بهبود تاب‌آوری
بیمارستان‌ها و مراکز حیاتی

مهندس محمد طیبی

www.Mohammadtayyebi.com

نشر زرین اندیشمند
تابستان 1399

سرشناسه	:	طیبی، محمد، ۱۳۶۲ -
عنوان و نام پدیدآور	:	بهبود تاب‌آوری بیمارستان‌ها و مراکز حیاتی / مولف محمد طیبی.
مشخصات نشر	:	تهران: زرین اندیشمند، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	:	336 ص.
شابک	:	978-622-7046-42-7
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
موضوع	:	ساختمان‌های بیمارستان-- طراحی و ساخت
موضوع	:	Hospital buildings-- Design and construction
موضوع	:	ساختمان‌ها -- پیش‌بینی‌های ایمنی
موضوع	:	Buildings -- Safety measures
موضوع	:	ساختمان‌های بیمارستان -- اثر زلزله
موضوع	:	Hospital buildings -- Earthquake effects
موضوع	:	ساختمان‌های ضد زلزله
موضوع	:	Earthquake resistant design
رده بندی کنگره	:	RA967
رده بندی دیویی	:	725/510218
شماره کتابشناسی ملی	:	6222802

دفتر مرکزی: خیابان انقلاب، مابین خیابان دانشگاه و ابوریحان،

پلاک 1182، ساختمان فروردین، طبقه 5، واحد 19

شماره تماس: 09905445006 – 66176087

وب سایت: Andishmandpub.com

پست الکترونیکی: Andishmand.pub@gmail.com

نشر زرین اندیشمند

بهبود تاب‌آوری بیمارستان‌ها و مراکز حیاتی

مولف: مهندس محمد طیبی

ویراستار و صفحه آرا: فرانک حاجی عبدالله

نوبت چاپ: اول 1399

طراح جلد: فرانک حاجی عبدالله

قیمت: 580000ریال

ناشر: نشر زرین اندیشمند

شابک: 978-622-7046-42-7

شمارگان: 500 نسخه

حق چاپ و نشر برای ناشر محفوظ است.

تقدیم به پدرم

کوهی استوار و حامی من در طول تمام زندگی

تقدیم به مادرم

سنگ صبوری که الفبای زندگی به من آموخت

تقدیم به برادرانم

همسفران مهربان زندگیم.

پیشگفتار

تاب‌آوری مراکز حیاتی نظیر بیمارستان‌ها، فرودگاه‌ها، ایستگاه‌های آتش‌نشانی و ... در برابر بلایای طبیعی و حوادث غیرمترقبه از دغدغه‌های اصلی کشورها و مهندسان آن‌ها می‌باشد که خدمت‌رسانی آنها در شرایط ذکر شده از اهمیت بسیاری برخوردار است، مخصوصاً بیمارستان‌ها که با توجه به اوضاع کنونی دنیا که ویروس کرونا به مرحله همه گیری رسیده است نقشی اساسی و بی بدیلی را ایفا می‌کنند. در این کتاب سعی بر این است که ابتدا ساختمان‌های موجود آر نظر آسیب پذ یری در برابر مخاطرات چندگانه مورد ارزیابی قرار گرفته و سپس از نظر ایمنی سازه‌ای و غیر سازه‌ای مورد بررسی قرار بگیرند و با توجه به راه حل‌های متعددی که موجود است اقدام به مقاوم‌سازی آنها بنمایم. در ادامه نیز نحوه ساخت و اجرای بیمارستان‌ها مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. امید است که این کتاب گام کوچکی در راستای کمک به ساخت و تاب‌آوری مراکز حیاتی در کشور عزیزمان باشد.

فهرست عناوین

فصل 1: ارزیابی آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات چند گانه.....11
مقابله با زلزله و ارتباط آن با برنامه‌ریزی شهری.....12
اصول راهنما در برنامه‌ریزی اقتضایی در حوادث و بلایا.....17
نقش برنامه‌ریزی شهری در مقابله با بحران و کاهش آسیب‌پذیری.....25
آسیب‌پذیری شهرها در برابر سیل.....27
آسیب‌پذیری در مقابل صاعقه.....32
آسیب‌های ناشی از روانگرایی.....36
فصل 2: ارزیابی ایمنی سازه‌ای و غیر سازه‌ای ..... **Error! Bookmark not defined.**
ارزیابی ایمنی سازه‌ای..... **Error! Bookmark not defined.**
یکپارچگی ساختمان..... **Error! Bookmark not defined.**
کاهش خطرپذیری عناصر غیر سازه‌ای..... **Error! Bookmark not defined.**
کاهش خسارات حین زلزله..... **Error! Bookmark not defined.**
ایمنی معماری..... **Error! Bookmark not defined.**
اجزای تاسیساتی ساختمان..... **Error! Bookmark not defined.**
سیستم‌های الکتریکی..... **Error! Bookmark not defined.**
سامانه‌های ارتباطات دوربرد..... **Error! Bookmark not defined.**
سامانه تأمین آب..... **Error! Bookmark not defined.**
سامانه حفاظت از آتش..... **Error! Bookmark not defined.**
سیستم‌های مدیریت پسماند..... **Error! Bookmark not defined.**
سیستم‌های ذخیره سوخت (مانند گاز، گازوئیل و دیزل) **Error! Bookmark not defined.**
سیستم گازهای پزشکی..... **Error! Bookmark not defined.**

گرمایش و سیستم تهویه مطبوع (HVAC)..... **Error! Bookmark not defined.**
فصل 3: راهکارهای مقاوم‌سازی و طراحی لرزه‌ای ..... Error! Bookmark not defined.
تحلیل خطر لرزه‌ای..... **Error! Bookmark not defined.**
سطوح خطر زلزله..... **Error! Bookmark not defined.**
طیف طرح ارتجاعی استاندارد..... **Error! Bookmark not defined.**
طیف طرح ارتجاعی ویژه‌ی ساختگاه..... **Error! Bookmark not defined.**
شتاب نگاشت‌ها..... **Error! Bookmark not defined.**
ضوابط کلی طراحی سازه بیمارستان..... **Error! Bookmark not defined.**
انواع روش‌های مقاوم‌سازی بیمارستان ..... **Error! Bookmark not defined.**
روش جدا سازی لرزه‌ای..... **Error! Bookmark not defined.**
مقاوم‌سازی بیمارستان‌ها با مهاربند کمانش تاب..... **Error! Bookmark not defined.**
مقاوم‌سازی بیمارستان‌ها با میراگرها..... **Error! Bookmark not defined.**
روش‌های بهسازی و مقاوم‌سازی مراکز حیاتی (Vital Centers)..... **Error! Bookmark not defined.**
استفاده از بتن مسلح..... **Error! Bookmark not defined.**
استفاده از باد بندهای هم محور یا برون محور..... **Error! Bookmark not defined.**
استفاده از ژاکت فولادی..... **Error! Bookmark not defined.**
استفاده از دیوار برشی..... **Error! Bookmark not defined.**
استفاده از الیاف FRP..... **Error! Bookmark not defined.**
فصل 4: ساخت و اجرای بیمارستان‌ها ..... Error! Bookmark not defined.
مکان یابی و انتخاب سایت بیمارستان..... **Error! Bookmark not defined.**
شبکه ارتباطی و دسترسی‌ها..... **Error! Bookmark not defined.**
همسایگی و اصل هم جواری..... **Error! Bookmark not defined.**
طرح توسعه یا اصل زیادگی..... **Error! Bookmark not defined.**

زیر ساخت‌ها و تاسیسات زیر بنایی ..... **Error! Bookmark not defined.**
شاخص‌های اقتصادی و اصل برآورد هزینه ..... **Error! Bookmark not defined.**
موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های اقلیمی (خرد اقلیم) .... **Error! Bookmark not defined.**
مشخصات کالبدی اراضی ..... **Error! Bookmark not defined.**
مساحت و ابعاد زمین ..... **Error! Bookmark not defined.**
هندسه زمین ..... **Error! Bookmark not defined.**
انواع آلودگی ..... **Error! Bookmark not defined.**
ایمنی و پدافند غیرعامل ..... **Error! Bookmark not defined.**
محوطه و فضاهای پیرامونی بیمارستان ..... **Error! Bookmark not defined.**
مسیرها و معابر ..... **Error! Bookmark not defined.**
پارکینگ و انواع روش‌های طراحی آن ..... **Error! Bookmark not defined.**
ارتباط هوایی و هلی‌پد ..... **Error! Bookmark not defined.**
محوطه سازی و فضای سبز ..... **Error! Bookmark not defined.**
روش‌های طراحی فضای سبز ..... **Error! Bookmark not defined.**
ضوابط طراحی فضای سبز ..... **Error! Bookmark not defined.**
طراحی فضای سبز و پدافند غیرعامل ..... **Error! Bookmark not defined.**
فرم و پیکر بندی ساختمان بیمارستان ..... **Error! Bookmark not defined.**
الگوهای فرمی ..... **Error! Bookmark not defined.**
انعطاف‌پذیری و طرح توسعه بیمارستان .... **Error! Bookmark not defined.**
فضاهای داخلی ..... **Error! Bookmark not defined.**
الزامات نازک کاری ..... **Error! Bookmark not defined.**
الزامات بازشوها ..... **Error! Bookmark not defined.**
منابع ..... **Error! Bookmark not defined.**

فصل 1

ارزیابی آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات چند گانه

مقابله با زلزله و ارتباط آن با برنامه‌ریزی شهری

کشور ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی و قرار گرفتن بر روی کمربند جهانی زلزله در طول تاریخ همواره زمین لرزه‌های بزرگ و خسارت باری را شاهد بوده است. از سوی دیگر، دسته بندی پهنه جغرافیایی ایران براساس اطلاعات تاریخی نشان می‌دهد که استان تهران با پانزده بار زلزله مخرب در طول تاریخ، در رتبه ششم کشور قرار دارد. به علاوه، تهران یکی از شهرهایی است که روی خط زلزله قرار گرفته است؛ البته بیشتر شهرهای ایران چنین شرایطی دارند، اما به عقیده کارشناسان تنها شهری که ممکن است در اثر زلزله‌ای متوسط در مقیاس مهندسی به شدت خراب شود تهران است (Zangi Abadi et al, 2009: 93).

به علاوه، در نظر آوردن ویژگی‌های منحصر به فرد تهران مانند تمرکز شدید ساختمانی، کمبود فضاهای باز، عدم رعایت استانداردهای لازم در اکثر سازه‌های مناطق مختلف (به خصوص بافت مرکزی)، جمعیت زیاد، عدم رعایت سرانه‌ها و... که در صورت بروز خطر، آن را با مشکلات عدیده و متفاوتی نسبت به سایر شهرها مواجه می‌سازد، حساسیت این موضوع را بیش از پیش روشن می‌نماید. بنابراین لزوم بکارگیری روش‌های جایگزین فراتر از تمهیدات ساختمانی برای افزایش ایمنی شهر در برابر زلزله ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا، شناخت محدوده‌های آسیب‌پذیر و مقاوم در سطح شهر و برنامه‌ریزی صحیح و مناسب برای پیشگیری یا کاهش آثار خطر احتمالی بسیار حیاتی و مهم است. از سوی دیگر، چنین مطالعه‌ای می‌تواند مؤثرترین شیوه تخصیص بهینه اعتبارات مقاوم‌سازی شهری نیز به شمار آید.

اثرات زیانبار معمول در اثر وقوع سوانح طبیعی از جمله زلزله، شامل تلفیقی از ویرانی‌های کالبدی و اختلال عملکردی عناصر شهری است. انهدام مناطق مسکونی، شبکه راه‌ها و دسترسی پل‌ها و جاده‌های ارتباطی، تأسیسات اساسی مثل مخازن

آب، نیروگاه‌ها، خطوط ارتباطی تلفن، برق، لوله کشی‌های آب، گاز و... از آن جمله هستند. غیر از آسیب‌های مستقیم ناشی از ویرانی ابنیه و تأسیسات، خسارات ناشی از حوادث تبعی مثل آتش سوزیها، آبگرفتگی‌های ناشی از شکستن سدها و یا لوله کشی‌ها، ریزش کوه‌ها، پخش مواد خطرناک نیز باید مد نظر قرار داشته باشند.

غیر از آسیب‌های بیان شده، میزان تلفات انسانی نیز عامل دیگری است که ابعاد بحران را می‌افزاید. میزان تلفات به ویژه در مناطقی که از جمعیت زیاد برخوردارند یا وقتی بافت فشرده است و ساختمان‌ها نزدیک به یکدیگرند و در مقابل زلزله مقاوم نیستند، بیشتر می‌گردد. بخشی از تلفات نیز در روزهای بعد از زلزله پیش آمده و ناشی از وقوع سیل، قطع منابع آبی یا آلودگی آن، جراحت‌ها و عدم وجود بهداشت عمومی‌به خصوص به علت تمرکز جمعیت در کمپ‌ها و شیوع بیماری‌های خاص، کمبود منابع غذایی و... است (Hamidi, 1995: 1654).

با توجه به شرحی که از زلزله، ویژگی‌ها و اثرات آن بیان کردیم، می‌توان گفت که زلزله نه تنها یک بلا نیست بلکه یکی از اجتناب ناپذیرترین وقایع طبیعی است که سبب می‌گردد نیروهای محبوس در پوسته زمین آزاد و مستهلک شوند و بستر حیات و فعالیت چند میلیارد ساله انسان آرامش درون را بازیافته و ایستایی خود را حفظ کند.

در واقع زلزله به عنوان یک پدیده طبیعی به خودی خود نتایج نامطلوبی در پی ندارد، آنچه از این پدیده یک فاجعه می‌سازد، عدم پیشگیری از تأثیر آن و عدم آمادگی برای مقابله با عواقب آن است و تا زمانی که زیستگاه انسان در برابر زلزله تضمین کافی نیافته باشد، لاجرم باید منتظر عواقب متعدد خسارت زای آن بود (Habib,1995:1654).

بطور کلی فاجعه برابر با مجموع آسیب‌پذیری و مخاطرات می‌باشد (Mohammadi & Mosayeb Zade, 2008: 118)، به این معنا که آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات طبیعی است که اثرات و پیامدهای آنها را تشدید کرده و دامن می‌زند. بنابراین اصلی‌ترین موضوع در خصوص چگونگی و میزان اثرگذاری زلزله بر سکونتگاه‌ها، شناسایی میزان آسیب‌پذیری محیط‌های شهری و عوامل ایجاد کننده و سنجش آن است.

آسیب‌پذیری:

آسیب‌پذیری شهری میزان خسارتی است که در صورت بروز سانحه به یک شهر و اجزا و عناصر آن وارد می‌شود (Pooyan & Nateghi Elahi, 1999: 777).

در ادبیات مربوط به زلزله، آسیب‌پذیری به صورت میزان تحمل، پایداری و یا نجات از اثرات یک بلای طبیعی در بلند مدت و به همان نسبت در کوتاه مدت تعریف شده است (Habibi et al, 2008: 29).

مطالعات صورت گرفته در زمینه پدیده آسیب‌پذیری به طور کلی در دو زمینه متمرکز شده‌اند: مطالعات اولیه در مورد سوانح، عوامل خطرآفرین را به عنوان علت آسیب‌پذیری تعیین نموده است. بر این اساس، آسیب‌پذیری ساکنان نواحی فعال زلزله‌ای یا نواحی در معرض سیل، به دلیل سکونت در این نواحی است و در نواحی که تناوب و شدت این پدیده‌ها بیشتر است، آسیب‌پذیری هم بالاتر است.

دسته دیگر مطالعات در این زمینه، بر این موضوع متمرکز شده که خطرخیزی از ویژگی‌های عادی کالبدی نواحی‌ای است که در آنها سانحه رخ می‌دهد و آسیب‌پذیری گروه‌های مختلف مردم ساکن در نواحی خطرخیز، بسته به سطح

زندگی و وضعیت اجتماعی و اقتصادی آنها در نقاط مختلف دنیا، متفاوت است، بنابراین آسیب‌پذیری نتیجه خطرخیزی نیست بلکه نتیجه فرآیندهای اجتماعی، اقتصادی و سیاسی است و سانحه یک وضعیت نهایی است که از این فرآیندها ناشی می‌شود (Pooyan & Nateghi Elahi, 778-779).

راهکارهای متفاوتی برای مقابله با آثار زلزله و کاهش آسیب‌پذیری در برابر آن وجود دارد که برنامه‌ریزی شهری می‌تواند به عنوان دانش میان رشته‌ای نقش زیادی در تحقق اهداف و برنامه‌های هر کدام از آنها در سطح سکونتگاه‌ها ایفا نماید. در ادامه پس از معرفی تعدادی از متداول‌ترین راهکارها با زلزله، نقش برنامه‌ریزی شهری در این راستا تبیین می‌گردد.

مدیریت بحران:

مدیریت بحران به مجموعه اقدام‌هایی اطلاق می‌شود که قبل از وقوع، درحین وقوع و بعد از وقوع سانحه برای کاهش هر چه بیشتر آثار و عوارض آن انجام می‌گیرد. این اقدام‌ها با توجه به انواع بلایای طبیعی و محیطی که رخ می‌دهد، متفاوت است (Abdollahi, 2004:60).

مدیریت بحران ناشی از زلزله را می‌توان بسیج و سازماندهی کلیه امکانات و توانمندی‌های کشور برای مقابله با بحران ناشی از وقوع زلزله و تبدیل آن به شرایط عادی و فرصتی برای بازسازی مطلوب شهرهای آسیب‌پذیر تعبیر نمود (Takbiri, 2005: 51).

برنامه‌ریزی مقابله با سوانح:

یکی از انواع برنامه‌ریزی شهری شناخته می‌شود و فرآیندی است جامع برای ایجاد آمادگی و پاسخگویی در رویارویی با سوانح، که در دو مقطع زمانی پیش از وقوع سانحه و پس از وقوع سانحه اجرا می‌شود. برنامه‌ریزی قبل از وقوع سانحه، مجموعه اقداماتی است که یا از وقوع سانحه جلوگیری می‌کند و یا عوارض آن را کاهش می‌دهد و جامعه را در برابر پاسخگویی به تأثیرات سانحه آماده می‌سازد و به سه مقطع پیشگیری از وقوع سانحه، کاهش عوارض سانحه و آمادگی در برابر آن تقسیم می‌شود. برنامه‌ریزی پس از وقوع سانحه، فرآیندی است به منظور تعیین اقدامات لازم پس از وقوع سانحه تا از منابع و امکانات موجود استفاده بهینه به عمل آید که شامل مراحل نجات و امداد فوری، ساماندهی و بازسازی می‌شود (HatamiNejad et al,2009:2).

مدیریت ریسک و ارزیابی خطر:

در حال حاضر با توجه به شرایط مدیریت ریسک طبیعی، اجتماعی و فیزیکی حاکم بر فضاهای شهری، برای مواجهه با بلایای طبیعی و به ویژه زلزله که امکان پیش‌بینی دقیق آن امکان پذیر نمی‌باشد، از مدیریت خطرپذیری یا ریسک به جای مدیریت بحران استفاده می‌شود. خطر پذیری به مفهوم عدم اطمینان از وقوع خسارت تعریف می‌شود (Ahmadi&Sheikh.Kazem, 2006: 2).

یکی از مهمترین ارکان مدیریت خطر پذیری، ارزیابی خطر بلایاست. دو موضوع در ارزیابی خطر بلایا وجود دارد: یکی روشن ساختن برنامه‌ریزی شهری در رابطه با پیشگیری از بلایا که ساختار و محیط شهر را در بر می‌گیرد. دیگری، برآورد تقاضا برای اقدام‌های مقابله با خسارات به وجود آمده می‌باشد.

اصول راهنما در برنامه‌ریزی اقتضایی در حوادث و بلایا

1. برنامه‌ریزی اقتضایی باید به صورت فرایندی مستمر باشد. پایانی برای برنامه‌ریزی وجود ندارد، لذا برنامه باید به طور دائم آزمایش، اصلاح و بازبینی شود.

2. برنامه‌ریزی اقتضایی فرایندی برای آگاهی از نادانسته‌ها در شرایط وقوع حوادث است، لذا در برنامه باید تمام شرایط محتمل در نظر گرفته شده و درباره‌ی آنها فکر شود. نیازی نیست برای تمام مخاطرات برنامه تهیه شود بلکه بهتر است محتمل‌ترین‌ها در نظر گرفته شوند.

3. هدف اصلی این برنامه مشخص کردن و تعیین اقدامات مناسب در زمان وقوع حوادث و بلایاست، لذا باید مسئولیت و وظایف کلیه‌ی افراد و پرسنل به دقت مشخص شود.

4. برنامه‌ریزی اقتضایی باید براساس احتمال وقوع اتفاقات، مخاطرات ثبت شده و سناریوی حوادث و بلایای دارای احتمال وقوع، تدوین گردد.

5. برنامه‌ریزی اقتضایی باید براساس دانش و شواهد درست و اطلاعات در مورد مخاطرات و شرایط موجود باشد.

6. برنامه‌ریزی باید به عنوان یک فعالیت آموزشی در نظر گرفته شود تا مشارکت کنندگان در آن، نکات بیشتری در مورد سازمان خود کسب کنند.

7. گروه برنامه‌ریزی باید متناسب بوده، و هم چنین لازم است تمام افراد تأثیرگذار، در برنامه‌ریزی مشارکت داشته باشند و بهتر است گروه به خوبی حمایت شود.

8. برنامه‌ریزی باید تاحد امکان ساده بوده و نباید باعث ایجاد سردرگمی شود، سادگی بهترین سیاست است.

9. برنامه باید انعطاف پذیر بوده و در هر شرایطی قابل استفاده باشد.

10. برنامه‌ریزی اقتضایی باید یک نقطه شروع جهت اقدامات پاسخ به حادثه باشد.

11. برنامه‌ریزی اقتضایی باید امکان توسعه‌ی استراتژی‌های اقدامات فوریتی را فراهم نماید.

فرایند برنامه‌ریزی اقتضایی در حوادث و بلایا

1. تعریف پروژه
2. تشکیل گروه برنامه ریزی
3. تحلیل مشکلات محتمل بر مبنای سناریویی خاص مانند زلزله
4. تحلیل منابع
5. تشریح وظایف و مسئولیت‌ها
6. تشریح ساختار مدیریت
7. توسعه‌ی استراتژی‌ها و سیستم‌ها

1. تعریف پروژه

در این مرحله باید اهداف، محدوده و زمینه‌ی برنامه‌ی بیان شده و اقدامات مورد نیاز تشریح شوند، هم چنین منابع مورد نیاز جهت انجام اقدامات در همین مرحله، تعیین می‌شوند. مرحله فوق باید براساس تحلیل مخاطرات و آنالیز خطر انجام شده در مراحل قبلی، صورت گیرد. به عنوان مثال، تدوین برنامه‌ی آمادگی در مقابل زلزله برای بیمارستان فرضی با هدف فعال نگهداشتن آن، افزایش ظرفیت بستری تا 50 درصد، تخلیه‌ی بخش‌های غیرضروری و ارتباط پایدار با مراکز هدایت عملیات نمونه‌ای از تعریف پروژه می‌باشد.

2. تشکیل گروه برنامه ریزی

گروه برنامه‌ریزی اقتضایی بیمارستان از افراد مختلفی تشکیل می‌شود. ترکیب این گروه به صورتی تعیین می‌گردد که مشارکت کلیه‌ی واحدها در طراحی، جمع آوری اطلاعات موردنیاز، ضمانت اجرایی و تعهد واحدها به برنامه به حداکثر برسد. معیارهای زیر جهت انتخاب افراد گروه توصیه می‌شود:

- اعضای گروه باید از وظایف و نقش واحد خود در زمان وقوع بلایا آگاهی داشته باشند.
- این افراد باید در مراحل پیشگیری، آمادگی، پاسخ و بهبودی در حوادث قبلی مشارکت فعال داشته و از افراد باسابقه باشند.
- لازم است این افراد از طرف واحد خود از جایگاه قانونی مناسبی برای قبول مسئولیت برخوردار باشند.
- لازم است این افراد قابلیت و توانایی مشارکت در گروه برنامه‌ریزی را داشته باشند.

3. تحلیل مشکلات محتمل بر مبنای سناریویی خاص مانند زلزله

در این مرحله با جزئیات بیشتری مخاطرات، آسیب پذیری‌ها و علل آنها، استراتژی‌های پاسخ محتمل، آمادگی پاسخ و استراتژی‌های بهبودی و عوامل شروع کننده این استراتژی‌ها بررسی و تحلیل می‌شوند و اطلاعات لازم برای مراحل بعدی تأمین می‌گردد. همچنین تحلیل مشکلات در این مرحله باید براساس سناریوهای محتمل مانند زلزله، سیل و آتش سوزی باشد.

جدول زیر تحلیل مشکلات احتمالی در زمان سیل برق آسا را نشان می‌دهد.

مشکلات احتمالی	آبگرفتگی بیمارستان
دلایل	عدم آمادگی بیمارستان و اشکال در مهندسی ساختمان و استاندارد نبودن ارتفاع بیمارستان نسبت به سطح شهر و رودخانه‌های آبرو
استراتژی‌های پیشگیرانه	طراحی آببند در اطراف بیمارستان، هشدار اولیه و تخلیه‌ی بخش‌های در معرض خطر، پیش‌بینی پمپ‌های مکنده و تخلیه آب
استراتژی‌های پاسخ، بهبودی	تخلیه‌ی بخش‌های در معرض خطر، استفاده از پمپ‌های مکنده و تخلیه‌ی آب، اطمینان از تأمین سلامت و ایمنی در مناطق تخلیه شده، انتقال بیماران و پرسنل به مناطق امن
حادثه آغاز کننده	بارندگی سنگین و محاصره‌ی بیمارستان با آب، تخریب پوشش گیاهی منطقه و در نظر نگرفتن حریم رودخانه‌ها

منظور از استراتژی‌های پیشگیرانه کلیه‌ی اقداماتی است که در دستور کار قرار می‌گیرد تا از وقوع مشکل احتمالی مورد نظر پیشگیری کند. این اقدامات باید در مرحله‌ی قبل از وقوع حادثه انجام شوند.

منظور از استراتژی‌های پاسخ و بهبود کلیه‌ی اقداماتی است که در زمان حادثه برای مقابله با مشکلات ناشی از حادثه‌ی مورد نظر انجام می‌شود. در این شرایط مشکل مورد نظر قبلاً پیشگیری نشده است.

با تحلیل مشکلات محتمل، استراتژی‌های مدیریت حادثه استخراج می‌گردد و درصورتی که این استراتژی‌ها توسط اعضای کمیته‌ی برنامه‌ریزی به عنوان نیروهای متخصص استخراج شوند بسیار کاربردی بوده و زمینه‌ای برای تولید ایده‌های نو فراهم خواهند کرد. مسئله مهم این است که چون گروه مسئولیت اجرای

استراتژی‌های پیشگیری، آمادگی، پاسخ و بهبودی را به عهده دارد، مشارکت آنها از ابتدا در تدوین این استراتژی‌ها، ضمانت اجرای آنها را بیشتر می‌کند.

4. تحلیل منابع

در این مرحله به منظور اجرای استراتژی‌های تدوین شده (پیشگیری و پاسخ) موارد زیر مشخص می‌گردند: چه منابع و امکاناتی مورد نیاز است، در حال حاضر موجودی و ذخیره‌ی منابع در چه وضعیتی قرار دارد، فاصله‌ی بین نیاز و وضع موجود چیست و چه کسی مسئول پر کردن این فاصله است. هم چنین سئوالات زیر در این مرحله می‌تواند کمک کننده باشد:

- استراتژی‌های پیشگیرانه‌ی پاسخ و بهبودی کدام است؟
- چه منابعی برای اجرای این استراتژی‌ها مورد نیاز است؟
- چه منابعی در دسترس است؟
- چه سازمان، واحد یا فردی مسئول این منابع است؟
- چه تفاوتی بین منابع موجود و منابع مورد نیاز وجود دارد؟
- اگر تفاوتی وجود دارد چه کسی مسئول جبران این کمبود است؟
- آیا استفاده از منابع موجود، در این شرایط اثربخش هست یا خیر؟

پیش‌بینی منابع مورد نیاز برای اقدامات پیش‌بینی شده در زمان وقوع بلایا از ارکان اصلی برنامه بوده و تأمین نیروی انسانی مناسب و کافی از ضروریات آن می‌باشد.

5. تشریح وظایف و مسئولیت‌ها

در تدوین برنامه لازم است، شرح وظایف افراد به طور دقیق و شفاف تعیین شده و به عنوان یک قانون کلی، هر فرد همان مسئولیتی را به عهده بگیرد که در زمان عادی مسئول انجام آن وظیفه بوده است.

6. تشریح ساختار مدیریت

در طراحی سامانه‌ی فرماندهی حادثه باید به برنامه و ساختار مدیریت بیمارستانی کشوری توجه کرد. الگوی برنامه‌ی ملی مدیریت سلامت، رویکرد مدیریت حوادث در بیمارستان‌ها نیز هست. برای ایجاد ساختار مدیریتی چابک، سبک و کارآمد لازم است سامانه‌ی فرماندهی حادثه براساس الگوی کشوری سامانه‌ی فرماندهی حوادث بیمارستانی تعریف و جایگاه هر فرد در این سامانه و شرح وظایف هر پست آن به طور کامل و جامع تعریف شود و افراد تحت آموزش‌های لازم برای ایفای نقش خود قرار گیرند. بدیهی است در شرایط عادی، مدیریت بیمارستان براساس ساختار ساری و جاری خود عمل می‌نماید و کمیته‌ی حوادث و بلایا به ریاست رئیس بیمارستان سامانه فرماندهی حادثه‌ی بیمارستانی را تدوین و آموزش آن را پیگیری می‌کند. به هرترتیب ایجاد یک سامانه‌ی فرماندهی حادثه اقدام مهمی است که از ارکان مدیریت حادثه می‌باشد. مهم‌ترین مفهوم مدیریتی که در ساختار مدیریتی باید مورد توجه قرار گیرد هماهنگی است.

هماهنگی به معنی تحلیل منظم و سیستماتیک منابع موجود و تأمین اطلاعات مرتبط برای اجزا و عناصر سازمان، افراد و سازمان‌های دیگر است. برای مثال جمع آوری اطلاعات در مورد میزان صدمات و جراحت‌ها، وضعیت مراکز ارائه دهنده

خدمات سلامتی، تعداد پرسنل آماده، منابع و انتقال این اطلاعات به سازمان‌ها و واحدهای مرتبط با سلامت، توسط مرکز هدایت عملیات هماهنگی صورت می‌گیرد.

در راستای هموارسازی عملیات سامانه‌ی فرماندهی حادثه‌ی بیمارستانی، استفاده از الگوی شناخته شده‌ی فرماندهی هوشمند می‌تواند ابزار توانمندی در اختیار مدیران و پرسنل بیمارستان قرار دهد تا با این روش به بهترین نحو تکالیف خود را عملیاتی کنند.

اجزای 5 گانه‌ی فرماندهی هوشمند

1. فرماندهی: این جزء از اجزای پنج گانه‌ی فرماندهی هوشمند، فردی را مسئول هدایت و راهبری کل عملیات قرار داده و با تفویض اختیار کامل، به او اجازه می‌دهد تصمیمات خود را که نتیجه‌ی تحلیل اوضاع و اطلاعات دریافتی است، به درستی اعمال نماید. تمامی بخش‌ها باید دستورات فرمانده را به خوبی اجرا و به او پاسخ گو باشند. هدایت افراد توسط فرمانده، به صورت عمودی اعمال می‌گردد و دستورات در تمامی رده‌های عملیاتی است.

2. کنترل: عبارت است از تحت نظر گرفتن و تأثیرگذاری بر کل فرایند عملیات و لازم است کلیه‌ی تحولات و متغیرها در زمان پاسخگویی مد نظر قرار گرفته و حتی درصورت لزوم برای متغیرهای پیش‌بینی نشده و تأثیرگذار بر روند عملیات، تصمیمات مناسب اتخاذ گردد.

کنترل، شامل متوقف کردن گسترش بحران است و این موضوع، اولین گام در کنترل بحران، قلمداد می‌شود. خلاصه‌ی کلام این که کنترل، یافتن علت‌های وقوع و مهار مشکلات است. سرعت عمل واژه اساسی در کنترل است. اگر فرماندهی نتواند کنترل

مناسبی بر حادثه اعمال نماید، ایجاد بحران‌های ثانویه‌ی ناشی از بحران اولیه قطعی می‌باشد، که در این صورت گاهی اوقات آثار زیان بار ثانویه می‌تواند از خود حادثه پیچیده‌تر و فراگیرتر ظاهر گردد.

3. ارتباطات: ارتباط مناسب مستلزم جریان مؤثر و دوسویه‌ی اطلاعات بین ستاد و صف می‌باشد. این ارتباط به صورت درون و برون سازمانی پایه ریزی می‌گردد. اسباب و ابزار این بحث مهم باید به صورت چندلایه‌ای طراحی شود تا در صورت اختلال در یک لایه، ارتباط در لایه‌های دیگر دچار مشکل نشود. ارتباط با رسانه‌های جمعی و اطلاع رسانی به مردم از وضعیت بحران، می‌تواند در کنترل دامنه‌ی بحران مؤثر بوده و از زایش بحران‌های ثانویه‌ی ناشی از بحران اولیه جلوگیری به عمل آورد.

4. رایانه: ایجاد شبکه‌ی رایانه‌ای مطمئن می‌تواند باعث ارتباطی سریع، کم هزینه و مستقیم بین لایه‌های مختلف عملیاتی و فرماندهی شده و استفاده از این فن آوری می‌تواند در دسته بندی داده‌ها، آنالیز و تحلیل داده‌ها و تولید اطلاعات بسیار مؤثر واقع شود.

5. هوش اطلاعاتی: رکن اساسی تصمیم‌گیری در بحران، تبدیل داده‌های رسیده به اطلاعاتی هوشمندانه است. این موضوع به حدی اهمیت دارد که مدیریت بحران را مدیریت اطلاعات دانسته‌اند. برای اتخاذ تصمیم صحیح باید اطلاعات و داده‌ها را از وضعیت‌های رخ داده و در حال جریان، همچنین از افکار عمومی و خواسته‌های مسئولین و تحلیل محیط پیرامون جمع آوری و جمع بندی نمود. برای ایجاد هوش اطلاعاتی باید چهار اصل را مد نظر قرار داد:

1. جهت دهی داده‌ها
2. جمع آوری داده‌ها

3. پردازش داده‌ها
4. توزیع اطلاعات بین مسئولین و پاسخگویان به حادثه و مردم

به طور خلاصه هوش اطلاعاتی، شناخت وضعیت و موقعیت برای یافتن بهترین راه حل مشکلات است.

نقش برنامه‌ریزی شهری در مقابله با بحران و کاهش آسیب‌پذیری

نخستین و مهمترین نقش شهرسازی و بویژه برنامه‌ریزی شهری در مقابله با بحران‌ها، افزایش ایمنی در سکونتگاه‌هاست. به عبارت دیگر، ایجاد یک محیط ایمن از اساسی‌ترین اهداف برنامه‌ریزی شهرها به شمار می‌رود. از سوی دیگر، نقش برنامه‌ریزی شهری در مدیریت بحران و پیشگیری از آثار آن را نمی‌توان نادیده گرفت که در ادامه شرح داده می‌شود.

ایمنی سکونتگاه‌ها و برنامه‌ریزی شهری

به طورکلی دو راه حل اساسی برای ایمنی مراکز زیستی در برابر خطرات زلزله وجود دارد.

راه حل نخست، پایداری نسبی عناصر و اجزای شهری در برابر خطرات زلزله است. با رعایت ضوابط و راهبردهای مربوط به عوامل مؤثر مکانی، کالبدی و عملکردی، می‌توان آسیب‌های فیزیکی را در هنگام وقوع زلزله به حداقل رساند تا بدین ترتیب آسیب‌های جانی، مالی و عملکردی ناشی از آسیب فیزیکی و به تبع آن آسیب‌های اجتماعی و اقتصادی به حداقل برسد. در این حالت، لزوم رعایت ضوابط و راهبردهای مربوط به بقیه مراحل توالی زمان وقوع زلزله به حداقل می‌رسد. بنابراین نقش برنامه‌ریزی شهری محدود خواهد بود و نقش اساسی را مهندسی و طراحی عناصر

کالبدی (ساختمان‌ها، سازه‌ها و...) و عناصر تأسیساتی و تجهیزاتی به عهده خواهند داشت.

راه حل دوم، پایداری نسبی شهر در برابر خطرات زلزله می‌باشد. با توجه به این که امکان کاهش آسیب‌های فیزیکی در هنگام وقوع زلزله در بسیاری از مناطق زلزله خیز به علت عدم وجود دانش‌ها، مهارت‌ها و بودجه کافی وجود ندارد، می‌توان با رعایت نسبی مجموعه ضوابط و راهبردهای مراحل توالی زمانی وقوع زلزله سبب کاهش نسبی بروز آسیب‌های فیزیکی و کاهش آسیب‌های ترکیبی ناشی از آسیب‌های فیزیکی اولیه گردید و همچنین با افزایش امکانات گریز و پناه و افزایش کارآیی و سرعت عملیات امداد و نجات، استقرار موقت، بهبودی و بازسازی سبب کاهش آسیب‌های اجتماعی و اقتصادی گردید. در این حالت نقش برنامه‌ریزی شهری از اهمیت بسیاری برخوردار است (Jadali, 1995: 1605).

آنچه تاکنون با عنوان ایمنی در نظر گرفته شده است، کمتر به راه حل دوم (پایداری نسبی شهر در برابر خطرات زلزله) پرداخته است و در حقیقت، بخش عمده تلاش‌های علمی در زمینه کاهش خطرات زلزله، در حیطه مهندسی عمران بوده است، در حالی که هنگامی می‌توان شهرها و سکونتگاه‌های انسانی را در برابر زلزله مقاوم نمود که ایمن‌سازی محیط‌های کالبدی در برابر خطرات زلزله به عنوان یک هدف اساسی در تمامی‌سطوح برنامه‌ریزی کالبدی از سطح خرد (معماری) تا سطح کلان (برنامه‌ریزی کالبدی ملی) واردگردد. اما میان این سطوح گوناگون، کارآمدترین سطح برای کاستن از میزان آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله، سطح میانی و یا همان شهرسازی است (Ahmadi, 1997:62-64).

مدیریت بحران و نقش برنامه‌ریزی شهری

استقرار بسیاری از سکونتگاه‌های انسانی بر سرزمین‌هایی که در معرض وقوع سوانح طبیعی قرار دارند، به ویژه در کشور ایران، توجه به سیاست‌ها و برنامه‌های کاهش آسیب و مدیریت بحران، به عنوان اجزای لاینفک، برنامه‌ریزی شهری را اجتناب ناپذیر می‌کند. اما مدیریت بحران نباید تنها یک اقدام تشکیلاتی عملیاتی محسوب شود بلکه باید به تأثیر طراحی و ساماندهی کالبدی و عملکردی سکونتگاه‌ها در کم و کیف آن توجه داشت (Hamidi, 1995: 1653).

مهم‌ترین و تأثیرگذارترین نقش برنامه‌ریزی شهری را می‌توان در مقطع پیش از بحران دانست تا با اقدامات پیشگیرانه از اثرات بحران در هنگام وقوع کاسته و انجام سایر مراحل مدیریت بحران را تسهیل نماید. مراحل بحران به شرح ذیل است:

- مرحله وقوع زلزله: مقیاس زمانی آن در حد ثانیه تا حداکثر دقیقه می‌باشد.
- مرحله گریز و پناه: در ساعات اولیه پس از سانحه و وقوع حوادث ثانویه بعد از آن.
- مرحله نجات و امداد: از ساعات اولیه شروع و تا هفته‌ها ادامه می‌یابد.
- مرحله اسکان موقت: از روزهای نخست تا ماه‌ها به طول می‌انجامد.
- مرحله پاکسازی و بازسازی: از همان روزهای نخست برای پاکسازی شروع و حتی تا حد سال هم برای عملیات بازسازی ادامه می‌یابد.

آسیب‌پذیری شهرها در برابر سیل

امروزه افزایش جمعیت، گسترش تأسیسات صنعتی، کمبود مکان برای ساخت و ساز خصوصاً در کلان شهرها، باعث شده تا تغییرات شدیدی در مرفولوژی حوضه‌های آبریز ایجاد شود همچنین تسطیح زمین، تجاوز به حریم رودخانه‌ها و مسیل‌ها، باعث

تغییر الگوی زهکشی طبیعی و جاری شدن جریان در سطح شهر می‌شود (سپهر و کاویان، 126:1393). این مسئله منجر به تشدید خطر سیل خیزی و آبگرفتگی معابر و افزایش هزینه‌های نگهداری شهر شده و خسارات احتمالی جانی و مالی را افزایش داده است. بر اساس مطالعات انجام شده، گسترش شهرها در حوضه آبریز، سبب افزایش سطوح نفوذ ناپذیر، افزایش حجم رواناب و سیلاب، کاهش زمان تمرکز، افزایش دبی حداکثر لحظه‌ای و تغییر کیفیت سیلاب می‌گردد (حسین زاده و جهادی طرقی، 145:1386).

سیلاب از مخرب‌ترین خطرهای طبیعی است که جبران آثار آن به خصوص در مناطقی که مظاهر توسعه انسانی در آنجا به چشم می‌خورد (مانند شهرها) هزینه‌های زیادی را تحمیل می‌کند. توسعه شهرنشینی، به ویژه در حاشیه رودخانه‌ها، بر خسارات سیل در دهه‌های اخیر افزوده است (قهرودی تالی، 2:1391).

آگاهی از میزان خطرپذیری مناطق مختلف شهر و توجه موضوع مدیریت سیلاب‌های شهری به منزله یکی از محورهای مهم در پرداختن به مسائل شهری با تأکید بر حفظ محیط زیست شهری حائز اهمیت و توجه است (صادقلو و سجاسی قیداری، 1393: 128-105).

سیلاب ازجمله بلایای طبیعی شناخته شده ایست که بر اساس گزارش پایگاه داده بین المللی مخاطرات در زمینه بلایای طبیعی، در کنار زلزله و خشکسالی بالاترین رتبه را از لحاظ خسارات مالی و جانی به همراه دارد (پایگاه داده بین المللی مخاطرات، 2016). حداقل یک سوم از همه ضرر و زیان ناشی از، نیروهای طبیعی را

می‌توان به جاری شدن سیل نسبت داد (لاستر:1999؛هانسون و همکاران، 2008: 480-465، رشید 2011: 45-35).

با رشد سریع شهرسازی و ایجاد و توسعه زیرساخت‌ها، سیلاب در نواحی شهری بیشتر و شدیدتر شده است (بهاتاچاریا، 2010)، لذا با توجه به گسترش شهرنشینی و تغییرات آب و هوایی، ساخت یک سیستم کنترل سیل مؤثر و مکانیسم زهکشی کارآمد در شهرها را ضروری می‌کند (چانگ و همکاران، 2008: 34-24).

ناپایداری ناشی از سیلاب متغیر و پیچیده بوده و تولید سیلاب در یک حوضه آبخیز به عواملی متعددی همچون ویژگی‌های حوضه آبخیز، میزان بار، نفوذ، و به شرایط پیشین بستگی دارد (سینگ، 1996: 8). ازآنجا که جمع آوری و دفع رواناب‌های ناشی از بارندگی در مسیل رودخانه درواقع نوعی اقدامات ایمنی، بهداشتی و رفاهی تلقی می‌شود (قنواتی و همکاران، 1391، 121).

اولین گام در جهت کاهش آثار زیانبار سیل، شناخت مناطق سیل‌گیر و پهنه بندی این مناطق از لحاظ میزان خطر سیل گیری است تا بتوان بر اساس نتایج به دست آمده با مدیریت یکپارچه و برنامه‌ریزی شهری جامع مانع از آثار زیان‌بار سیلاب‌های شهری تا حد ممکن شد (احمد زاده، 1394: 23-1).

نقشه پهنه بندی خطر سیلاب می‌تواند به منزله ابزاری مؤثر در برنامه‌ریزی مسیر توسعه آینده شهر، همچنین برای شناخت نواحی که توسعه زیرساخت‌های تخلیه و زهکشی سیلاب در آنجا مورد نیاز است استفاده شود (بوچله و همکاران، 503: 2006-485).

مدل‌های چند متغیره جهت انجام پهنه‌بندی آسیب‌پذیری وجود دارد که از جمله این مدل‌ها، توابع مربوط به مجموعه‌های فازی و یا شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌باشند. در این مجموعه‌های غیر قطعی حضور عوامل به صورت عضویت در بازه صفر تا 1 یا ضریب اهمیت بر اساس فراوانی رخدادها محاسبه می‌شود (زو، 2001: 57-77 و فاین، 1999).

روش‌های مقاوم‌سازی در برابر سیل

فونداسیون

فونداسیون مانع از این می‌شود که بنا در زمین فرو برود. این مساله یکی از علل تخریب ساختمان است و درباره سیل اهمیت مضاعفی پیدا می‌کند. چون سیل باعث سستی زمین می‌شود و احتمال فرو رفتن در زمین را بیشتر می‌کند. بنابراین فونداسیون باید محکم ساخته شود.

شکل و میزان استحکام یک ساختمان را نوع ساختمان و نیرویی که به خاک وارد می‌کند، مشخص می‌کند. پی ریزی انواع مختلفی دارد. در مقاوم‌سازی ساختمان در برابر سیل و در مقاوم‌سازی سازه طراحی پی منفذ دار روش خوبی برای استحکام بخشیدن به بنا است.

وقتی فونداسیون ساختمان منفذدار است، با جاری شدن سیل، آب از زیر ساختمان می‌گذرد و صدمه‌ای به ساختمان نمی‌رسد. در یک روش دیگر می‌توان ساختمان را روی پایه‌هایی ساخت که دیوار جداشدنی دارند. هنگام وقوع سیل، این دیوارها جدا می‌شوند و آسیبی به ساختمان نمی‌خورد.

شیشه‌های ساختمان

یکی از علل تخریب ساختمان که خطرناک نیز هست، خرد شدن و پراکندگی خرده شیشه‌هاست. در حوادث طبیعی اعم از سیل و زلزله و توفان، شیشه‌ها هم آسیب‌پذیر و خطرساز هستند. تحت فشاری که به ساختمان وارد می‌شود یا در اثر برخورد سریع اشیا با شیشه‌ها احتمال شکستن و متلاشی شدنشان بالا می‌رود.

استفاده از ورقه‌های شیشه‌ای که با پلیمر روکش شده‌اند، شیشه را مقاوم می‌کند و مانع از خرد شدن و آسیب رسانی آن می‌شود. استفاده از پلیمر برای روکش شیشه در مقاوم‌سازی ساختمان در برابر سیل پدیده نوظهوری نیست و کارکردهای متفاوتی دارد.

ضد آب کردن کف ساختمان

یکی از مهم‌ترین اقدامات در مقاوم‌سازی ساختمان در برابر سیل، ضدآب کردن کف ساختمان است. امروزه با استفاده از مواد نانویی هم این کار را انجام می‌دهند و حتی فضاهای خالی و آبراه‌ها را هم ضد آب می‌کنند.

ضد آب و ضد رطوبت کردن قسمت‌های مختلف خانه به مقاومت آن در برابر سیل کمک فراوانی می‌کند.

استفاده از قطعات ضد سیل

قطعات ضد سیل قطعاتی هستند که در ساخت و ساز استاندارد بسیار بکار می‌روند و می‌توان با وصل کردن آن‌ها به هم و قرار دادن آن در محل مناسبی از ساختمان‌های مسکونی و تجاری، از خرابی سیل در امان ماند. فوم به کار رفته در کف این قطعات، آب را در خود نگه می‌دارد و از نشت آن جلوگیری می‌کند.

با توجه به سادگی و وزن پایین این سیستم، استفاده از آن نیازی به آموزش‌های ویژه ندارد. مقرون به صرفه بودن و کیفیت بالای قطعات ضد سیل در مقایسه با کیسه‌های شنی آن‌ها را به راهکار مؤثرتری تبدیل کرده است.

آسیب‌پذیری در مقابل صاعقه

صاعقه یک پدیده طبیعی جوی است و روشی که قادر باشد از تخلیه صاعقه جلوگیری کند وجود ندارد. برخورد مستقیم و غیر مستقیم صاعقه به ساختمان‌ها و انتقال جریان آن از طریق خطوط خدماتی ورودی به آنها می‌تواند برای انسان‌ها، ساختمان‌ها و محتویات با ارزش آنها، آسیب زننده و خطرناک باشد. پس بکارگیری تمهیدات لازم برای حفاظت در مقابل صاعقه ضروری است.

عوامل زیر نوع و شدت آسیب‌پذیری ساختمان در اثر صاعقه را مشخص می‌کنند:

1. بدنه و سازه ساختمان (چوب، آجر، بتن مسلح، اسکلت فلزی)
2. کاربری ساختمان (مسکونی، بیمارستان، سایت صنعتی، مدرسه ، مزرعه و...)
3. ساکنین و محتویات ساختمان (انسان، دام، مواد قابل اشتعال و انفجار، تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی حساس و ...)
4. خطوط خدماتی ورودی (خطوط مخابرات، تاسیسات لوله کشی و...)
5. تمهیدات موجود و یا فراهم شده حفاظتی (تمهیدات لازم برای کاهش صدمات فیزیکی و آسیب به تجهیزات)
6. میزان گستردگی خطرات (امکان تخلیه ساختمان، خطرات پیرامونی و زیست محیطی)

منابع و انواع صدمات به یک سازه:

بنا به نوع و محل تخلیه جریان الکتریکی صاعقه، وضعیت‌های زیر موجب بروز صدمات به یک سازه خواهد شد:

1. ضربه مستقیم به ساختمان.
2. ضربه در محدوده مجاور ساختمان.
3. ضربه مستقیم به خطوط خدماتی ورودی.
4. ضربه در مجاورت خطوط خدماتی ورودی.

برخورد صاعقه به ساختمان به علت انرژی ایجاد شده در هادی‌های مسیر عبور جریان و یا نقطه تخلیه بار الکتریکی می‌تواند منجر به آسیب مکانیکی، حریق و انفجار در اثر حرارت ایجاد شده در نقطه جرقه شود.

کوپلاژ اهمی و سلفی برروی هادی‌ها موجب بروز اختلاف پتانسیل شدید شده و بخشی از جریان صاعقه را به تاسیسات منتقل می‌کند. در این حالت صدمات ناشی از پتانسیل‌ها جان انسان‌ها را به خطر می‌اندازد.

برخورد صاعقه به خطوط خدماتی ورودی ساختمان‌ها می‌تواند موجب هدایت جریان صاعقه به داخل ساختمان و بروز جرقه و اضافه ولتاژهای ناگهانی شود. این جرقه‌ها ممکن است منجر به صدمات و آسیب‌های فیزیکی، آتش‌سوزی و انفجار گردد. این جریان‌های شوک که بر روی هادی‌ها موجب اختلاف پتانسیل خطرناک می‌شوند، از دلایل آسیب به انسان‌ها در اثر تماس با ولتاژ غیر مجاز خواهد بود. خرابی تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی از نتایج انتقال جریان به داخل سازه می‌باشد.

انواع صاعقه:

1. صاعقه پایین رونده (Downward lightning) که پیکان حمله از طرف ابر به سوی زمین شروع می‌شود. این صاعقه معمولاً در دشت‌ها تخلیه می‌شود.
2. صاعقه بالا رونده (Upward lightning) که پیکان حمله از سوی سازه‌ها و تاسیسات روی زمین به طرف ابر آغاز می‌گردد. دکل‌های برق و مخابراتی، ساختمان‌های مرتفع، سازه‌های احداث شده بر روی تپه‌ها، این گونه صاعقه‌ها را شکل می‌دهند.

یک صاعقه از یک یا چند بار تخلیه تشکیل شده است:

1. ضربه کوتاه (Short Stroke) و اصلی که کمتر از 2 ms به درازا می‌کشد.
2. ضربه بلند (Long Stroke) که بیش از 2 ms به درازا می‌کشد.

از آنجایی که بار الکتریکی زمین صفر (خنثی) فرض می‌شود. در صورتی می‌توان صاعقه را مثبت نامید که بار مثبت ابر با زمین خنثی شود و در صورتی می‌توان صاعقه را منفی نامید که بار منفی ابر با زمین خنثی شود. عموماً صاعقه‌های منفی دارای چند ضربه پی در پی (Multiple Stroke) می‌باشند.

سیستم حفاظت در برابر صاعقه:

عبارت است از سیستم حفاظتی کامل، بطوریکه صدمات ناشی از برخورد مستقیم صاعقه را به یک ساختمان کاهش داده و انسان‌ها و تجهیزات داخلی را نیز محافظت نماید. این سیستم شامل حفاظت بیرونی و داخلی می‌باشد.

سیستم حفاظت بیرونی:

بخشی از سیستم حفاظتی است که مشتمل بر پایانه‌های هوایی، هادی‌های پایین برنده جریان و پایانه زمین می‌باشد.

سیستم حفاظت داخلی:

بخشی از سیستم حفاظتی است که شامل پتانسیل‌سازی هادی‌های الکتریکی با تأمین فواصل ایمنی در سازه مورد حفاظت می‌باشد.

همانطور که در بالا گفته شد صاعقه به چند طریق ضربه وارد می‌کند، ضربه مستقیم به رعدگیر و یا بدنه ساختمان و ضربه جانبی که به صورت‌های زیر است:

1. ایجاد میدان الکترومغناطیسی در اطراف محل ضربه و سوار شدن بخشی از آن برروی شیلد و وارد شدن به تجهیزات و آسیب نهایی.
2. تخلیه در چاه ارت مربوطه و برقدار نمودن زمین اطراف و تحت تأثیر قرار دادن زمین‌های (چاه‌های) اطراف.
3. برخورد صاعقه به خط انتقال.

در مورد حفاظت بند اول قطعاً نیاز به چاه ارت می‌باشد و سیستم ارت الکترونیکی کاربردی در این حیطه ندارد.

در مورد بند دوم اگر بخشی از صاعقه از طریق شیلد وارد سیستم شود، با توجه به اتصال مستقیم ارت الکترونیکی به بدنه، تجهیزات و شیلد مربوطه هجوم را به سمت خود کشیده و تخلیه می‌نماید. اگر زمین اطراف برقدار شود که با توجه به اینکه بدنه تجهیزات به طور مستقیم به چاه ارت زمین متصل نیست و به ارت الکترونیکی متصل است در نتیجه مشکلی برروی بدنه تجهیز حادث نخواهد شد.

در مورد بند سوم، با توجه به اینکه ارت الکترونیکی خود مصرف کننده اول است (به صورت سری با مصرف کننده قرار می‌گیرد) از دو طریق قطع و وصل ناگهانی و استفاده از ارستر از آن حفاظت می‌شود.

آسیب‌های ناشی از روانگرایی

فرآیند روانگرایی

روانگرایی پروسه‌ای است که رسوبات در زیر سطح آب به طور موقت مقاومت خود را از دست می‌دهند و به صورت یک مایع ویسکوز به جای ماده جامد رفتار می‌کند. حساس‌ترین نوع رسوبات، رسوبات ماسه و لای بدون رس و گاهی اوقات ماسه‌های روان هستند. عواملی که در خاک موجب روانگرایی می‌شود، عبارت‌اند از: امواج لرزه‌ای و امواج برشی اولیه که با عبور از لایه‌های دانه‌های اشباع شده، سبب تغییر شکل و ساختار دانه بندی و حرکت و جا به جایی سنگ دانه‌های شل می‌شوند. اگر زهکشی انجام نشود، سقوط ذرات سبب افزایش فشار آب منفذی بین دانه‌ها خواهد شد و اگر فشار آب منفذی تا حدود وزن خاک پوشاننده افزایش یابد، لایه دارای سنگ دانه به طور موقت رفتاری مانند یک مایع ویسکوز خواهد داشت. در چنین شرایطی می‌توان گفت روانگرایی رخ داده است.

در شرایط پس از روانگرایی که خاک مقاومت برشی کمی دارد، امکان تغییر شکل گسترده به نحوی که سبب وارد شدن خسارت به سازه‌ها شود، وجود خواهد داشت. شرایطی که درآن خاک روانگرا شود در درجه اول به سستی خاک، مقدار سیمان و یا خاک رس بین ذرات و مقدار محدودیت زهکشی بستگی دارد. مقدار تغییر شکل خاک ناشی از روانگرایی به سستی مصالح، عمق، ضخامت و وسعت مساحت لایه

روانگرا شده، شیب زمین و توزیع بارهای اعمال شده توسط ساختمان‌ها و سازه‌های دیگر بستگی دارد.

روانگرایی به طور تصادفی رخ نمی‌دهد، اما به محیط‌هایی که به لحاظ زمین شناسی و هیدرولوژیکی دارای لایه‌های تازه تشکیل شده از ماسه و لای هستند (در مناطقی که سطح سفره آب بالا است) محدود می‌شود. به طور کلی، هر چه رسوب تازه‌تر و شل‌تر و سطح آب بالاتر باشد، خاک به روانگرایی بیشتر حساس است. رسوبات حساس‌تر به روانگرایی شامل هولوسن (کمتر از 10000 ساله) در دلتاها، رسوبات بستر رودخانه، رسوبات دشت‌های سیلابی و رسوبات ناشی از وزش باد و مواد پر کننده با فشردگی ضعیف می‌باشد. وقوع روانگرایی در مناطقی که سطح سفره آب زیر زمینی کمتر از 10 متر زیر سطح زمین باشد، بیشترین احتمال را دارد. چند نمونه از پدیده روانگرایی در مناطقی با سطح سفره بیشتر از 20 متر نیز مشاهده شده است. خاک متراکم یعنی خاکی که به خوبی فشرده شده باشد، حساسیت کمی به روانگرایی دارد.

اثر روانگرایی بر محیط زیست ساخته دست بشر

پدیده روانگرایی به خودی خود ممکن است مخرب و خطرناک نباشد. تنها زمانی که روانگرایی به نوعی از جابجایی زمین یا شکست زمین منجر شود، اثرات مخرب آن بر محیط زیست مشاهده خواهد شد. به لحاظ مهندسی وقوع روانگرایی از اهمیت بسزایی برخوردار نیست، اما شدت آن و یا قابلیت‌های آن برای آسیب از اهمیت زیادی برخوردار است. عوارض جانبی روانگرایی می‌تواند اشکال مختلفی داشته باشد. این اشکال عبارت است از: شکست در زمین (جابجایی خاک)، گسترش جانبی؛

نوسان زمین، از دست دادن قدرت باربری؛ نشست؛ و افزایش فشار جانبی بر روی دیوارهای حائل.

شکست در زمین

شکست در زمین فاجعه بارترین عواقب ناشی از روانگرایی است. این شکست معمولاً توده‌های بزرگ از خاک را به صورت جانبی ده‌ها متر جابجا می‌کند و در چند مورد، توده‌های بزرگی از خاک را ده‌ها کیلومتر به سمت پایین شیب با سرعتی تا ده‌ها کیلومتر در ساعت جابجا می‌کند. این جریان ممکن است از خاک کاملاً روانگرا شده و یا توده‌های سالم بر روی لایه‌ای از خاک روانگرا شده تشکیل شده باشد. روانی در ماسه شل اشباع و یا لای در دامنه‌ای با شیب نسبتاً تند، معمولاً بیشتر از 3 درجه گسترش می‌یابد.

گسترش جانبی

گسترش جانبی شامل جابجایی جانبی توده‌های سنگی بزرگ خاک در نتیجه وقوع روانگرایی در یک لایه زیر سطحی می‌شود. جابجایی در نتیجه ترکیبی از نیروهای گرانشی و نیروهای اینرسی تولید شده توسط زمین لرزه رخ می‌دهد. گسترش جانبی به طور کلی در شیب ملایم (اغلب کمتر از 3 درجه) ایجاد می‌شود و به سمت یک وجه آزاد مانند یک کانال رودخانه کنده شده حرکت می‌کند. جابجایی افقی معمولاً به چندین متر می‌رسد. زمین جابجا شده معمولاً به صورت داخلی می‌شکند و موجب شکاف، فرا زمین و فرو زمین بر روی سطح شکسته می‌شود. گسترش جانبی معمولاً موجب مشکل در فونداسیون ساختمان‌های ساخته شده بر روی و یا در عرض شکست، قطع خطوط لوله و تأسیسات دیگر در توده شکست و فشرده‌سازی و یا کمانش سازه‌های مهندسی، از قبیل پل ساخته شده بر روی پنجه شکست می‌شود.

نوسان زمین

در جایی که زمین مسطح و یا شیب برای ایجاد جابجایی جانبی خیلی ملایم باشد، روانگرایی در عمق ممکن است لایه‌های خاک پوشاننده را از لایه‌های زیرین جدا کند که همین امر موجب نوسان لایه خاک بالایی به جلو، عقب، بالا و پایین همگام با امواج زمین می‌شود. این نوسانات معمولاً با باز و بسته شدن شکاف و شکستگی سازه‌های صلب، مانند آسفالت و خطوط لوله همراه است.

از دست دادن مقاومت تکیه گاهی (باربری)

وقتی خاک که تکیه گاه یک ساختمان یا سازه است روانگرا می‌شود و مقاومت خود را از دست می‌دهد، احتمال تغییر شکل بزرگ در داخل خاک وجود دارد که به موجب

آن سازه یا کج و یا دچار نشست می‌شود. در مقابل، مخازن و شمع‌های در خاک دفن شده ممکن است از خاک روانگرا شده بیرون بیایند. به عنوان مثال، بسیاری از ساختمان‌ها در طول زلزله 1964 نیگاتا، ژاپن دچار نشست و کج شدگی شدند. بزرگ‌ترین شکست از این نوع در طول این رویداد در مجتمع آپارتمانی Kawangishicho رخ داد که در آن چندین ساختمان چهار طبقه تا 60 درجه کج شدند. ظاهراً، روانگرایی ابتدا در یک لایه ماسه چندین متر در زیر سطح زمین ایجاد شده و سپس به سمت بالا از طریق لایه‌های ماسه بالایی گسترش یافته است. موج رو به افزایش روانگرایی، خاک زیر ساختمان‌ها را ضعیف کرده و موجب شده که سازه‌ها به آرامی‌نشست کنند و کج شوند.

نشست

در بسیاری از موارد، وزن سازه برای ایجاد نشست بزرگ در ارتباط با شکست ظرفیت باربری خاک که در بالا توضیح داده شد، به اندازه کافی بزرگ نخواهد بود. با این حال، نشست کوچک‌تر ممکن است به علت فشار آب حفره‌ای خاک پراکنده شود. این نشست‌ها ممکن است مخرب باشند. فوران جوشش ماسه از نشانه‌های رایج روانگرایی است که همچنین می‌تواند به نشست تفاضلی موضعی منجر شود.

افزایش فشار جانبی بر روی دیوارهای حائل

اگر خاک پشت یک دیوار حائل روانگرا شود، فشار جانبی بر روی دیوار تا حد زیادی ممکن است افزایش یابد. در نتیجه، دیوارهای حائل ممکن است به صورت جانبی جابجا، کج و یا از نظر سازه‌ای دچار شکست شوند.

آیا روانگرایی را می‌توان پیش‌بینی کرد؟

اگر چه شناسایی مناطقی که پتانسیل روانگرایی دارند امکان پذیر است اما وقوع آن مانند وقوع زلزله قابل پیش‌بینی نیست (با زمان، مکان و درجه اطمینان اختصاص داده شده به آن).

نقشه پتانسیل روانگرایی در مقیاس منطقه‌ای تا حد زیادی دانش ما را در مورد این خطر تقویت کرده است. این نقشه‌ها در حال حاضر برای بسیاری از مناطق ایالات متحده و ژاپن و مناطق مختلف دیگر در جهان وجود دارد. نقشه پتانسیل روانگرایی به طور کلی با ترکیب نقشه حساسیت به روانگرایی با یک نقشه امکان روانگرایی به وجود آمده است. حساسیت به روانگرایی اشاره به ظرفیت خاک برای مقاومت در برابر روانگرایی دارد که عوامل اصلی کنترل حساسیت آن، نوع خاک، تراکم و عمق آب است. امکان روانگرایی تابعی از شدت لرزش زمین و یا نیروی وارد شده بر روی خاک است. فراوانی وقوع زلزله و شدت زمین لرزه از عوامل مؤثر در وقوع روانگرایی است.

گزینه‌های کاهش خطر چیست؟

راه‌های گوناگونی برای کاهش خطر روانگرایی احتمالی وجود دارد:

1. تقویت سازه‌ها برای مقاومت در برابر حرکات پیش‌بینی شده زمین.
2. انتخاب نوع و عمق مناسب فونداسیون (از جمله اصلاحات فونداسیون در موارد ساختمان‌های موجود)، به طوری که حرکات زمین اثر نامطلوبی بر سازه نگذارد (به عنوان مثال، پی گسترده برای افزایش صلبیت فونداسیون؛ شمع و یا ستون عمیق که در زیر یک منطقه از خاک روانگرا گسترش یافته است).

3. تثبیت خاک برای حذف پتانسیل روانگرایی یا برای کنترل اثرات آن (به عنوان مثال، حذف و جایگزینی خاک روانگرا؛ تثبیت سازی در محل توسط تزریق دوغاب، متراکم و یا آبگیری کردن؛ تقویت مناطق گسترش جانبی).

چگونه گزینه‌های کاهش انتخاب می‌شوند؟

انتخاب گزینه‌های کاهش به شدت به ویژگی‌های خاص سایت بستگی دارد. در صورتی که خطر حرکت جانبی قابل توجهی وجود نداشته باشد، کاهش برای یک ساختمان جدید تا حد زیادی به پیدا کردن مقرون به صرفه‌ترین راه حل برای فراهم کردن تکیه گاه عمودی و کنترل نشست بستگی دارد. برای ساختمان‌های موجود، به دلیل وجود سازه، راه کاهش احتمال وقوع به طور کلی سخت‌تر و گران قیمت‌تر است. تکنیک‌هایی که خاک را متراکم می‌کند برای یک ساختمان موجود ممنوع است چرا که موجب نشست سازه می‌شوند.