فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل
سال هشتم، شماره ٤، زمستان ١٣٩٦، (پیاپی ٣٢): صص ٦١-٥١

اصول و معیارهای طراحی تاسیسات مکانیکی بیمارستان امن مدفون با رویکرد پدافند غیر عامل

حسن رادمرد[1*]، سجاد کریمی مهرآبادی[2]، فرشید فرخی زاده[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۰۳، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۹

چکیده

با توجه به این‌که تهدیدات مختلفی اعم از انسان‌ساخت و طبیعی کشور را تهدید می‌کنند، ارائه اصول و معیارهای طراحی بیمارستان‌های امن مدفون که در مقابل انواع تهدیدات محتمل کمترین آسیب‌پذیری را داشته و در شرایط بحران به صورت مداوم خدمت‌رسانی نمایند بسیار لازم و ضروری است. در این مقاله اصول و معیارهای پدافند غیرعامل در طراحی تاسیسات مکانیکی بیمارستان امن مدفون شامل تاسیسات آبرسانی، دفع فاضلاب، تهویه و تعویض هوا، اطفاء حریق و گازهای طبی، مورد بررسی قرار گرفته است. روش تحقیق به صورت توصیفی- تحلیلی و روش گردآوری اطلاعات، به صورت ترکیبی بوده است. پس از طبقه‌بندی داده‌ها و شناسایی اصول و معیارهای طراحی تأسیسات مکانیکی بیمارستانی با رویکرد پدافند غیرعامل، پرسش‌نامه با استفاده از طیف لیکرت طراحی و در میان جامعه خبرگان توزیع شده است. سپس با استفاده از نرم‌افزار SPSS، داده‌ها در دو بعد توصیفی و تحلیلی تجزیه و تحلیل شده‌اند. یافته‌های این تحقیق نشان داد که به‌کارگیری معیارهای اصل تسهیل در مدیریت بحران بیشترین تاثیر و معیارهای اصل استتار، فریب و اختفاء کمترین تاثیر را در کاهش آسیب‌پذیری تأسیسات مکانیکی بیمارستان امن مدفون خواهند داشت. همچنین این تحقیق یک مرجع کامل برای طراحان و مهندسان تاسیسات مکانیکی بیمارستان‌های امن مدفون بر مبنای پدافند غیرعامل ارائه می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: بیمارستان امن مدفون، پدافند غیرعامل، تاسیسات مکانیکی.

۱- عضو هیأت علمی دانشگاه افسری امام حسین(ع) ، Hassan.radmard@gmail.com - نویسنده مسئول
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه انرژی ساوه
۳- مربی، دانشگاه افسری امام حسین(ع)

۱- مقدمه

بیمارستان‌ها یکی از اجزاء مهم مدیریت بحران محسوب می‌شوند چرا که ایمنی یا بقای سایر افراد و سازمان‌ها به بقا و پایداری عملکرد آنها در شرایط بحران بستگی دارد. با توجه به این‌که تهدیدات مختلف اعم از انسان‌ساخت و طبیعی کشور را تهدید می‌کنند طراحی و ساخت بیمارستان‌های امن که در مقابل انواع تهدیدات کمترین آسیب‌پذیری را داشته و در شرایط بحران به صورت مداوم خدمت‌رسانی نمایند بسیار لازم و ضروری است. از طرفی با توجه به هزینه‌های سرسام‌آور احداث بیمارستان، ایجاد بیمارستان‌های زیرزمینی تک‌منظوره فقط برای شرایط بحران نیز مقرون به صرفه نمی‌باشد. لذا بهترین کار این است که بیمارستان‌های نظامی در مجاورت ساختمان‌های موجود خود، اقدام به احداث بیمارستان‌های زیرزمینی چندمنظوره با رعایت اصول پدافند غیرعامل بنمایند تا علاوه بر کارکرد مناسب در زمان جنگ و مصون ماندن از تهدیدات، در زمان صلح نیز قابل استفاده و کاربرد باشد.

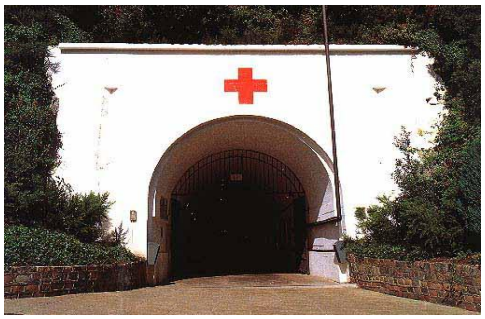
با بررسی‌های میدانی به عمل آمده از چندین بیمارستان نظامی در شهر تهران (به عنوان نمونه بیمارستان حضرت بقیه ا... الاعظم (عج) و بیمارستان نجمیه) با توجه به تراکم بافت شهری غالباً مراجعه‌کنندگان و بیماران از کمبود پارکینگ در مجاورت بیمارستان رنج برده و این مشکل بسیار حاد شده است. بنابراین از بیمارستان‌های امن مدفون در شرایط صلح می‌توان به عنوان پارکینگ، پناهگاه یا انبارهای مرکز مدیریت بحران نیز استفاده کرد.

۱-۱- بیان مسأله

با توجه به مطالب فوق در مورد ضرورت و اهمیت احداث بیمارستان‌های مدفون چندمنظوره در مجاورت ساختمان‌های موجود، در این تحقیق مشکلات و نیازهای تاسیسات مکانیکی این بیمارستان‌ها بررسی شده به این سوال پاسخ داده می‌شود که در طراحی تاسیسات مکانیکی یک بیمارستان امن مدفون چه ملاحظاتی باید در نظر گرفته شود تا علاوه بر کارکرد مناسب در زمان صلح و در شرایط عادی، در برابر انواع تهدیدات در زمان بحران نیز مقاوم باشد؟ در میان راه‌بردها و راه‌کارهای مختلف چه راه‌کارهایی تاثیر بیشتری در پایداری عملکرد سازه در شرایط بحران داشته و در اولویت هستند؟

۱-۲- پیشینه تحقیق

با توجه به اهمیت موضوع، ساخت بیمارستان‌های صحرائی، زیرزمینی و نظامی در کشورهای مختلف جهان قدمت دیرینه دارد. در آلمان در سال ۱۹۴۰ میلادی بزرگترین بیمارستان زیرزمینی به مساحت ۷۰۰۰ متر مربع توسط اسیران جنگی ساخته شد (شکل ۱). این بیمارستان شامل انبار ،اتاق عمل، درمانگاه سرپائی، موتورخانه، ژنراتور برق، شفت فرار و حتی سینما بوده و اکنون به موزه تبدیل شده است.



شکل (۱): بیمارستان زیرزمینی نظامی آلمان [۱]

در کشور ما نیز در سال ۱۳۶۵ به دلیل حملات هوایی و موشکی متعدد دشمن بعثی به شهر دزفول، بیمارستان زیرزمینی یا زهرا (س) به منظور تأمین سلامت کادر درمانی، بیماران و مجروحین حملات هوایی و موشکی دزفول و مجروحین خطوط مقدم جبهه شمالی خوزستان احداث شد. این بیمارستان در مساحتی قریب به $5000\ m^2$ و در عمق ده متری زمین و با قطعات بتنی و مقاوم توسط قرارگاه مهندسی خاتم‌الانبیاء (ص) ساخته شد که در زمان دفاع مقدس نقش بسیار مهمی را ایفا کرده و امروزه در فهرست آثار دفاع مقدس به ثبت رسیده است [۲].

رژیم صهیونیستی در سال ۲۰۱۴ بزرگترین بیمارستان زیرزمینی جهان بنام رمبام با ظرفیت بیش از ۲۰۰۰ تخت و $1500\ m^2$ پارکینگ که مقاوم در برابر حملات موشکی می‌باشد را در زیر ساختمان‌های موجود بیمارستان شهر حیفا ساخته است. این فضا در زمان صلح به عنوان پارکینگ بیمارستان موجود استفاده شده و مشکلات شهری بی‌شماری را نیز حل کرده است. در شکل (۲) موقعیت این بیمارستان در ساحل دریای مدیترانه و در زیر ساختمان بیمارستان موجود با رنگ قرمز (تیره) نشان داده شده است [۳]. همان‌طورکه در شکل مشاهده می‌شود تمامی تدابیر لازم اندیشیده شده تا در کمترین زمان پارکینگ به بیمارستان امن تبدیل شود. بدیهی است ساخت بیمارستان زیرزمینی با این وسعت در ساحل دریا به دلیل نفوذ آب در گودبرداری‌ها، مشکلات عدیده‌ای دارد. اما به دلیل ضرورت احساس‌شده و حل مشکلات حال و آینده همچنین

دسترسی آسان به سامانه‌های حمل و نقل هوایی، دریایی و ریلی این بیمارستان احداث شده است.

الف

ب

شکل (۲): الف: کاربری چندمنظوره بیمارستان مدفون ب: موقعیت بیمارستان زیرزمینی رمبام در ساحل مدیترانه و زیر ساختمان‌های موجود شهر حیفا[۳]

در استکهلم سوئد، حین جنگ جهانی دوم، بیمارستانی زیرزمینی به مساحت m^2 ۳۰۰۰ درحال ساخت بود که با پایان جنگ ناتمام ماند. در سال ۱۹۹۲ با هزینه ۴/۱ میلیون یورو این بیمارستان شامل قسمت‌های اورژانس، دپارتمان حوادث، ICU، اتاق عمل، آزمایشگاه‌ها، مرکز آموزش و تحقیقات و کتابخانه بازسازی شد. واحد رفع آلودگی برای پذیرش بیماران در معرض تشعشعات رادیواکتیو، بیولوژیکی و شیمیایی نیز بخشی از این مرکز را تشکیل می‌دهد [۴].

با جستجوهای وسیع انجام‌گرفته در زمینه "تاسیسات مکانیکی بیمارستان‌های زیرزمینی با رویکرد پدافند غیرعامل" در داخل و خارج کشور هیچ تحقیقی یافت نشد. بعضی تحقیقات انجام‌گرفته مرتبط با این موضوع به شرح زیر به اختصار ارائه می‌گردد:

۱- سید بهشید حسینی و همکاران [۲] در مرکز مطالعات معاونت مهندسی نیروی زمینی سپاه در سال ۱۳۷۲ مجموعه ده جلدی «بیمارستان صحرایی در طول سال‌های دفاع مقدس» را تالیف و در آن بیمارستان‌های صحرایی احداث‌شده در دفاع مقدس را مورد بررسی و مطالعه قرار داده و نقاط ضعف و قوت هر یک را بیان نمودند. البته یزدی نژاد [۲] در مورد "مدل بیمارستان سیار با سازه تمام کانکسی" تحقیقاتی انجام داده است.

۲- هاشمی فشارکی و همکاران [۵] در مورد "مبانی طراحی و ساخت فضای امن پناهگاهی" تحقیقاتی انجام داده‌اند که بعضی موارد آن در مورد بیمارستان‌های زیرزمینی نیز قابل تعمیم است.

۳- ابوالحسنی [۶] در اداره بهداشت و درمان ستاد کل نیروهای مسلح کتاب " بیمارستان‌های سیار" را منتشر نموده است.

۴- عسگری و همکاران [۷] در مقاله "بررسی بیمارستان‌های صحرائی ش.م.ه از منظر پدافند غیرعامل" الزامات و ملاحظات طراحی معماری بیمارستان‌های صحرائی ثابت و سیار را از دیدگاه پدافند غیرعامل بیان نموده و به تاسیسات مکانیکی بیمارستان‌های صحرائی نیز اشاراتی نموده‌اند. رحمانی و همکاران در مورد "طراحی معماری بیمارستان امن با رویکرد پدافند غیرعامل" تحقیقاتی انجام داده‌اند [۸].

۵- استاندارد FEMA 453 در مورد تاسیسات اتاق امن شامل سیستم تهویه مطبوع، تعویض هوا، آبرسانی و ... به‌صورت عام الزاماتی را اشاره کرده است. [۱۰]

۲- وجه تمایز تاسیسات بیمارستانی

تاسیسات بیمارستان‌ها به دلایل زیر با تاسیسات سایر ساختمان‌ها تفاوت دارند:

۱- بیمارستان‌ها متنوع‌ترین و کامل‌ترین تاسیسات را در ساختمان‌ها دارند. (سامانه بخار، مرکز استریل، گازهای طبی، زباله‌سوز، دفع فاضلاب عفونی، عمومی و ...).

۲- شرایط داخل از لحاظ دما و رطوبت در همه فضاها یکسان نیست. (تنوع شرایط طرح داخل)

۳- محدودیت در جابجائی هوا در بخش‌های مختلف بیمارستان به واسطه کنترل آلودگی

۴- تصفیه هوا و تهویه بخش‌ها و تامین هوای تازه

۵- لزوم جامع و کامل‌بودن طرح به واسطه دست‌یابی به کنترل دقیق شرایط محیطی

۳- فرضیات تحقیق

در طراحی تاسیسات مکانیکی بیمارستان‌های زیرزمینی بر مبنای پدافند غیرعامل مولفه‌های زیر که هر یک نیز شامل شاخص‌هایی می‌شوند، موثرند:

- تاسیسات تهویه مطبوع و تعویض هوا
- تاسیسات دفع فاضلاب عمومی و عفونی
- تاسیسات آبرسانی
- تاسیسات اطفاء حریق
- تاسیسات گازهای طبی

۴- ملاحظات پدافند غیرعامل در طراحی تاسیسات بیمارستان زیرزمینی

ملاحظاتی که در طراحی تاسیسات مکانیکی بیمارستان‌های زیرزمینی بایستی مدنظر قرار گیرند عبارتند از:

۱- مباحث ۳، ۱۴، ۱۶، ۱۷و ۱۹ مقررات ملی ساختمان

۲- استانداردهای فنی خصوصاً استاندارد برنامه‌ریزی و طراحی بیمارستان ایمن) [۹] و استاندارد اشری [۱۴]

۳- اقتصادی‌بودن طرح

۵- انعطاف‌پذیری (قابلیت کاربرد چندمنظوره)

۶- پایداری کارکرد (کارکرد مداوم و بدون وقفه)

۷- ملاحظات پدافند غیرعامل (استحکامات، اختفاء و استتار، سامانه‌های جایگزین و ...)

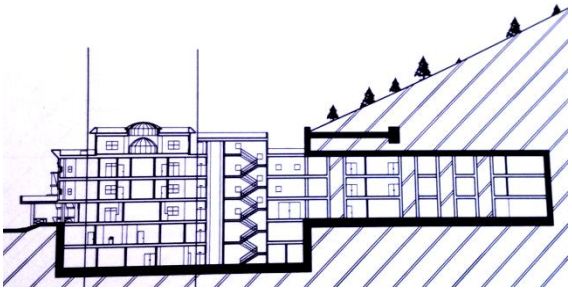
۸- کنترل آلودگی و عفونت (از طریق کنترل فشار هوا)

۹- کنترل صدا (جهت آسایش بیماران موجی و روانی و هم‌چنین اختفاء بیمارستان زیرزمینی)

۴-۱- مکان‌یابی بیمارستان امن

همانطور که ذکر شد با توجه به هزینه‌های زیاد احداث بیمارستان، ساخت یک بیمارستان کاملاً مدفون که اختفاء کامل داشته و صرفاً برای شرایط بحران مورد استفاده قرار گیرد صرفه اقتصادی نداشته و لذا مدنظر این تحقیق نیست. بلکه هدف آن است که در مجاورت بیمارستان‌های روزمینی قسمتی نیز مدفون طراحی شده و کاربری چندمنظوره داشته باشد تا از قابلیت جذب انرژی توسط زمین در برابر انفجار حداکثر استفاده شده و از طرف دیگر از تاسیسات و موتورخانه تاسیسات روزمینی برای قسمت مدفون نیز استفاده کرد. شکل (۳) نمونه‌ای از یک بیمارستان ۳۲ تختخوابی که با رویکرد پدافند غیرعامل طراحی‌شده را نشان می‌دهد. در شکل (۳- الف) بیمارستانی به ظاهر بسیار معمولی مشاهده می‌شود که در مجاورت تپه‌ای احداث شده است. اما همان‌طور که در شکل (۳- ب) که برشی از بیمارستان فوق است مشاهده می‌شود این بیمارستان شامل دو قسمت روزمینی و مدفون می‌باشد که بر مبنای اصول پدافند غیرعامل طراحی شده است [۸].

الف



ب

شکل (۳): الف: مکان‌یابی بیمارستان امن چندمنظوره در مجاورت تپه [۸]. ب: برش بیمارستان امن چندمنظوره [۸].

۴-۲ - ملاحظات تاسیسات تهویه

سامانه تهویه بیمارستان امن مدفون بایستی از نوع آبی- هوایی (استفاده از فن‌کویل سقفی به علاوه هواساز) باشد تا ضمن رعایت اصل جایگزینی جهت کنترل آلودگی بتوان در فضاهای تمیز، فشار مثبت و در فضاهای کثیف، فشار منفی ایجاد کرد. در این بیمارستان‌ها با توجه به حداکثر ابعاد ممکن کانال در راه‌روها بایستی هواساز طراحی و انتخاب گردد.

در فضاهایی که استاندارد طراحی بیمارستان ایمن [۹] اجازه برگشت هوا نمی‌دهد (مانند اتاق عمل) بایستی از اسپلیت یا هواساز مستقل با صد درصد هوای تازه استفاده نمود.

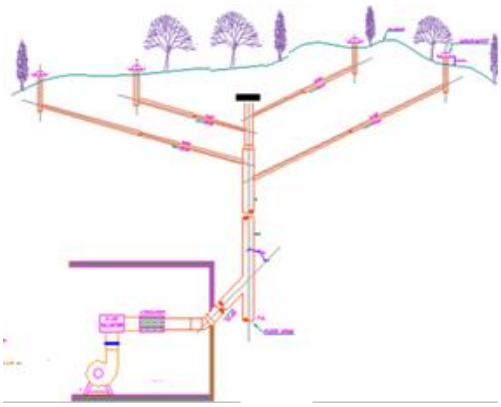
علاوه بر موتورخانه معمول بیمارستان که به قسمت مدفون سرویس‌دهی می‌کند باید قسمت مدفون موتورخانه مستقلی داشته باشد تا درصورت از کارافتادن موتورخانه اصلی قابلیت جایگزین‌شدن و تداوم در خدمت‌رسانی را داشته باشد.

کانال هوای تازه باید از خطر مسدودشدن در اثر آوار به دور باشد. لذا باید ورودی هوای تازه در نقطه‌ای خارج از محدوده آوار قرارگرفته یا به طریق مناسبی از خطر مسدودشدن محافظت شود. در تهویه عمودی از طریق سقف، احتمال ورود ترکش‌های ناشی از انفجار به شکل قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. در هر صورت محل بازشدن کانال‌های تهویه به بیرون از بیمارستان زیرزمینی جهت جلوگیری از ورود ترکش، باید مجهز به درپوش مقاوم باشد.

تامین هوای تازه باید از نقطه‌ای صورت گیرد که حداقل سه متر فاصله افقی و دو متر فاصله عمودی از هوای تخلیه داشته باشد تا هوای اگزاست میان‌بر نشده و مجدداً به بیمارستان وارد نشود. برای این کار پیشنهاد می‌شود تمام خروجی‌ها (ونت[1] فاضلاب، دودکش‌ها، اگزاست سرویس‌ها و آشپزخانه، هوای اگزاست اتاق عمل و ...) از یک ضلع ساختمان و ورود هوای تازه از ضلع مقابل آن صورت گیرد. در ضمن جهت باد غالب منطقه در جانمایی کانال ورود هوای تازه در نظر گرفته شود.

دریچه ورود هوای تازه بایستی مجهز به حفاظ فیزیکی، فیلترهای آلومینیومی و پارچه‌ای و انباره در ورودی باشد.

به منظور رعایت اصل پراکندگی باید تعدادی دهانه جهت ورود هوای تازه (حداقل دو دهانه) در نظر گرفته شده و آن‌ها دقیقاً روی شفت قرار نگیرند (شکل ۴). در زیر هر یک از شفت‌ها انباره در نظر گرفته شود تا درصورت پرتاب شیء خارجی با داخل، وارد شفت اصلی نگردد. ضمناً زانویی و سه‌راه‌ها ۴۵ درجه در نظر گرفته شوند تا خروج هوای آلوده به سادگی میسر گردد.



شکل (۴): نحوه ارتباط کانال تخلیه با فضای خارج

بایستی فن‌های هوای تازه قابل عکس‌شدن باشند و در مواقع آتش‌سوزی دود ناشی از آتش‌سوزی را به خارج منتقل نمایند تا امکان خروج افراد میسر گردد.

به جهت رعایت اختفاء، دهانه‌های ورود و خروج هوا با پوشش محیط اطراف همسان‌سازی گردند. به عنوان مثال تحت پوشش آلاچیق، پست برق، پارکینگ یا ... قرار گیرند.

کانال‌های هوای تازه باید با درپوش‌های خاص ضدفشار (جهت جلوگیری از ورود موج انفجار) در بیرون مجهز شود و محل بازشوی این کانال‌ها به فضای بیمارستان زیرزمینی نیز باید دریچه ثانویه درنظر گرفته شود که در هنگام تهدیدهای غیرمتعارف توسط ساکنین بسته شده و از ورود هوای آلوده به داخل جلوگیری شود.

هوای ورودی به بیمارستان زیرزمینی، حتماً باید از درون فیلترهای HEPA و ULPA عبور داده شود و تمامی درزها و مسیرهای ممکن برای ورود هوای آلوده نیز مسدود شوند.

به جهت حداکثر محافظت در برابر تهدیدهای متعارف، ایجاد فشار مثبت در بیمارستان زیرزمینی جهت جلوگیری از ورود هوای آلوده ضروری است.

نصب فیوز قطع گاز در ورودی بیمارستان امن و نشت‌یاب گاز در موتورخانه الزامی است

۴-۳- تاسیسات فاضلاب عمومی و عفونی

۱- اتاق گازهای طبی، سردخانه زباله، تصفیه‌خانه فاضلاب و سیستم امحاء زباله می‌تواند به طور مشترک برای قسمت‌های روزمینی و مدفون اجرا شود ولی قسمت مدفون علاوه‌بر اتصال به شبکه تصفیه فاضلاب بایستی مجهز به پکیج تصفیه فاضلاب بی‌هوازی باشد. این پکیج‌ها از بتون مسلح ضدسولفات با پوشش داخلی یک لایه رنگ-آمیزی پرایمر و پوشش خارجی یک لایه پرایمر ساخته شده است. از محاسن این پکیج‌ها می‌توان به خروج آسان پساب تصفیه‌شده فاضلاب توسط پمپ به خارج سازه، عدم نیاز به سرویس و نگهداری مداوم، عدم نیاز به ونت و بدون بو اشاره نمود.

۲- در بیمارستان‌های امن مدفون به جهت عدم دسترسی به هوای آزاد و همچنین رعایت اختفاء سازه، امکان نصب لوله ونت نیست. جهت حل این مشکل، نصب سوپر ونت در خروجی سیفون وسایل بهداشتی سوپر ونت پیشنهاد می‌شود. سوپر ونت قطعه‌ای است که در لوله‌کشی فاضلاب مانند شیر یک‌طرفه عمل می‌کند. بدین صورت که به هنگام ایجاد خلاء به واسطه تخلیه سیفون، خلاء را شکسته و اجازه ورود هوا را می‌دهد اما امکان خروج بوی فاضلاب را نمی‌دهد.

۳- جهت بیمارستان‌های امن مدفون استفاده از لگن‌های یک‌بار مصرف کاغذی و دستگاه خردکن آن‌ها به جای لگن‌های فلزی و قابل شستشو پیشنهاد می‌گردد. نمونه‌ای از این تجهیزات در شکل (۵) نشان داده شده است.

شکل (۵): لگن‌های یک‌بار مصرف کاغذی و دستگاه خردکن

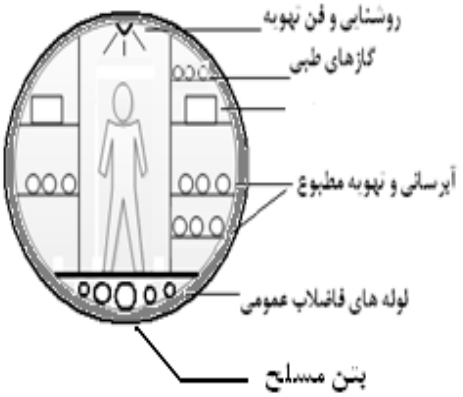
۱- سامانه لوله‌کشی هواکش فاضلاب

۴-۴- تاسیسات آبرسانی بیمارستان مدفون

نصب شیرهای قطع سریع در محل‌های قابل دسترس برای تغذیه شبکه و همچنین انسداد شبکه در مناطق آسیب‌دیده برای استفاده در شرایط اضطراری الزامی است.

پمپ‌ها بایستی ضمن داشتن تجهیزات یدکی و یا تعدادی جایگزین و آماده به‌کار در مواقع لزوم تجهیز شوند. برای پمپ‌های آتش‌نشانی بایستی علاوه‌بر پمپ رزرو، حداقل یک دستگاه پمپ دیزلی برای مواقع قطع برق در نظر گرفته شود.

برای محافظت لوله‌ها و کانال‌ها از حملات دشمن و ضمن ایجاد دسترسی جهت تعمیر و نگهداری بایستی کلیه تاسیسات به‌جز گاز سوخت از داخل داکت دایره‌ای بتونی و مقاوم در برابر انفجار (شکل ۶) عبور داده شوند.



شکل (۶): داکت دایره‌ای تاسیسات

۴-۵- سامانه اطفاء حریق

ایستی جت فن‌های هوای تازه قابل عکس‌شدن باشند و در مواقع آتش‌سوزی دود ناشی از آتش را به خارج منتقل نمایند تا امکان خروج افراد میسر گردد.

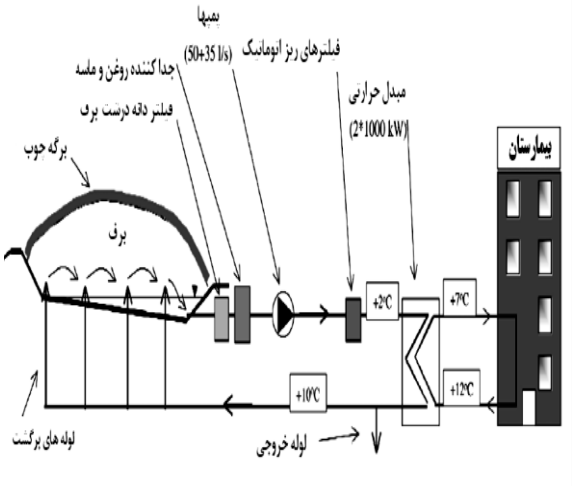
مکان‌هایی که تجهیزات اضطراری مانند مخزن سوخت، موتورهای برق اضطراری، رایزرهای آب‌پاش، سامانه اعلان حریق و همچنین دودکش‌ها در آن‌ها قرار می‌گیرند باید دارای فضای امن با دیوارهای محافظ باشند.

محل اجرای مخزن ذخیره آتش‌نشانی و پمپ‌های این سامانه به لحاظ مقابله با برخورد موج انفجار و ترکش باید مقاوم باشد و حتی‌المقدور از دیوارهای بتنی در اطراف آن‌ها استفاده شود. برای افزایش ضریب اطمینان، پمپ‌های آتش‌نشانی اصلی و ذخیره باید هم از برق شهری و هم از برق اضطراری تغذیه شوند.

۴-۶- سامانه ذخیره‌سازی انرژی

اه‌های مختلفی برای ذخیره‌سازی انرژی در بیمارستان‌های زیرزمینی وجود دارد که بسته به شرایط محیطی و اقلیم منطقه متنوع می‌باشد. اسکوگسبرگ[1] و همکاران در بیمارستانی در سوئد با ذخیره‌سازی برف، در مساحتی معادل $40\times160\ m^2$، ۴۰ هزار تن برف را ذخیره‌سازی نمودند و روی آن‌را با عایق تراشه‌های چوب پوشاندند (شکل ۷). بخش عمده‌ای از سرما در تغییر فاز از آب به یخ ذخیره می‌شود. برای جلوگیری از ذوب‌شدن طبیعی یخ باید از عایق‌هایی استفاده شود که در این بیمارستان از تراشه‌های چوب استفاده شده است [۱۳].

حداکثر عمق برف ذخیره‌شده به ۹ متر و به حجم ذخیره‌سازی تقریباً $۶۰۰۰۰\ m^3$ و ضخامت لایه پوششی تراشه‌های چوب ۰/۲ m می‌باشد. قبل از آن‌که آب ذوب‌شده به سیستم پمپاژ برسد از فیلترهای تعبیه‌شده از ماسه دانه درشت و روغن عبور می‌کند و سپس دو دستگاه پمپ (۰/۰۳۵ و ۰/۰۵ متر مکعب بر ثانیه) به دو مبدل حرارتی ۲×۱۰۰۰ کیلووات می‌رساند و این آب قبل از رسیدن به مبدل حرارتی توسط فیلترهای اتوماتیک تمیز می‌شود. آب ذوب‌شده برف با دمای ۲ درجه سیلسیوس به مبدل حرارتی می‌رسد و پس از تبادل حرارتی با دمای ۱۰ درجه سیلسیوس به قسمت برف ذخیره‌شده برگشت می‌کند. این مبدل آب برگشتی را که ۱۲ درجه سیلسیوس دما دارد به ۷ درجه سیلسیوس کاهش دما داده و داخل بیمارستان پمپ می‌کند.



شکل (۷): استفاده از ذخیره‌سازی برف در بیمارستان [۱۳]

۴-۷- سیستم گازهای طبی

در بیمارستان امن مدفون، بایستی علاوه بر موتورخانه گازهای طبی

1 -Skogsberg

بیمارستان روزمینی، بانک کپسول‌های اکسیژن و گاز بیهوشی و ... برای شرایط بحران در نظر گرفته شود.

لوله‌های انتقال گازهای طبی باید با بست‌های غیرصلب، محکم شده باشند تا درصورت هرگونه شوک حرکتی، ترک نخورده یا شکسته نشوند. استفاده از فیوزهای گازی قطع خودکار با وصل مجدد دستی الزامی است.

شیرهای قطع و وصل باید از نوع جنس برنجی یا برنزی، مخصوص گازهای طبی از نوع قطعی سریع باشد و توصیه می‌شود شیرهای قطع و وصل اصلی این لوله‌ها از نوع ربع‌گرد استفاده شوند تا در صورت بروز اتفاق، به سرعت قابل بسته‌شدن باشند.

۵- تجزیه و تحلیل با نرم افزار تحلیل میدانی SPSS

در این پژوهش اصول و معیارهای طراحی تاسیسات مکانیکی بیمارستان امن مدفون در برابر تهدیدات به صورت اسنادی مطالعه و بررسی شده است. روش تحقیق در ادامه توضیح داده شده است.

۵-۱- روش تحقیق

روش تحقیق به صورت توصیفی، تحلیلی و ابزار آن فیش‌برداری از منابع کتابخانه‌ای (بررسی مدارک و اسناد) و مصاحبه کمی (پرسش-نامه‌ای) می‌باشد. در شناسایی تهدیدات و آسیب‌پذیری‌ها از روش کیفی (استفاده از منابع) و در بخش اصول و معیارها از روش کمی (پرسش‌نامه) استفاده شده است. پرسش‌نامه‌ها پس از طراحی، در اختیار خبرگان قرار گرفته و نظرات آن‌ها در مورد گویه‌های پرسش-نامه اعمال گردید. سپس جمع‌بندی نهایی انجام شده و روایی پرسش‌نامه‌ها مورد تأیید قرار گرفته است.

ضریب آلفای کرونباخ که یکی از متداول‌ترین روش‌های اندازه‌گیری، اعتمادپذیری و پایایی پرسش‌نامه می‌باشد در این پژوهش مورد استفاده گرفته است. بر این اساس، پرسش‌نامه در کل و نیز در هر یک از ابعاد دارای پایایی بسیار خوبی ارزیابی شده و اطمینان کامل برای سنجش اصول مهندسی پدافند غیرعامل در طراحی تاسیسات مکانیکی بیمارستان امن مدفون کسب گردید. جدول (۱) نتایج حاصل از آلفای کرونباخ برای بررسی پایایی پرسش‌نامه را نشان می‌دهد. با توجه به این‌که ضریب آلفا بیشتر از ۰/۷ می‌باشد، آزمون از پایایی قابل قبولی برخوردار است.

۵-۲- داده‌های جمعیت شناختی

نخبگان شامل ده نفر از حوزه‌های مکانیک و پدافند غیرعامل می‌باشند که مدت سابقه خدمتی و سطح تحصیلات آن‌ها به شرح جداول (۳-۲) است.

۵-۳- بحث و بررسی نتایج

در این تحقیق در مورد هر یک از اصول پدافند غیرعامل در بیمارستان امن مدفون پس از مطالعات میدانی و اسنادی تعدادی معیار و براساس آن پرسش‌نامه هایی تهیه و توزیع شد که با توجه به حجم زیاد معیارها در این‌جا فقط پرسش‌نامه و معیارهای اصل مکان‌یابی به عنوان نمونه ارائه می‌گردد:

جدول (۱): نتایج حاصل از آلفای کرونباخ برای بررسی پایایی پرسش‌نامه

ردیف	اصول مهندسی پدافند غیر عامل	تعداد گویه	مقدار آلفا
۱	مکانیابی تاسیسات مکانیکی و تجهیزات آن	۱۶	۰/۷۹
۲	مقاوم‌سازی، استحکامات و ایمن‌سازی تاسیسات مکانیکی و تجهیزات آن	۴۹	۰/۸۱
۳	پراکندگی، تفرقه و جابجایی	۱۰	۰/۸۶
۴	استتار، اختفا و فریب (آفا) همراه با پوشش	۲۵	۰/۸۷
۵	تسهیل در مدیریت بحران در مقابل تهدیدات	۷	۰/۷۴
۶	کل	۱۰۷	۰/۸۶

جدول (۲): نتایج حاصل از مدت سابقه خدمت پاسخ‌دهندگان

مدت سابقه خدمت	فراوانی	درصد
۲ تا ۱۰ سال	۷	۷۰
۱۱ تا ۲۰ سال	۰	۰
۲۱ تا ۳۰ سال	۲	۲۰
بیشتر از ۳۰ سال	۱	۱۰
کل	۱۰	۱۰۰

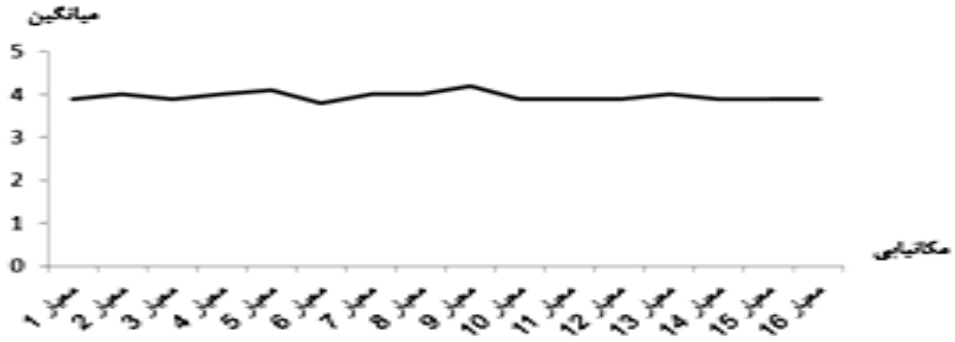
جدول (۳): تحصیلات پاسخ‌دهندگان

سطح تحصیلات	فراوانی	درصد
کارشناسی	۰	۰
کارشناسی ارشد	۸	۸۰
دکترا	۲	۲۰
کل	۱۰	۱۰۰

۵-۳-۱- اصل مکان‌یابی

در این پرسش‌نامه از خبرگان سوال شده آیا مکان‌یابی تاسیسات مکانیکی و تجهیزات آن به عنوان یکی از اصول مهندسی غیرعامل در طراحی تاسیسات مکانیکی بیمارستان امن مدفون می‌تواند باعث

کاهش آسیب‌پذیری این تاسیسات در برابر تهدیدات گردد؟ در ادامه نیز میزان تاثیر هر یک از معیارهای ارائه‌شده جدول (۴) در کاهش آسیب‌پذیری سوال شده و نتایج میانگین نظرات پاسخ‌دهندگان به هریک از معیارها در نمودار شکل (۸) ارائه شده است.



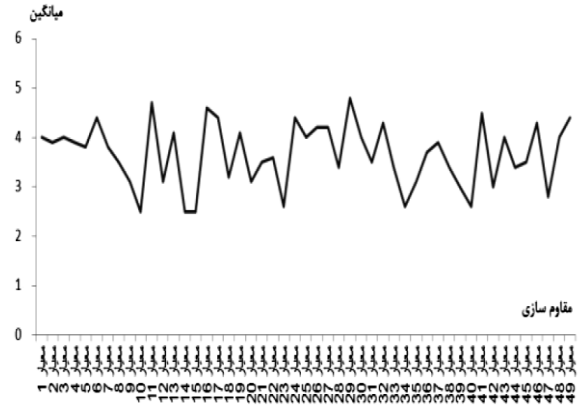
شکل (۸): نتایج نظرسنجی اصل مکان‌یابی

جدول (۴): معیارهای اصل مکان‌یابی در کاهش آسیب‌پذیری در تاسیسات مکانیکی بیمارستان امن مدفون

ردیف	معیارهای مکان‌یابی	میزان تاثیر				
		۵	۴	۳	۲	۱
۱	مکان‌یابی مناسب بیمارستان امن مدفون، کاهش آسیب‌پذیری و سطح ریسک برای تهدیدات طبیعی و انسان‌ساز را در بر دارد.					
۲	مکان‌یابی تاسیسات بایستی مطابق با آمایش دفاعی سرزمین باشد.					
۳	محل بیمارستان باید وضعیت دفاعی مناسبی داشته و بتوان سطح حفاظت را افزایش داد.					
۴	مکان احداث بیمارستان امن باید امکان حفاظت فیزیکی داشته باشد.					
۵	مکان انتخابی بایستی مساحت کافی جهت اجرای اصل پراکندگی تاسیسات بیمارستان امن را داشته باشد.					
۶	در مکان‌یابی تاسیسات بیمارستان باید ملاحظات اقتصادی نیز مورد توجه قرار گیرد.					
۷	مکان انتخابی جهت ذخیره آب مصرفی، باید امکان آبرسانی سریع به تمام بخش‌های بیمارستان امن مدفون را داشته باشد					
۸	امکان استتار و اختفای اجزای مربوط به تاسیسات مکانیکی بیمارستان زیرزمینی باید به صورت طبیعی و مصنوعی وجود داشته باشد.					
۹	تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان باید در محلی قرار بگیرد که امکان تخلیه فاضلاب بصورت ثقلی و دفعی وجود داشته باشد.					
۱۰	ملاحظات فنی و شرایط محیطی باید در انتخاب زمین مورد توجه قرار گیرد.					
۱۱	ملاحظات سیاسی و امنیتی و شرایط محلی باید در مکان‌یابی بیمارستان مورد توجه قرار گیرد.					
۱۲	موتورخانه مرکزی باید در کوتاه‌ترین فاصله با نقاط مصرف و حتی الامکان بصورت مدفون اجرا گردد.					
۱۳	امکان احداث بیمارستان زیرزمینی در کنار بیمارستان روی زمین جهت چندمنظوره‌کردن آن وجود داشته باشد.					
۱۴	کانال‌های تاسیسات مکانیکی در مکان‌هایی با حداقل احتمال تاثیر موج انفجار، ترکش‌ها و آوار ناشی از انفجار احداث شود.					
۱۵	مکان زباله سوز یا تصفیه خانه فاضلاب باید طوری انتخاب شود که باد غالب، بو و آلودگی را به ساکنین مجاور بیمارستان منتقل نکند.					
۱۶	تجهیزات اضطراری مانند مخزن سوخت، موتورهای برق اضطراری، در فضای امن با دیوارهای محافظ و مقاوم نصب گردد.					

۵-۳-۲- اصل مقاوم‌سازی تاسیسات

راه‌کارهای مربوط به این اصل شامل ۴۹ معیار می‌باشد. اهم معیارهای این اصل عبارتند از: طراحی سازه کانال ورودی هوا، تخلیه هوا، مخازن مدفون ذخیره آب بصورت مقاوم در برابر انفجار، استفاده از لوله‌های مسی فشار بالا جهت تامین ایمنی سیستم گازهای طبی، نصب شیرهای قطع و وصل خودکار حساس در برابر انفجار با وصل مجدد دستی بر سر راه لوله‌های گازهای طبی و سیستم بخار، استفاده از لوله‌های مقاوم پلیمری فشار بالا در تاسیسات بهداشتی، استفاده از تونل انرژی مستحکم در محوطه جهت عبور کلیه لوله‌ها، کابل‌ها و کانال‌ها ضمن حفظ دسترسی جهت تعمیر و نگهداری آن‌ها، اجرای حداقل سه خم ۹۰ درجه جهت کاهش نفوذ فشار ناشی از موج انفجار، تجهیز بازشوهای کانال‌ها تهویه به درپوش مقاوم در برابر انفجار[1]، حفاظ فیزیکی، فیلترهای آلومینیومی و پارچه‌ای و انباره ورودی، احداث کانال مکش سیستم تهویه در ارتفاع بالاتر از سطح زمین، عایق‌کاری کانال‌ها، اجرای قطعات انبساطی و اتصالات انعطاف‌پذیر در شبکه‌های لوله‌کشی و کانال، نصب سنسورهای شناسایی آلودگی‌ها در دهانه‌های ورود هوا به تونل، ایجاد فشار مثبت در بیمارستان زیرزمینی توسط فن جهت جلوگیری از ورود هوای آلوده، اجرای محفظه درب‌های هوابند، سوپاپ فشار و سوپاپ ضدانفجار هوابند در ورودی‌ها و خروجی‌های اضطراری، اجرای سیستم حفاظت کاتدی جهت مخزن ذخیره سوخت و هوا. میانگین نظرات پاسخ‌دهندگان به هریک از معیارها به صورت شکل (۹) است.

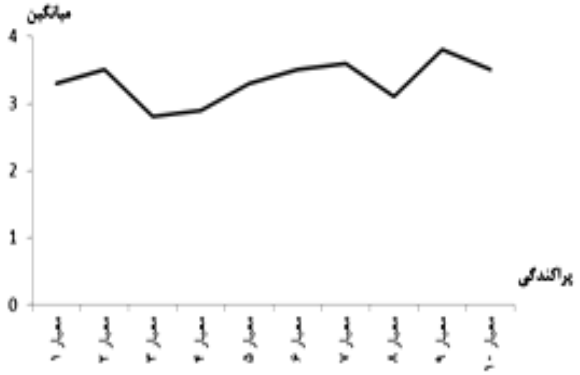


شکل (۹): نتایج نظرسنجی اصل مقاوم‌سازی

۵-۳-۳- اصل پراکندگی، تفرقه و جابجایی

راه‌کارهای مربوط به این اصل شامل ۱۰ معیار می‌باشد که اهم معیارهای این اصل عبارتند از: امکان گسترش، باز و پخش‌نمودن تجهیزات تاسیسات بیمارستان با حفظ عملکرد متداول، در نظرگرفتن جنبه‌های اقتصادی (هزینه و فایده) طرح در پراکندگی تاسیسات، اجرای مخازن ذخیره آب مصرفی، فن‌های تهویه و برج‌های خنک‌کننده بیمارستان در نقاط مختلف، اجرای کانال‌های ورودی و تخلیه هوا از نقاط متعدد، استفاده از مخزن ذخیره آب مجزا جهت مصارف اطفاء حریق، استفاده از تاسیسات کمکی یا تاسیسات سایر ساختمان‌های مجاور بیمارستان در شرایط بحران و ...

میانگین نظرات پاسخ‌دهندگان به هریک از معیارها به صورت شکل (۱۰) است.

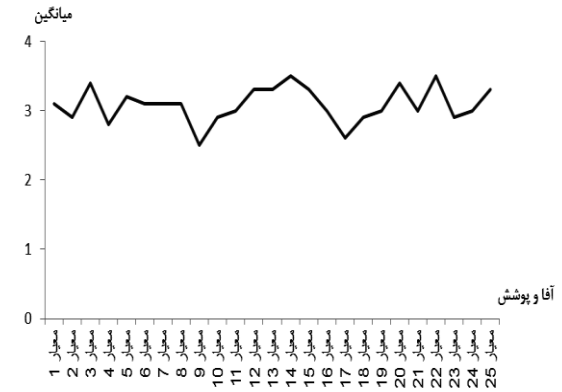


شکل (۱۰): نتایج نظرسنجی اصل پراکندگی

۵-۳-۴- اصل استتار، فریب و اختفاء (آفا)

راه‌کارهای مربوط به این استتار، فریب و اختفاء شامل ۱۰ معیار می‌باشد که اهم معیارهای این اصل عبارتند از: اختفاء موتورخانه تاسیسات بیمارستان زیرزمینی و مخازن ذخیره آب بیمارستان و ممانعت از کشف، شناسایی و ردیابی آن‌ها توسط انواع حسگرهای مرئی، حرارتی، راداری، لیزری، صوتی، مغناطیسی و ...، مدنظر داشتن شکل زمین، موقعیت مکانی، نوع، شکل و رنگ تجهیزات و مدت زمان اختفاء در طرح آفای تاسیسات، ایجاد پوشش بر روی تاسیسات فن‌ها، برج‌های خنک‌کن یا کندانسورهای هوائی و مخازن ذخیره آب و سوخت، استفاده از فیلترهای جذب دود یا تانک‌های هیبریدی برای کاهش غلظت دودهای خروجی از اگزوز دیزل ژنراتورها و دودکش موتورخانه، استفاده از مبدل‌های حرارتی هوا به هوا یا هم‌دماسازی هوای خروجی با هوای محیط، فریب دهانه‌های ورود و خروج هوا با پوشش آلاچیق، پست برق، پارکینگ و ...میانگین نظرات پاسخ‌دهندگان به هریک از معیارها به صورت شکل (۱۱) است.

1- Blast Damper

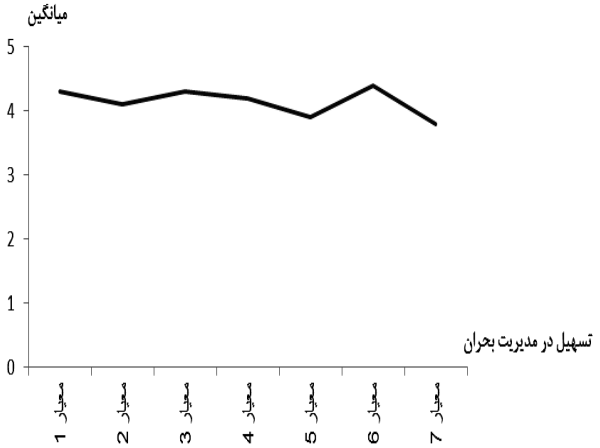


شکل (۱۱): نتایج نظرسنجی اصل آفا

۵-۳-۵- اصل تسهیل در مدیریت بحران

راه‌کارهای مربوط به اصل تسهیل در مدیریت بحران نیز شامل ۱۰ معیار می‌باشد که اهم معیارهای این اصل عبارتند از: استفاده از نیروی انسانی متخصص و باتجربه در شاخه‌های مختلف پزشکی، پدافند غیرعامل و مهندسی مکانیک، در نظرگرفتن حداقل ذخیره آب مورد نیاز برای هر نفر در یک روز معادل ۱۹ لیتر، استفاده از بسته‌های آب معدنی آشامیدنی به عنوان ذخیره، ذخیره‌سازی مواد غذایی کنسرو و بسته‌بندی‌شده در داخل بیمارستان امن مدفون جهت استفاده در شرایط بحران، نگهداری بانک کپسول‌های هوای فشرده، اکسیژن، گاز بی‌هوشی و سایر گازهای طبی در محل‌های امن در داخل بیمارستان، جهت استفاده در شرایط بحران، در نظرگرفتن فن هوای تازه برمبنای حداقل ۶ متر مکعب در ساعت، استفاده از لگن‌های کاغذی و لگن خردکن به جای استفاده از آب جهت شستشوی لگن‌ها.

میانگین نظرات پاسخ‌دهندگان به هریک از معیارها به صورت شکل (۱۲) است.



شکل (۱۲): نتایج نظرسنجی اصل تسهیل در مدیریت بحران

۵-۳-۶- جمع‌بندی پاسخ‌ها به تفکیک اصول مهندسی پدافند غیرعامل

جمع‌بندی نتایج حاصل از میانگین و انحراف معیار نظرات پاسخ-دهندگان به تفکیک اصول مهندسی پدافند غیرعامل در تاسیسات مکانیکی بیمارستان امن مدفون به شرح جدول (۵) است. با توجه با نظر نخبگان بیشترین اثرگذاری در کاهش آسیب‌پذیری در نقاط آسیب‌پذیر تاسیسات مکانیکی مربوط به اصل تسهیل در مدیریت بحران (با میانگین ۴/۱۴) و کمترین اثرگذاری مربوط به اصل آفا و پوشش (با میانگین ۳/۰۸) می‌باشد.

جدول (۵): جمع‌بندی نتایج پرسش‌نامه‌ها

	مکان‌یابی	مقاوم‌سازی	پراکندگی	آفا و پوشش	تسهیل در مدیریت بحران
تعداد	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
میانگین	۳/۹۵	۳/۶۶	۳/۳۳	۳/۰۸	۴/۱۴
انحراف معیار	۰/۹۶	۰/۷۴	۰/۹۰	۱/۱	۰/۸۲

۶- نتیجه‌گیری

بیمارستان‌ها یکی از اجزاء مهم مدیریت بحران محسوب می‌شوند چرا که ایمنی یا بقای سایر افراد و سازمان‌ها به بقاء و پایداری عملکرد آن‌ها در شرایط بحران بستگی دارد. از طرفی، تاسیسات مکانیکی بیمارستانی با توجه به تاثیر مستقیمی که بر روند درمانی بیماران دارد از مهمترین اجزاء بیمارستان‌ها محسوب می‌شوند. با توجه به این‌که تهدیدات مختلفی کشور را تهدید می‌کنند طراحی و ساخت بیمارستان‌های امن که در مقابل انواع تهدیدات محتمل کمترین آسیب‌پذیری را داشته و در شرایط بحران به صورت مداوم ارائه خدمت نمایند بسیار لازم و ضروری است. از طرف دیگر، هیچ استاندارد یا معیاری برای طراحی تاسیسات بیمارستان‌های مدفون با رویکرد پدافند غیرعامل در ایران و جهان تدوین نشده است.

در این پژوهش، ضمن مطالعه سوابق و پیشینه تحقیق در ایران و جهان به روش توصیفی، تحلیلی و فیش‌برداری از منابع کتابخانه‌ای و مصاحبه کمی تهدیدات و آسیب‌پذیری‌ها، شناسایی و اصول و معیارهایی ارائه شده است و نهایتاً روایی و پایایی پرسش‌نامه‌ها مورد تأیید قرار گرفته و نتایج زیر حاصل شده است:

۱- بیمارستان امن مدفون باید برای استفاده بهینه دارای کاربری چندمنظوره باشد تا در زمان بحران با کمترین زمان و هزینه به بیمارستان امن مدفون تبدیل شود.

۲- بیشترین تاثیر در کاهش آسیب‌پذیری تاسیسات مکانیکی بیمارستان مدفون مربوط به معیارهای اصل تسهیل در مدیریت بحران است. پس از آن معیارهای مکان‌یابی، مقاوم‌سازی و پراکندگی در رده‌های بعدی قرار دارند.

۳- کمترین تاثیر در کاهش آسیب‌پذیری مربوط به معیارهای اصل استتار و اختفاء و فریب می‌باشد. بنابراین هزینه‌کرد جهت استتار و اختفاء بیمارستان امن مدفون باید در آخرین اولویت قرار گیرد.

۷- مراجع

1. www.visitguernsey.com

۲. یزدی نژاد، احمد، مدل بیمارستان سیار با سازه تمام کانکسی، نشر مجتمع صنعتی بعثت قم ،۱۳۸۹.

3. http://washingtonjewishweek.com/26902
4. A. Lewis, "Underground War Hospital Opens in Stockholm," The Lancent, Vol. 344, No. 8936, 1990.

۵. هاشمی فشارکی ، سید جواد، قراباغی، محسن، مبانی طراحی و ساخت فضای امن پناه گاهی تهران، انتشارات نخبه سازان، ۱۳۹۰.

۶. ابوالحسنی، بیمارستان های سیار، اداره بهداشت و درمان ستاد کل نیروهای مسلح، ۱۳۹۰.

۷. عسکری، مسعود، میرزائی، محمد، سوادکوهی فر، ساسان، بررسی بیمارستانهای صحرائی ش م ه از منظر پدافند غیرعامل، فصلنامه علمی ترویجی پدافند غیرعامل، سال۲، شماره ۴، پیاپی ۱۲، ۱۳۹۱.

۸. رحمانی قهرودی، ابوذر، حسینی، سید بهشید، طراحی بیمارستان ۳۲ تختخوابی ایمن با رویکرد پدافند غیر عامل، پایان نامه در رشته معماری، مرکز آموزش عالی میراث فرهنگی و گردشگری، ۱۳۹۰.

۹. دوره ده جلدی استاندارد برنامه‌ریزی و طراحی بیمارستان ایمن- طراحی بناهای درمانی، وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی، دفتر مدیریت منابع فیزیکی و مجری طرحهای عمرانی

10. FEMA 453, "Design Guidance for Shelters and Safe Rooms," May 2006.
11. Commandant of Central Hospital, "An Underground Emergency Hospital for Air-Raid Casulties," The Lancet, vol. 238, no. 6165, pp. 494-496, 1941.
12. Editorial Stuff, "Safe Hospitals in Emergencies and Disasters, Structural, Non-structural and Functional Indicators," WHO Western Pacific Region Publication, 2010.
13. K. skogsberg and B. nordell, "The Sundsvall Hospital Snow Storage," The Elsevier Cold Regions Science and Technology, vol. 32, pp. 63-70, 2001.
14. ASHRAE, "American Society of Heating," Refrigerating and Air Conditioning Engineer, HVAC Design Manual for Hospitals & Clinics, Chapter 7, (Health Care Facilitie)

Principles and Criteria of Mechanical Installation Design for Buried Safe Hospital with Passive Defense Approach

H. Radmard*, S. Karimi Mehrabadi, F. Farokhizadeh

Abstract

Since various threats including man-made and natural threats threaten the country, presenting the principles and design criteria of buried safe hospitals is very necessary. These principles and design criteria should have least vulnerability against all types of possible threats and as well as be ready to serve continuously in critical situations . In this paper, , Principles and standards of passive defense in Mechanical Design buried safe hospitals were studied. They include water supply facilities, sewage disposal, ventilation and exchange air, firefighters and medical gases. Method of research was combination of descriptive- analytical and data collection . After data classification, and identification of Principles and standards of Mechanical Design of hospitala with passive defense approach, a questionnaire was designed using Likert scale and was distributed among the experts community. Then, using software SPSS, the data were analyzed in two descriptive and analytical dimensions. The findings of this study showed that using measures of management principle to facilitate crisis will be the most effective and measures of AFA principle will have the minimal impact to reduce the vulnerability of mechanical installations of buried safe hospitals. Also this research provided a perfect reference for designers and engineers of mechanical installations of buried safe hospitals based on passive defense .

KeyWords: *Buried Safe Hospital, Passive Defense, Mechanical Installations* .

* Qom University of Technology (hassan.radmard@gmail.com)- Writer-in-Charge