بنام خدا

حفاظت و تداوم «شریان‌های حیاتی» (Critical Infrastructure)

در زمان انفجارات جنگی، ستون فقرات پایداری جامعه و کلید موفقیت عملیات جستجو و نجات (USAR) است. در ادبیات مدیریت بحران، این شبکه به‌مثابه «سیستم گردش خون» شهر عمل می‌کند که قطع آن منجر به «مرگ عملکردهای شهری» و افزایش تلفات انسانی می‌شود.

شهریار مزیدآبادی- مدرس امداد و نجات

تحلیل تخصصی تداوم این شریان‌ها، ملاحظات ایمنی و پروتکل‌های راه‌اندازی مجدد – درس سی و هفتم

۱. شبکه برق و انرژی (نیروی محرک نجات)

ارزش حیاتی: برق برای بیمارستان‌ها، پمپ‌های آب، روشنایی معابر جهت امنیت، و شارژ تجهیزات نجات حیاتی است.

- **اقدامات ایمنی در زمان انفجار:**
  - جداسازی هوشمند: بلافاصله پس از انفجار، بخش آسیب‌دیده باید از شبکه سراسری جدا (Isolate) شود تا از نشت جریان به آوار (که باعث برق‌گرفتگی نجاتگران و مصدومین می‌شود) جلوگیری گردد.
  - پایش قوس الکتریکی: شناسایی کابل‌های فشار قوی قطع‌شده که ممکن است باعث آتش‌سوزی ثانویه شوند.
- **پروتکل راه‌اندازی و تداوم:**
  - استفاده از ریزشبکه‌ها (Micro-grids): جداسازی منطقه بحران و تغذیه آن توسط ژنراتورهای صنعتی یا نیروگاه‌های خورشیدی محلی.
  - اولویت‌بندی بار (Load Shedding): قطع برق مناطق غیرمسکونی و هدایت تمام توان به مراکز درمانی و ایستگاه‌های پمپاژ.

۲. جریان آب آشامیدنی و آتش‌نشانی (نبض بقا)

ارزش حیاتی: علاوه بر شرب، برای اطفای حریق‌های ناشی از انفجار و جلوگیری از شیوع بیماری‌های عفونی در پناهگاه‌ها ضروری است.

- **اقدامات ایمنی در زمان انفجار:**
  - کنترل آلودگی: انفجار ممکن است باعث شکستگی همزمان لوله‌های آب و فاضلاب شود. ریسک نفوذ فاضلاب به شبکه آب شرب بسیار بالاست.

- ایمنی سازه‌ای: نشت شدید آب زیر آوار می‌تواند باعث سست شدن خاک و ریزش ثانویه ساختمان‌های نیمه‌تخریب‌شده شود.

- **پروتکل راه‌اندازی و تداوم:**

- بای‌پاس (Bypass) اضطراری: استفاده از لوله‌های پلیمری منعطف روی سطحی برای دور زدن نقاط شکستگی در اعماق زمین.

- توزیع نقطه‌ای: راه‌اندازی دستگاه‌های تصفیه آب سیار (RO) در نقاط امن و توزیع تانکری.

۳. شبکه گاز شهری (تهدید بالقوه و انرژی ناگزیر)

ارزش حیاتی: گاز در فاز اول بحران بیش از آنکه فرصت باشد، یک «بمب پنهان» است. تداوم آن تنها برای مراکز صنعتی خاص یا پخت‌وپز جمعی در کمپ‌ها اهمیت دارد.

- **اقدامات ایمنی در زمان انفجار:**

- قطع خودکار: فعال‌سازی شیرهای حساس به زلزله و انفجار در ورودی محلات.

- تخلیه خطوط (Purging): تخلیه گاز باقی‌مانده در لوله‌های منطقه آسیب‌دیده برای جلوگیری از انفجارات زنجیره‌ای.

- **پروتکل راه‌اندازی و تداوم:**

- تست نشت نانومتری: قبل از وصل مجدد، کل شبکه باید با نیتروژن یا هوای فشرده تست شود.

- جایگزینی با LPG: در شرایط جنگی، اولویت با قطع گاز شهری و استفاده از کپسول‌های گاز مایع در نقاط کنترل‌شده است.

۴. مخابرات و فناوری اطلاعات (سیستم عصبی فرماندهی)

ارزش حیاتی: بدون مخابرات، هماهنگی بین تیم‌های نجات (Inter-agency Coordination) غیرممکن و هراس عمومی (Panic) چندبرابر می‌شود.

- **اقدامات ایمنی در زمان انفجار:**

- حفاظت در برابر EMP: در انفجارات بزرگ، محافظت از تجهیزات حساس در برابر پالس‌های الکترومغناطیسی.

- پایداری دکل‌ها: اطمینان از مهاربندی دکل‌های مخابراتی در برابر موج انفجار.

- **پروتکل راه‌اندازی و تداوم:**

- شبکه‌های مش (Mesh Networks): ایجاد شبکه‌های رادیویی محلی که به زیرساخت مرکزی وابسته نیستند.
- اینترنت ماهواره‌ای و COW: استقرار دکل‌های سیار (Cell on Wheels) و ترمینال‌های ماهواره‌ای برای برقراری ارتباط پایدار فرماندهی.

۵. شریان حمل‌ونقل و دسترسی (مسیرهای حیاتی)

ارزش حیاتی: تخلیه مصدومین و ورود تجهیزات سنگین (مانند جرثقیل‌ها) به این شریان وابسته است.

- **اقدامات ایمنی در زمان انفجار:**
  - پاکسازی UXO: جاده‌ها باید قبل از تردد سنگین توسط تیم‌های EOD از نظر مهمات عمل‌نکرده چک شوند.
  - بررسی پل‌ها: اطمینان از سلامت ستون پل‌ها پس از لرزه‌های ناشی از انفجار.
- **پروتکل راه‌اندازی و تداوم:**
  - ایجاد «کریدور سبز»: اختصاص مسیرهای خاص صرفاً برای خودروهای امدادی و نظامی.
  - استفاده از پل‌های خرپایی پیش‌ساخته: برای جایگزینی سریع پل‌های تخریب‌شده.

جدول خلاصه اقدامات شریان‌های حیاتی

شریان حیاتی	اولویت در فاز انفجار	ابزار کلیدی راه‌اندازی	ریسک اصلی
برق	قطع سریع منطقه آوار	دیزل ژنراتور سیار / ریزشبکه	برق‌گرفتگی نجاتگران
آب	اطفای حریق و شرب	لوله‌های منعطف سطحی (Bypass)	آلودگی با فاضلاب / ریزش آوار
گاز	قطع سراسری منطقه	نشت‌یاب‌های لیزری	انفجار ثانویه و آتش‌سوزی
مخابرات	هماهنگی فرماندهی	رادیوهای ترانک / لینک ماهواره‌ای	قطع زنجیره فرماندهی
راه	بازگشایی مسیر امداد	ماشین‌آلات مهندسی سنگین	تله‌های انفجاری (UXO)

در عملیات انفجارات جنگی، هدف SOP ادامه کار شریان‌های حیاتی است بشرط این که سه اصل همزمان حفظ شود:

۱) ایمنی نجاتگران و مردم

۲) جلوگیری از خسارت ثانویه

۳) بازگرداندن حداقل عملکرد حیاتی شهر

SOP عملیاتی شریان‌های حیاتی در انفجارات جنگی

---

۱. SOP شبکه برق شهری

مرحله ۱ — ارزیابی اولیه خطر

۱. تعیین محدوده انفجار و نقشه شبکه برق منطقه

۲. شناسایی خطوط فشار قوی سقوط‌کرده

۳. بررسی احتمال آتش‌سوزی یا قوس الکتریکی

۴. هماهنگی با فرمانده عملیات (ICS)

مرحله ۲ — ایمن‌سازی منطقه

۱. قطع فوری برق در پست توزیع منطقه

۲. ایزوله کردن فیدرهای آسیب‌دیده

۳. نصب علائم هشدار خطر برق

۴. ایجاد محدوده ایمن برای تیم‌های USAR

مرحله ۳ — پایش فنی

۱. تست ولتاژ با دستگاه ولتاژسنج صنعتی

۲. بررسی سلامت ترانسفورماتورها

۳. ارزیابی کابل‌های زیرزمینی

مرحله ۴ — راه‌اندازی اضطراری

۱. استقرار ژنراتورهای سیار

۲. اتصال مراکز حیاتی: بیمارستان / پمپ آب / مراکز فرماندهی

۳. ایجاد Microgrid اضطراری(ریزشبکه (Micro grid) معمولاً شامل یک مجموعه محلی از تولید پراکنده (DG) ، سیستم ذخیره انرژی و بارها (حرارتی والکتریکی)) می‌باشد که می‌تواند به صورت اتصال به شبکه یا عملکرد جزیره‌ای مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

مرحله ۵ — بازگردانی شبکه

۱. تعمیر کابل‌ها

۲. تست بار

۳. اتصال تدریجی مشترکان

خطرات اصلی: برق‌گرفتگی / آتش‌سوزی ثانویه / آسیب تجهیزات

۲. SOP شبکه آب آشامیدنی

مرحله ۱ — ارزیابی شبکه

شناسایی نقاط شکستگی لوله / بررسی احتمال آلودگی فاضلاب / ارزیابی عملکرد ایستگاه پمپاژ

مرحله ۲ — ایمن‌سازی

بستن شیرهای اصلی منطقه / جلوگیری از ورود آب به آوار / علامت‌گذاری نقاط نشت

مرحله ۳ — تأمین آب اضطراری

فعال‌سازی مخازن ذخیره شهری / استقرار تانکرهای آب / استفاده از سیستم‌های تصفیه سیار

مرحله ۴ — بای‌پس اضطراری

نصب لوله‌های سطحی موقت / اتصال به خط سالم / تست فشار شبکه

مرحله ۵ — ضدعفونی

کلرزنی شبکه / آزمایش کیفیت آب

خطرات اصلی: آلودگی میکروبی / نشست زمین / کمبود آب برای اطفای حریق

۳. SOP شبکه گاز شهری

مرحله ۱ — تشخیص خطر

۱. اندازه‌گیری گاز با Gas Detector

۲. بررسی صدای نشت

۳. بررسی بوی گاز

مرحله ۲ — قطع فوری

۱. بستن شیر اصلی منطقه

۲. قطع ایستگاه تقلیل فشار

۳. تخلیه گاز خطوط آسیب‌دیده

مرحله ۳ — ایمن‌سازی محیط

۱. جلوگیری از جرقه

۲. ممنوعیت استفاده از موبایل در محدوده

۳. تخلیه مردم از منطقه

مرحله ۴ — تست شبکه

۱. تست فشار با نیتروژن

۲. بررسی اتصالات

۳. جایگزینی لوله آسیب‌دیده

مرحله ۵ — راه‌اندازی مجدد

۱. هواگیری خطوط

۲. تزریق تدریجی گاز

۳. بررسی نشتی با دستگاه

خطرات اصلی: انفجار ثانویه / آتش‌سوزی گسترده

۴. SOP مخابرات و ارتباطات

مرحله ۱ — ارزیابی وضعیت ارتباطی

۱. بررسی دکل‌های مخابراتی

۲. تست لینک‌های فیبر نوری

۳. ارزیابی پوشش شبکه

مرحله ۲ — ایجاد ارتباط اضطراری

۱. استقرار شبکه رادیویی امدادی

۲. فعال‌سازی شبکه‌های Mesh

۳. ایجاد کانال ارتباطی فرماندهی

مرحله ۳ — استقرار تجهیزات سیار

۱. نصب دکل Cell on Wheels

۲. راه‌اندازی اینترنت ماهواره‌ای

۳. اتصال مراکز حیاتی

مرحله ۴ — پایداری ارتباط

۱. مدیریت پهنای باند

۲. اولویت ارتباط تیم‌های امدادی

خطرات اصلی: قطع فرماندهی عملیات / ایجاد هرج‌ومرج اطلاعاتی

۵. SOP شریان حمل‌ونقل و دسترسی

مرحله ۱ — ارزیابی مسیر

بررسی پل‌ها / شناسایی آوار جاده / بررسی وجود UXO

مرحله ۲ — پاکسازی مسیر

اعزام تیم EOD / حذف آوار با لودر و بولدوزر / علامت‌گذاری مسیر ایمن

مرحله ۳ — ایجاد کریدور امدادی

تعیین مسیر سبز برای آمبولانس / کنترل ترافیک / استقرار پلیس راه

مرحله ۴ — بازسازی اضطراری

نصب پل‌های موقت / تثبیت خاک جاده / روشنایی اضطراری

خطرات اصلی: ریزش پل / انفجار مهمات عمل‌نکرده

اصول مشترک در تمام SOP ها

۱. فرماندهی واحد

تمام اقدامات زیر نظر Incident Command System (ICS) انجام شود.

۲. اولویت‌بندی

ترتیب اولویت زیرساخت‌ها در بحران:

۱. بیمارستان

۲. آب آشامیدنی

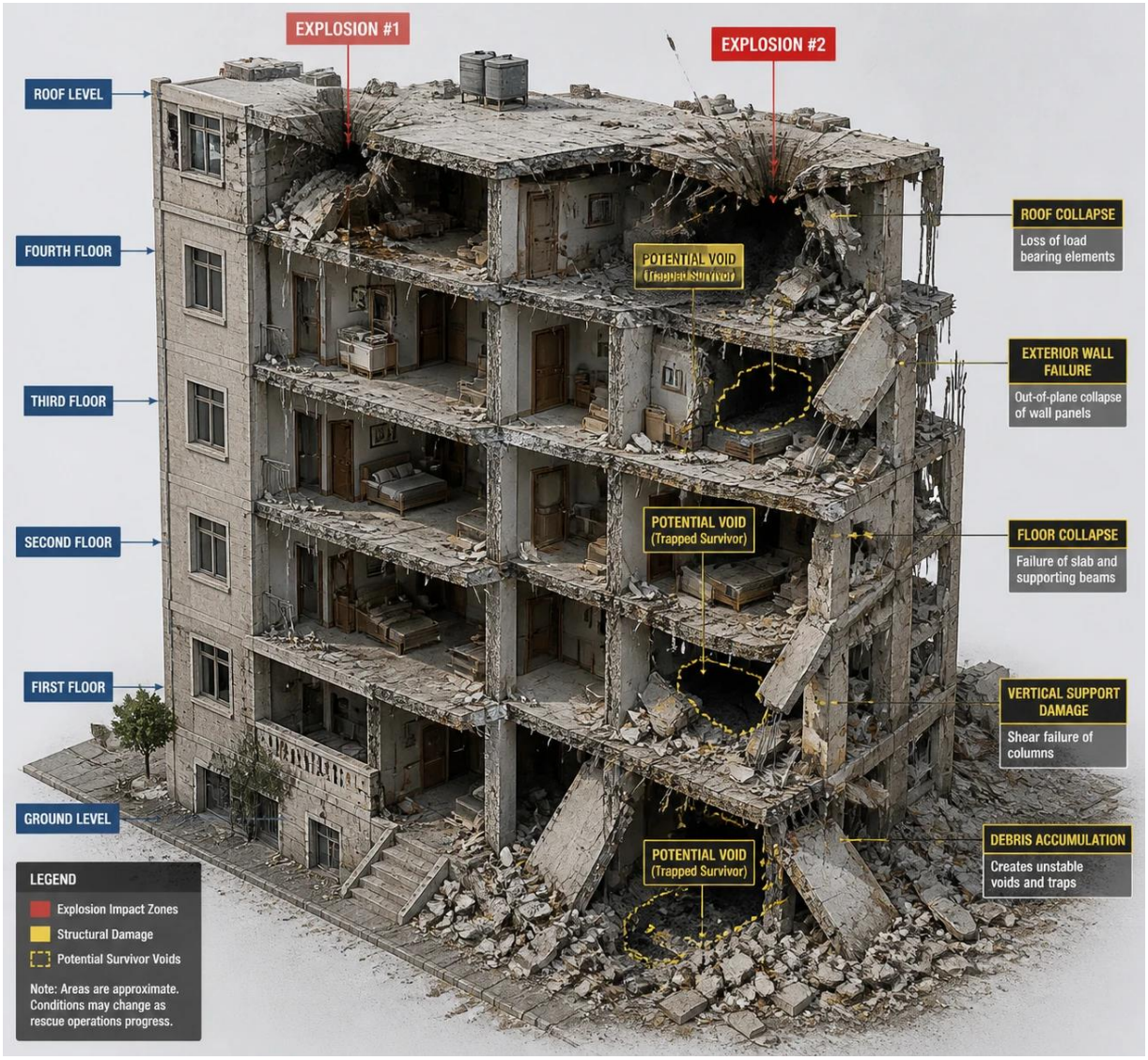
۳. برق اضطراری

۴. مخابرات

۵. حمل‌ونقل

۳. ایمنی تیم‌ها

استفاده از: PPE کامل / دستگاه گازسنج / تجهیزات ارتباطی


EXPLOSION #1
EXPLOSION #2
ROOF LEVEL
FOURTH FLOOR
THIRD FLOOR
SECOND FLOOR
FIRST FLOOR
GROUND LEVEL
POTENTIAL VOID (Trapped Survivor)
POTENTIAL VOID (Trapped Survivor)
POTENTIAL VOID (Trapped Survivor)
ROOF COLLAPSE
Loss of load bearing elements
EXTERIOR WALL FAILURE
Out-of-plane collapse of wall panels
FLOOR COLLAPSE
Failure of slab and supporting beams
VERTICAL SUPPORT DAMAGE
Shear failure of columns
DEBRIS ACCUMULATION
Creates unstable voids and traps
LEGEND
Explosion Impact Zones
Structural Damage
Potential Survivor Voids
Note: Areas are approximate. Conditions may change as rescue operations progress.