع و افزایش در هنگام وقوع	تغییر در سرشت لرزه ای منطقه.
	۱۰ تا ۱۵ درصد کاهش در سرعت موج P قبل از وقوع	تغییر در سرشت لرزه ای منطقه.
	عدم رویداد زمین لرزه در مناطقی با احتمال خطر زمین لرزه	در این مناطق اصطکاک زیاد سبب قفل شدن گسلها و مانع تخلیه تدریجی انرژی تجمع یافته می‌گردد. به بیان دیگر، در مناطقی که قبلاً کانون زمین لرزه های بزرگ بوده اند، قطعات سنگی جا به جا شده نمی‌توانند از قطعات مجاور خود که ساکن هستند فاصله زیادی بگیرند، مگر آنکه قطعات ساکن با رویداد زمین لرزه های آتی به آنها برسند.
	مهاجرت کانون زمین لرزه ها	
	کاهش ثابت b منطقه قبل از وقوع و سپس بازگشت به حالت عادی درست پیش از وقوع	تغییر در سرشت لرزه ای منطقه.
	بالا بودن Q^{-1} امواج لرزه ای در مناطق فعال زمین ساختی [۱۲]	ارتباط با فعالیتهای زمین ساختی منطقه.

پیش نشانه های آب شناختی [۱۱]	تغییر در تراز سطح آبهای زیرزمینی، دریاها و دریاچه ها. این تغییرات می‌تواند ناشی از عوامل دیگر نیز باشد؛ اما، همزمانی آنها با تغییرات پیش نشانه های دیگر دلیلی بر ارتباط آنها با وقوع زمین لرزهٔ آتی است.	دلیل آن هنوز به درستی مشخص نیست.
	تغییر در مقدار یون $C1^{-1}$ محلول در آبهای زیرزمینی	فعالیتهای لرزه ای درصد ترکیبات محلول در آبهای زیرزمینی را تغییر می دهد که در این بین یون $C1^{-1}$ به دلیل غیرفعال بودن به راحتی قابل ردیابی و اندازه گیری است.
	تغییر در فشار، جریان، بو، رنگ، دما و مزه آبهای زیرزمینی و سطحی	تغییر در آهنگ فعالیتهای لرزه ای و وضعیت زمین ساختی منطقه.
پیش نشانه های ژئومغناطیسی و ژئوالکتریکی [۱۳]	تغییر در میدان مغناطیسی زمین و گذردهی مغناطیسی سنگها	بر اثر حرکت سنگها پیش از وقوع زمین لرزه، اصطکاک ایجاد می‌شود و باعث افزایش خاصیت هدایت حرارتی زمین می گردد. این پدیده گذردهی مغناطیسی سنگها را کاهش می دهد و این در حالی است که میدان مغناطیسی زمین افزایش یافته است.
	بی هنجاری در مقاومت ویژه الکتریکی زمین	در پیش نشانه های مرتبط با الگوی اتساع پذیری توضیح داده شد.
پیش نشانه های زیست شناختی [۱٤]	رفتارهای غیرعادی انواع مختلف حیوانات	دلیل این رفتارهای غیرعادی هنوز به درستی مشخص نیست؛ اما یکی از فرضیه های موجود، دلیل آن را احساس امواج صوتی خفیف ناشی از شکستن سنگها در آستانه رویداد زمین لرزه می داند.
پیش نشانه های جوّی	تشکیل ابرهایی در امتداد گسلها قبل از وقوع زمین لرزه	احتمالاً تبخیر آب موجود در نتیجه شکستن سنگها و حرارت ایجاد شده ناشی از اصطکاک سنگها.

٤-۳- روشهای پیش بینی

علی رغم عدم موفقیت قطعی پیش بینی بر اساس بی هنجاری پیش نشانه ها، هنوز هم ثبت و پایش مداوم تغییرات پیش‌نشانه‌ها، رکن اصلی روشهای علمی پیش‌بینی زمین لرزه در کشورهای مختلف جهان محسوب می‌شود. از نظر سیستمی تمامی روشهای پیش‌بینی زمین لرزه صرف نظر از نوع پیش نشانه هایی که بر تغییرات آنها متمرکز هستند، از چهار زیر سیستم مطابق شکل (۱) تشکیل شده اند.



شکل (۱): برنامه پیش بینی زمین لرزه بر اساس رویکرد سیستمی

در شکل (۱) زیر سیستم شمارهٔ ۳، باید داده های حاصل از مشاهده مداوم تغییرات بی هنجاریها را پردازش و آنها را به اطلاعاتی شامل بزرگا، مکان و زمان رویداد زمین لرزه های آینده تبدیل کند. این اطلاعات مبنای عمل زیر سیستم شماره ٤ در اتخاذ تصمیم برای اعلام یا عدم اعلام وضعیت اضطراری خواهد بود. اخذ این تصمیم با توجه به سطوح از پیش تعریف شده خطرپذیری قابل قبول و خطرپذیری غیرقابل قبول انجام می‌شود. به عنوان مثال، در برنامه ملی کاهش خطر زمین لرزه در آمریکا *(NEHRP)* تداخل سنج‌های امواج راداری متعلق به سیستم جهانی موقعیت یابی *(GPS)* وظیفه مشاهده حرکتها و خزشهای گسل مهم سن آندریاس را انجام می دهند. این سیستم مشاهده ماهواره‌ای، به طور مداوم داده‌های حاصل از نقشه برداری ماهواره ای مجموعه‌ای از بنچ مارک‌ها، همراه با محاسبه تغییرات در امتداد خطوط، زوایا، طول و ارتفاع آنها را توسط امواج رادیویی برای سیستم زمینی پردازش اطلاعات ارسال می دارد [۱۵]. در حال حاضر بزرگترین چالش پیش روی این سیستم پیش بینی، مربوط به زیر سیستم پردازش آن است.

از آنجا که تعداد دستگاه های اندازه گیری زیاد نیست، داده های حاصل از مشاهده، اندک و نامناسب است. کیفیت و کمیت نامناسب داده ها، از یک سو تشخیص داده های ارزشمند از موارد اتفاقی و نامربوط را دشوار می سازد و از سوی دیگر یافتن رابطه منطقی بین داده های موجود و اطلاعات مورد نیاز سیستم، پیش بینی (مکان، زمان و بزرگا) را مشکل و حتی ناممکن می سازد. به همین دلیل متخصصین *NEHRP* هنوز به دانش کافی در زمینه پردازش داده های ناشی از تغییرات پیش نشانه ای و تبدیل آنها به اطلاعات قابل اطمینان جهت تصمیم گیری، دست نیافته اند. متخصصین این طرح در

حال حاضر می‌کوشند به طور مداوم داده های حاصل از پردازش پیش نشانه ها را در پایگاه داده ثبت و ذخیره نمایند تا پس از وقوع هر زمین لرزه در منطقه، به بررسی رابطه بین داده های موجود و اطلاعات زمین لرزه ای که روی داده است، بپردازند [۱۵].

کشورهای ژاپن، چین، روسیه و برخی از کشورهای آسیای میانه مانند ارمنستان که زلزله های مخربی را در قرن گذشته تجربه نموده‌اند بر اساس همین دیدگاه سیستمی و با تمرکز بر پیش نشانه های مختلف، پژوهشهای هدفمندی را در زمینه پیش بینی آغاز نموده اند. در این بین یکی از جدیدترین برنامه های پیش بینی مربوط به شهر بخارست است. این برنامه در چهارچوب یک "سیستم اعلام خطر فوری" و بر مبنای اختلاف بین زمان سیر امواج P و S عمل می‌کند. این سیستم قادر است از این طریق یک پنجره زمانی ۲۵ ثانیه ای بین زمان اعلام خطر (زمان وقوع لرزش اصلی) و رسیدن امواج به شهر بخارست را در اختیار مسؤولین این شهر قرار دهد [۱۶].

بر اساس نتایج تحلیل خطر، شهر بخارست در یک دوره بازگشت ۵۰ ساله به وسیله زمین لرزه ای با عمق متوسط و بزرگای $M_W = 8.0$ تهدید می شود. بررسی چشمه های لرزه ای منطقه، رومرکز این زمین‌لرزه را تقریباً در ۱۵۰ کیلومتری شهر بخارست معرفی می‌کند. بدین ترتیب اختلاف زمان سیر امواج ویرانگر S که وارد بخارست می شوند و امواج P که در کانون تولید می‌شوند کمتر از ۲۵ ثانیه نخواهد بود. علاوه بر آن، با برون‌یابی بیشینه شتاب امواج S ورودی به بخارست و امواج P تولید شده در کانون، بین آنها همبستگی خطی مشاهده شده‌است، که این همبستگی اساس کار زیرسیستم پردازش را تشکیل می دهد. برای لرزشهای با $M_W \geq 5$ رابطه های (۱) و (۲) به ترتیب همبستگی بین بیشینه شتاب قائم حاصل از امواج P در رومرکز (P_{EPI}) و بیشینه شتاب افقی حاصل از امواج S در شهر بخارست (S_{BUC}) و همبستگی بین بیشینه شتاب افقی حاصل از امواج S در رومرکز (S_{EPI}) و بیشینه شتاب قائم حاصل از امواج P در رومرکز (P_{EPI}) را نشان می دهند [۱۷]:

$$S_{BUC} = 10.P_{EPI} \qquad (۱)$$

$$S_{EPI} = 10.P_{EPI} \qquad (۲)$$

بررسی روابط (۱) و (۲) نشان می‌دهد که اندازه گیری بیشینه شتاب قائم حاصل از رویداد زمین لرزه در رومرکز می‌تواند شتاب مورد انتظار در شهر بخارست را تعیین کند و در واقع این روابط اساس کار زیرسیستم تصمیم‌گیری را تشکیل می دهند. بدین ترتیب در طبقه‌بندی سیستم های اطلاعاتی، زیر سیستم تصمیم گیری این مجموعه در زمره سیستم های تصمیم گیر خودکار محسوب می گردد. در چنین سیستم هایی، از یک سو به دلیل اطمینان به پیش فرضهای موجود در سیستم و از سوی دیگر به واسطه اعتبار داده ها و پردازش اطلاعات، تصمیم گیری توسط سیستم انجام می‌پذیرد [۱۸].

۵- مدیریت بحران

از اواخر قرن گذشته به واسطه خسارات و تلفات زیاد سوانح طبیعی، توجه سازمانهای دولتی و غیردولتی در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه معطوف به شناخت سازوکار این سوانح و ایجاد تمهیداتی برای مدیریت بر آنها گردید. سازمان ملل متحد نیز با هدف فراهم‌آوردن زمینه تلاش جهانی برای نیل به محیط ایمن در برابر سوانح طبیعی و کاهش آثار آنها، آخرین دهه قرن گذشته را به عنوان دهه بین المللی کاهش آثار بلایای طبیعی (IDNDR) نامگذاری نمود که یکی از اهداف هفت گانه این دهه، مدیریت بحران بوده است.

یک ضرب المثل کهن چینی درباره تاکتیک های جنگی می گوید: "شما می‌توانید به پیروزی مطمئن باشید، اگر خودتان و دشمنتان را به خوبی بشناسید". این جمله می‌تواند به عنوان اساسی ترین دستورالعمل اجرایی مدیریت بحران محسوب گردد؛ زیرا، ارزیابی خطرپذیری ناشی از وقوع بحران و تشخیص و بهینه سازی منابع ضد بحران ارکان اساسی طرح و برنامه مدیریت بحران را تشکیل‌می‌دهند. در واقع مدیریت بحران فرایند کاهش خطرپذیری سانحه با استفاده از منابع ضد بحران به گونه ای کارا و اثربخش است.

۵-۱- تخمین خطرپذیری

خطرپذیری لرزه ای (R_S) از ضرب خطر (H) در آسیب پذیری (V) حاصل می‌شود (رابطه ۳). خطرپذیری کل برای یکی از عوامل خطرپذیر (R_t) از ضرب ضریب وزنی عامل خطرپذیر (E) در خطرپذیری لرزه ای (R_S) و خطرپذیری لرزه ای کل (R_T) از جمع خطرپذیری لرزه‌ای تمام عوامل خطرپذیر محاسبه می‌شود (رابطه ۵) [۶]:

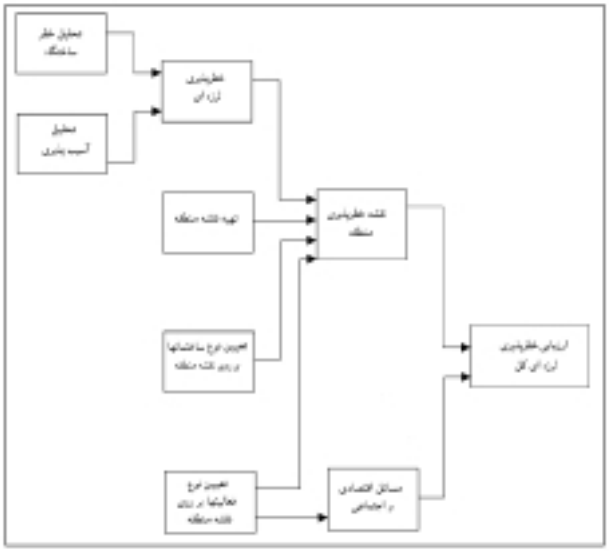
$$R_S = H.V \qquad (۳)$$

$$R_t = (E)(R_S) = (E)(H.V) \qquad (۴)$$

$$R_T = \Sigma(E)(R_S) = \Sigma(E)(H.V) \qquad (۵)$$

بدین ترتیب خطرپذیری لرزه ای کل در یک منطقه یا شهر، حاصل تأثیر خطر و آسیب پذیری بر مجموعه عوامل خطرپذیر و یا به بیان ریاضی، تابعی از این سه عامل است. تفکیک تابع خطر به مجموع عوامل

خطرپذیر از این رو انجام می گیرد که مستحدثات و محیطهای شهری، رفتارهای متفاوتی در برابر زمین لرزه از خود نشان می‌دهند و نمی‌توانند تحت یک الگوریتم واحد و با ضرایب وزنی یکسان بررسی شوند. به عنوان مثال، جاده ها به عنوان عناصر خطی با طول زیاد و ساختمانهای با قاب خمشی بتنی به عنوان یک توزیع جرم، در برابر زمین لرزه رفتارهای یکسانی از خود نشان نمی‌دهند و باید روشهای جداگانه ای برای تحلیل رفتار آنها به کار گرفته شود. یکی دیگر از عوامل مؤثر در ارزیابی خطر یک منطقه وضعیت اقتصادی- اجتماعی است که باید مورد توجه برنامه ریزان قرار گیرد. شکل (۲) ساختار برنامه ارزیابی خطرپذیری را نشان می دهد.



شکل (۲): ساختار برنامه ارزیابی خطرپذیری [٦]

۵-۲- کاهش خطرها

از اواسط دهه ۹۰ برخی از کشورهای توسعه یافته، مدیریت *(M)* را نیز به عنوان عامل چهارم به این مجموعه افزودند و تابع خطرپذیری کل را به صورت رابطه (٦) تعریف نمودند [۱۹]:

$$R_T = \frac{\Sigma\,(E)\,(H.V)}{(M)} \qquad (٦)$$

بر اساس رابطه (٦) حتی در صورت ثابت بودن خطر، مجموعه عوامل خطرپذیر و آسیب پذیریهای مورد انتظار برای آنها، می‌توان خطرپذیری کل را با افزایش توان مدیریتی کاهش داد. هرچند، توان مدیریتی به طور مستقیم نیز در کاهش هر یک از ضرایب فوق مؤثر است. در واقع، به منظور کاهش خطرپذیری کل باید علم و فنّاوری در خدمت برنامه ریزان قرار گیرد، تا بر اساس این ابزار و با توجه به نگرشهای اجتماعی و اقتصادی موجود، برنامه اجرایی مدیریت بحران در هر یک از سطوح منطقه ای و ملی طراحی گردد. این برنامه علاوه بر دستورالعملهای اجرایی، باید فرایند تصمیم گیری برای مدیران بحران را به روشنی تبیین کند تا از این طریق ایشان را در اخذ تصمیم در شرایط بحرانی پشتیبانی نماید.

برای نیل به چنین برنامه ای باید یک گروه طراحی مدیریت بحران شامل مهندسین، ژئوفیزیکدانان، برنامه ریزان، متخصصین علوم اجتماعی، اقتصاددانان و سیاستگذاران تشکیل شود و به طور مشترک و یکپارچه تمامی مراحل طراحی و اجرای برنامه کاهش آثار و مدیریت بحران را عهده دار گردند.

٦- تقابل و تعامل

متخصصین رشته های مختلف و سیاستگذاران بر اساس تخصص و حوزه مسؤولیت خود، از زوایای مختلف برنامه های پیش بینی و مدیریت بحران زمین لرزه را می‌نگرند و آنها را مورد نقد و بررسی قرار- می‌دهند. مجموعه نقاط ضعف و قوّتی که از جمع بندی این نقد و بررسیها حاصل می‌شود در جدول (۳) آمده است.

جدول (۳): مقایسه تطبیقی برنامه های پیش بینی و مدیریت بحران

	برنامه پیش بینی زمین لرزه	برنامه مدیریت زمین لرزه
نقاط قوت	- آمادگی انسانها که به گریز از نقاط خطرناک و یناه در نقاط ایمن پیش از وقوع منجر می گردد. - امکان قطع تأسیسات زیربنایی و خطرناک پیش از وقوع.	- ایجاد روش یکپارچه برای مقابله و کاهش آثار کوتاه مدت و بلندمدت زمین لرزه؛ - ایجاد هماهنگی در عملیات از طریق تقسیم وظایف و مسؤولیتها؛ - آموزش همگانی که به کاهش وحشت عمومی در مراحل حین و پس از بحران منجر می‌شود.
نقاط ضعف	- تعدد پیش نشانه ها؛ - غیرقابل اطمینان بودن تغییرات پیش نشانه ها؛ - عدم اطمینان تصمیم گیران به نتایج پیش بینی؛ - ایجاد وحشت عمومی پس از اعلام خبر؛ - ایجاد بدبینی در جامعه در صورت عدم تحقق نتیجه پیش بینی؛ - عدم امکان تخلیه در شهرهای بزرگ.	- تخصیص بودجه برای مقابله با حوادثی با احتمال وقوع کم؛ - غیرعملی بودن برنامه و عدم سازگاری آن با زندگی روزمره؛ - شیوع بی‌تفاوتی در جامعه به‌دلیل دوره بازگشت طولانی زمین لرزه.

با نگاهی دقیق به جدول (۳) می‌توان دریافت که برنامه های پیش بینی و مدیریت بحران زمین لرزه می‌توانند مکمل یکدیگر باشند و با بکارگیری صحیح آنها در یک برنامه ریزی منطقه ای می‌توان به یک برنامه جامع کاهش آثار زمین لرزه دست یافت. اکنون بخش عمده برنامه‌های پیش بینی بر پیش بینی کوتاه مدت متمرکز است و اصولاً این نوع پیش بینی از درصد قطعیت بالاتری برخوردار است. از این جهت، در یک رویکرد سیستمی می‌توان برنامه پیش بینی را به عنوان زیر سیستم اعلام فوری حادثه منظور نمود.

زمین لرزه پدیده ای طبیعی است که به طور ناگهانی روی- می‌دهد و براساس لرزه نگاشتهای موجود پنجره زمانی وقوع لرزش اصلی که هم ارز با مرحله آغاز بحران است از چند ثانیه تا حداکثر چند دقیقه به طول می‌انجامد؛ بنابراین وجود یک سیستم اعلام خطر فوری همچون سیستم طراحی شده برای شهر بخارست که محصول یک برنامه پیش بینی زمین لرزه است می تواند بسیار مفید باشد. زیر سیستم اعلام فوری حادثه می‌تواند به صورت دستی و یا از طریق یک سیستم اطلاعاتی تصمیم گیری *(Decision Taking Information System)* نسبت به قطع جریان برق، تجهیزات فشار قوی، شبکه توزیع گاز، جریان خطوط لوله نفت و توقف عملیات در فرودگاهها، نیروگاه های هسته ای، شبکه های راه آهن شهری و بین شهری، اتاق عمل بیمارستانها و ... اقدام نماید. علاوه بر این، این زیر سیستم به ایستگاه های آتش نشانی، بیمارستانها و سایر سازمانهای امدادی درگیر در بحران اعلام آماده باش می‌کند. کلیه این عملیات که تأثیر مستقیم و بسزایی در کاهش آثار زمین لرزه، بویژه آثار اجتماعی و اقتصادی آن خواهند داشت در یک فاصله زمانی کوچکتر از یک دقیقه قابل انجام هستند. بدین ترتیب می‌توان زیر سیستم پیش بینی را یک جزء مکمل و ضروری برای یک برنامه جامع مدیریت بحران زمین لرزه به حساب آورد.

از سوی دیگر اگر فرض شود که اکنون دانش بشر در زمینه زلزله شناسی، بویژه پیش بینی زلزله در سطحی است که می‌توان وقوع زمین‌لرزه در یک شهر بزرگ را یک ساعت پیش از وقوع آن تشخیص داد، در صورت عدم وجود یک برنامه جامع و منسجم مدیریت بحران که کلیه سناریوهای ممکن در آن به درستی تعریف و مشخص- شده باشند:

- آیا می‌توان چنین خبری را اعلام نمود؟
- آیا می‌توان چنین خبری را اعلام ننمود و یا از بروز شایعه آن جلوگیری نمود؟
- واکنش مردم نسبت به انتشار این خبر چه خواهد بود؟

بدیهی است انتشار خبر رویداد یک زمین لرزه قریب الوقوع در یک شهر بزرگ، خود می‌تواند به بروز یک بحران ترکیبی با جنبه های مختلف سیاسی، اجتماعی، روانی و اقتصادی در ابعاد وسیع منجر شود. با اطلاع از این خبر میلیون ها نفر جمعیت شهر، طیف گسترده ای از واکنشها شامل فرار فوری از شهر، یافتن اعضای خانواده، اشغال خطوط تلفن، مراجعه به بانک ها برای دریافت وجوه نقد، مراجعه به مراکز خرید، انجام اعمال خلاف قانون با سوء استفاده از وضعیت بحرانی و ... را از خود بروز می دهند [۲۰]. فقط با مقایسه وضعیت یک شهر بزرگ در یک روز عادی و یک روز بارانی و تعمیم آن به این شرایط غیرعادی، می‌توان ابعاد فاجعه در شرایط بحرانی مذکور را تصور نمود؛ بنابراین سیستم پیش بینی نیز بدون الحاق به یک سیستم مدیریت بحران فاقد ارزش کاربردی در زمینه کاهش آثار خواهد بود.

۷- نتیجه گیری

پیش بینی زمین لرزه که از آرزوهای دیرینه بشر بوده است، علی رغم نیم قرن تلاشهای علمی و سیستماتیک هنوز به طور قطعی و قابل- اعتماد امکان پذیر نیست. بر این اساس و با شکل گیری و گسترش روزافزون برنامه های مدیریت بحران و دانش مربوط به آن، اهمیت تحقیقات و مطالعات مربوط به پیش بینی ولزوم آنها با تردید نگریسته- می‌شود. ازسوی دیگر به دلیل هزینه های بالا و طولانی بودن برنامه های مدیریت بحران ووجود نیازهای اساسی تر که در انتظار دریافت بودجه هستند، سیاستگذاران و مردم ضرورت کمتری برای برنامه مدیریت بحران قائلند. این دیدگاه درباره زمین لرزه هایی که دوره بازگشت طولانی دارند، تشدید می گردد.

بررسی تطبیقی برنامه های پیش بینی و مدیریت بحران زمین لرزه نشان می‌دهد که این دو برنامه مکمل یکدیگر هستند. نتیجه یک برنامه پیش بینی حتی در صورت قطعی بودن آن، بدون وجود برنامه مدیریت بحران قابل استفاده در راستای نیل به نتیجه نهایی (کاهش خسارت و تلفات) نخواهد بود. همچنین برنامه پیش بینی فقط می‌تواند به عنوان یک سیستم اعلام خطر (فوری یا غیرفوری بر حسب نوع پیش بینی) عمل کند.

۸- مراجع

۱- احمدیان، آراسب. "پیش بینی زمین‌لرزه، تاریخچه و چشم‌اندازها"، سمینار دانشجویی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ۱۳۷۸.

۲- بهاور، منوچهر. "پیش بینی زمین لرزه ها"، مؤسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۷۱.

۳- احمدیان، آراسب. "شهر سالم و مدیریت بحران زمین لرزه"، نشریه کانون مهندسان معمار دانشگاه تهران، شماره ۱۰، دی ماه ۱۳۷۹.

4.UNDRO. "Disaster Prevention and Mitigation a Compendiam of the Current Knowledge", Vol. 1, UNDRO, Geneva, 1992.

۵- ناطقی الهی، فریبرز. "مدیریت بحران زمین لرزه در ایران"، تهران: پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۷۸.

6.UNDRO, "Mitigating Natural Disaster (Phenomena, Effects and Options)", United Nations, 1991.

7.UNDHA. "Strategic Aspects of Geological and Seismic Disaster Management and Disaster Scenario Planning", UNDHA, Oct. 1991.

8.Raleigh, C.B.et.al, "Prediction of the Haicheng Earthquake", EOS, Vol. 58, May 1977.

9.Allen, C. R, "The Southern California Earthquake Prediction of 1976", Proceeding of the Seminar on Earthquake Prediction (Case Histories), 1983.

10.Giesecke, A.A, "Case History of the Peru Prediction for 1980-1981", Proceeding of the Seminar on Earthquake Prediction (Case Histories), 1983.

11.Bolt, B.A, "Earthquake and Geological Discovery" Scientific American Library, Newyork, 1993.

12.Jin. A, Aki. K, "Observational and Physical Bases for the Coda Q-1 Precurser", American Geophysical Union, Washington D.C, 1991.

13.Rikitake. R,. Yamazaki, Y,. "The Nature of Resirtivity Precurcer", Practical Approaches to Earthquakes Prediction & Warning, 1985.

14.Rikitake. T, "Classification of Earthquake Precursers", Tectonophys, 1978.

15.Kerr. R.A., "Stalking the Next Parkfield Earthquake in Central California", Earthquake Information Bulletin, Vol. 16, Nov/Dec 1984.

16.Wenzel, F., Oncescu, M. C., Baur, M., Friedrich, F., Lonescu, C., "An Early Warning System, for Bucharest", Seis. Ress. Lett, 1999.

17.Bonjer, K. P., Oncescu. M. C., Driad, L., Rizescu. M., "A Note on Emprical Site Responses in Bucharest (Romania)", Kluwer Academic Publishers, 1998.

18.Sprague, R., "Building Effective Decision Support Systems" Prentice Hall, NJ, 1982.

۱۹- احمدیان، آراسب. "طرح کاهش آثار و ساختار مدیریت بحران زمین لرزه در مجتمع رفاهی- بهداشتی- درمانی مؤسسه خیریه حمایت از کودکان مبتلا به سرطان"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، پاییز ۱۳۷۹.

۲۰- ناطقی الهی، فریبرز. "مدیریت بحران زلزله ابرشهرها"، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۷۹. ◄