نشریه علمی پدافند غیرعامل

سال دوازدهم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، (پیاپی ۴۵): صص ۱۲-۱

علمی- ترویجی

ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای بیمارستان‌های شهر یاسوج از دیدگاه پدافند غیرعامل و روش ATC

مهرداد خلقی فرد[1*]، احسان بدخشان‌نژاد[2]،

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۵

چکیده

ارزیابی میزان خسارت، آسیب‌پذیری، برنامه‌ریزی جهت آمادگی و کاهش خطر قبل از وقوع زلزله، امری ضروری است. با توجه به واقع شدن شهر یاسوج در جایگاه پهنه‌بندی با خطر نسبی بالا، وقوع یک زلزله بزرگ در این شهر خسارت‌ها و تلفات زیادی را در بر خواهد داشت. با توجه به این‌که در تقسیم‌بندی درجات اهمیت ساختمان‌ها، بیمارستان‌ها جزو موارد با اهمیت خیلی زیاد می‌باشند و ازآنجا که در هنگام زلزله باید بتوان به مجروحان و مصدومان امدادرسانی کرد، رعایت اصول پدافند غیرعامل در بیمارستان‌ها اهمیت ویژه‌ای دارند. بنابراین، این تحقیق با روش تحقیق توصیفی- تحلیلی و با هدف ارزیابی و مقایسه آسیب‌پذیری بیمارستان‌های شهر یاسوج از دیدگاه پدافند غیرعامل و روش ATC انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد که بر اساس روش ATC به‌ترتیب بیمارستان‌های شهدای گمنام (S=۲/۱)، بیمارستان امام سجاد(ع) (S=۲/۳) و بیمارستان شهید جلیل (S=۵/۶) بیشترین آسیب‌پذیری را در برابر زلزله دارند. با توجه به نمرات ارزیابی نهایی سازه‌ای در برابر آسیب‌پذیری لرزه‌ای، بیمارستان‌های شهید جلیل، امام سجاد و شهدای گمنام به‌ترتیبب دارای ایمنی مطلوب، قابل قبول و غیرقابل قبول (ممکن است خطرناک) می‌باشند. همچنین بر اساس رویکرد پدافند غیرعامل به‌ترتیب بیمارستان‌های امام سجاد(ع) (A_T = ۸/۰۱)، بیمارستان شهید جلیل (A_T =۷/۲۶) و بیمارستان شهدای گمنام (A_T = ۶/۲۲) بیشترین آسیب‌پذیری را داشتند. در نهایت بر اساس نتایج این دو روش، آسیب‌پذیری بیمارستان‌های شهر یاسوج باهم مقایسه و مشخص گردید به ترتیب بیمارستان‌های شهید جلیل، شهدای گمنام و امام سجاد کمترین آسیب‌پذیری را دارند.

کلیدواژه‌ها: آسیب‌پذیری، زلزله، بیمارستان، پدافند غیرعامل، ATC

[1] استادیار، گروه عمران، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران- (kholghifard.m@iauyasooj.ac.ir)- نویسنده مسئول

[2] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه عمران، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران

۱- مقدمه

بلایای طبیعی دارای ماهیت ویژه‌ای می باشند که مهم‌ترین آن‌ها، غیرمترقبه و ناگهانی بودن است. زلزله از جمله عوامل طبیعی است که دارای آثار مخرب و زیانبار اقتصادی و سلامت برای جوامع می‌باشد. مسئله اساسی به میزان رخداد این پدیده در کشورها و جوامع بر می‌گردد، به‌طوری‌که طبق آمار به‌طور متوسط در هر سال ۷۰ تا ۷۵ زلزله مخرب و آسیب‌رسان در سراسر دنیا رخ می‌دهد. بر اساس آمار از میان پنج زلزله بزرگ جهان در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵، دو زلزله مربوط به ایران بوده و بیشترین تلفات نیز مربوط به همین دو مورد بوده است [۱]. بر اساس گزارش سازمان ملل، در سال ۲۰۰۳ میلادی، کشور ایران در بین کشورهای جهان رتبه نخست را در تعداد زلزله‌های با شدت بالای ۵/۵ ریشتر و یکی از بالاترین رتبه‌ها را در زمینه آسیب‌پذیری از زلزله و تعداد افراد کشته شده در اثر این سانحه، داشته است. بر اساس همین گزارش، در کشور ایران زلزله وجه غالب را در بین سوانح طبیعی دارا است [۲]. یکی از کارهای اساسی برای کاهش خطر زلزله، تعیین آسیب‌پذیری ساختمان‌ها و تاسیسات در برابر تحریکات زمین لرزه است تا بر اساس آن بتوان در مورد آن‌ها از لحاظ مواجهه با زلزله تصمیم‌گیری نمود. در واقع هدف اصلی در مهندسی زلزله کاهش خطر زلزله در جوامع انسانی می باشد. بدین منظور لازم است که مقاومت ساختمان‌های موجود در برابر زلزله ارزیابی گردد. ارزیابی دقیق مقاومت مستلزم انجام آزمایش‌های مفصل و بعضا" پیچیده می‌باشد که معمولا" بسیار وقت‌گیر و پرهزینه هستند. از این‌رو، اگر بتوان به طریقی ساده‌تر مقاومت ساختمان‌ها را در برابر زلزله ارزیابی نمود هم از لحاظ زمانی و هم از لحاظ هزینه بسیار به صرفه خواهد بود. زلزله یکی از سوانح طبیعی است که بیشتر کشورها ازجمله ایران با تهدیدات آن مواجه آن هستند، وضرورت کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر این سانحه طبیعی، یکی از اهداف مهم برنامه‌ریزی شهری است.

یکی از جنبه‌های مهم در برنامه‌ریزی توسعه، توجه به آسیب‌پذیری کشور و از همه مهم‌تر آسیب‌پذیری شهرها در مقابل تهدیدهای ناشی از جنگ و بلایای طبیعی است. امروزه توجه به برنامه و طرح‌های مختلف پدافند با هدف پیشگیری از وارد آمدن خسارت و صدمات جانی و مالی ناشی از بحران از سوی مسئولان سیاسی و دفاعی کشورهای مختلف، در کانون برنامه‌های ملی قرار دارد. پدافند غیرعامل[1] در ایران از سال ۹۱ با تصویب مبحث ۲۱ مقررات ملی ساختمان به‌صورت رسمی وارد صنعت ساختمان گردیده که شامل مجموعه اقدامات فنی و مهندسی است که با به‌کارگیری آن‌ها بتوان کاهش آسیب‌پذیری، ارتقاء پایداری ملی و تداوم فعالیت‌های ضروری در زمان وقوع بحران را حاصل نمود. ازآنجا که عامل بیش از ۸۰ درصد حوادث خطاهای انسانی است، لذا حرکت به سمت ایمن‌سازی بدون توجه به ملاحظات پدافند غیرعامل امکان‌پذیر نخواهد بود.

بررسی نقشه‌های زمین شناسی و شواهد مورفوتکتونیک شهر یاسوج حاکی از وجود چندین گسل به‌خصوص در بخش‌های شمالی و شرقی شهر می‌باشد. با توجه به فاصله کم سامانه های گسلی پیرامون مرکز شهر، طول قطعات گسلی فعال و در نتیجه توان لرزه‌خیزی بالا، این منطقه مستعد بروز رخدادهای بزرگتر نیز می‌باشد. لذا پرداختن به شناسایی دقیق و ساز و کار گسل‌های آشکار و پنهان، تهیه نقشه‌های ریز پهنه‌بندی و تحلیل خطر زلزله بیش از پیش داری اهمیت می‌باشد. در طراحی سازه‌های بزرگ مثل بیمارستان‌ها، کارخانه‌ها، نیروگاه‌ها، سدها و ... اهمیت مطالعات لرزه‌خیزی به جهت پیدا کردن نقاط امن و محاسبه بیشینه شتاب‌های افقی و عمودی بسیار مورد توجه می‌باشد. آسیب‌های وارد به ساختمان‌ها در زلزله‌های اخیر به‌خصوص زلزله‌های اردیبهشت ۱۳۹۷ ضرورت ارزیابی آسیب‌پذیری، احتمال خرابی و میزان خسارت به ساختمان‌های موجود را در برابر زلزله‌های آینده ضروری ساخته است. بر اساس گزارش مسئولان، در زلزله ۵/۲ ریشتر، آسیب‌هایی به دو بیمارستان شهید جلیل و امام سجاد (ع) شهر یاسوج وارد گردیده است. بر اساس مستندات به‌دست آمده تا لحظه نگارش این گزارش، این خسارات غالبا به‌صورت بروز ترک‌های برشی و قائم در دیوارهای پیرامونی این بیمارستان‌ها و همچنین در سطوح داخلی آن‌ها بوده است که در برخی قسمت‌ها موجب فروریزش مصالح‌نما و یا پوشش‌های سرامیکی داخل بیمارستان گردیده است (شکل ۱).

امروزه مطالعات زیادی برای ارزیابی سریع لرزه‌ای ساختمان‌ها در دنیا انجام شده است [۳]. روش‌های مختلفی نیز برای ارزیابی خرابی ایجاد شده در سازه‌ها بر اثر زلزله ارائه شده‌اند. برای تعیین میزان پذیرش خطر لرزه‌ای سازه‌ها در مطالعات بهسازی، به صورت گسترده‌ای از آیین نامه‌های ATC[2] و موارد مشابه آن استفاده می‌شود [۴]. در ایران برای تهیه شناسنامه فنی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان از دستورالعمل ارزیابی سریع ساختمان‌های موجود، نشریه شماره ۳۶۴ [۴]، روش ATC و آریا صورت می‌گیرد [۳]. روش ارزیابی آسیب‌پذیری کیفی ATC مهم‌ترین و کاربردی‌ترین روش‌های ارزیابی به‌خصوص در ایران می‌باشند [۵]. با این‌که این روش تقریبی است ولی برای شناخت سریع وضعیت ساختمان‌ها و آسیب‌پذیری آن‌ها در مقابل زلزله موثر است. در این روش کلیه عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری

[1] Passive Defense

[2] Applied Technology Council

ساختمان که در دسترس هستند از طریق اسناد و مدارک، مثل دفتره ماحسبات، نقشه‌های سازه‌ای، نقشه‌های اجرائی، تغییرات حین ساخت و بعد از ساخت باید جمع‌آوری شوند [۶].

شکل (۱): خرابی بیمارستان‌های یاسوج در اثر زلزله ۵/۲ ریشتری.

از طرف دیگر، نظام بهداشت و درمان در صورت بروز بحران چه طبیعی و چه رخداد جنگ، با تهدیدات مختلفی مواجهه است و باید بتواند به نحوی پیش‌بینی گردد که آمادگی لازم جهت مدیریت بحران، استمرار خدمات و انجام وظایف خود را داشته باشد. از جمله این آسیب‌ها خسارت به مراکز اصلی و فرعی خدمات بهداشتی و درمانی است که خود سبب از هم گسیختن زنجیره خدمات رسانی به مردم می‌گردد. در صورت عدم امادگی سیمانه های بهداشت و درمان در چنین شرایطی، نه تنها قادر به ارائه خدمات نیست بلکه با آسیب دیدن تاسیسات، تجهیزات و نیروی انسانی، بحران تشدید می‌گردد. بنابراین، شناسایی تهدیدات چه بحران‌های طبیعی و چه تهدیدات نظامی در طراحی و ساخت تاسیسات اساسی نظام سلامت، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این زمینه مراکز درمانی در پدافند غیرعامل نقش مهمی را دارا می‌باشند و به همین سبب ارزیابی کاربری‌های درمانی با رویکرد پدافند غیرعامل ضروری به‌نظر می‌رسد [۷ و ۸]. با وجود اهمیت تحلیل آسیب‌پذیری بیمارستان به‌عنوان یکی از مراکز حساس در پدافند غیرعامل و لزوم تدوین برنامه‌های پیشگیری و آمادگی مقابله با زلزله، در بیمارستان‌های شهر یاسوج به‌عنوان مرکز استان کهگیلویه و بویراحمد این رویکرد وجود ندارد. این پژوهش با هدف تعیین سطح آسیب‌پذیری بیمارستان‌های شهر یاسوج در برابر زلزله انجام می‌شود. بنابراین، از روش ATC برای تعیین درجه آسیب‌پذیری و تحلیل سلسله مراتبی[1] AHP برای اولویت‌بندی آسیب‌پذیری بیمارستان‌های شهر یاسوج بر اساس رویکرد پدافند غیرعامل استفاده شده است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی‌از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چند شاخصه است که توسط توماس ال ساعتی در دهه ۱۹۷۰ ابداع گردید [۹].

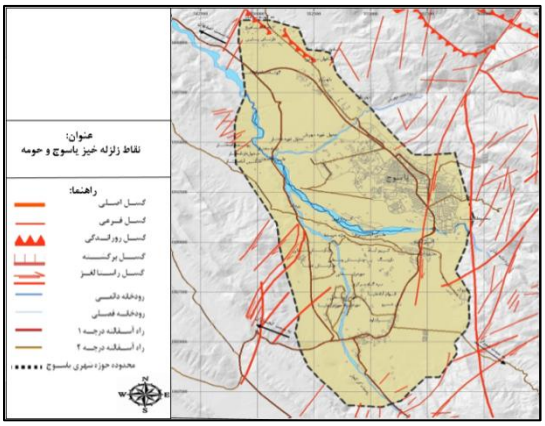
با وجود محبوبیت زیاد فرایند تحلیل سلسله مراتبی، غالباً از آن به خاطر ناتوانی در یکی کردن ابهامات و ادراکات تصمیم گیرنده نسبت به اعداد دقیق انتقاد می شود؛ اما ازآنجایی که عدم قطعیت یکی از معمول‌ترین مشخصه‌های مسائل تصمیم‌سازی است، روش فازی سلسه مراتبی برای پاسخگویی به این مشکل ایجاد شد [۱۰] و این روش از محدوده‌ای از ارزش‌ها برای بیان عدم قطعیت استفاده می‌کند [۱۱].

۲- روش تحقیق

برای ارزیابی کیفی آسیب‌پذیری لرزه‌ای برای یک محل، تمام منابع لرزه‌ای و مشخصات اقلیمی، خاک، توپوگرافی و سازه‌ای بایستی شناسایی شوند و قابلیت آن ها در تولید و یا تشدید زلزله ارزیابی گردد. بدین منظور در ابتدا مشخصات کلی شهر یاسوج و در ادامه تشریح روش کار آورده شده است.

۲-۱- محدوده مورد مطالعه و بررسی لرزه‌ای

از نظر موقعیت ریاضی و محل دقیق قرارگیری در پهنه جغرافیایی استان، شهر یاسوج در موقعیت جغرافیایی ۲۱درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۴۱ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. موقعیت حوزه شهری یاسوج از دیدگاه زمین ساخت پرتکاپو و فعال بوده است. ساختار غالب منطقه، متأثر از فعالیت گسل های رورانده و تا اندازه‌ای راستگرد است. جنوب غربی حوزه، زاگرس چین خورده و حاشیه جنوب شرقی تا شمال آن را زاگرس مرتفع تشکیل می‌دهد. مرز بین زاگرس چین خورده و زاگرس مرتفع را گسل رانده شده دنا در ادامه گسل قطر- کازرون شکل می‌دهد. همان‌طور که از شکل (۲) مشخص است، گسل‌های موجود در منطقه بیشتر از نوع گسل‌های راست‌گرد و عادی هستند. مهم‌ترین گسل منطقه گسل رورانده دنا است که یک گسل فعال و مهم‌ترین دلیل فعال بودن آن وجود پادگانه‌های رودخانه‌ای نزدیک به گسل است [۱۲].

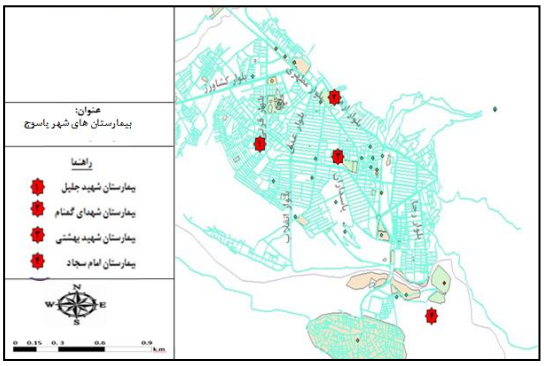


شکل (۲): نقشه نقاط زلزله خیز یاسوج و حومه.

[1] Analytical Hierarchy process

۲-۲- کاربری‌های درمانی شهر یاسوج

سرانه کاربری درمانی براساس مصوبه شورای عالی بین m^2 ۱ تا m^2 ۱/۵ در نظر گرفته شده است. سرانه این کاربری در شهر یاسوج برابر با m^2 ۱/۳۸ است که در بازه سرانه استاندارد قرار دارد. بیمارستان آموزشی امام سجاد (ع)، بیمارستان آموزشی شهید بهشتی، بیمارستان شهدای گمنام، و بیمارستان شهید رجایی از بزرگترین فضاهای درمانی در محدوده شهر یاسوج هستند. وجود درمانگاه‌ها و پایگاه‌های سلامت در مقیاس محلی پاسخگوی نیازهای شهروندان است و بیمارستان‌ها نیز در مقیاس شهری عمل می‌کنند. پراکنش بیمارستان‌های اصلی شهر یاسوج در نقشه (شکل ۳) نشان داده شده است.



شکل (۳): نقشه پراکنش بیمارستان‌های اصلی شهر یاسوج

۲-۳- ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای

پژوهش حاضر بر اساس هدف تحقیق، کاربردی و بر اساس ماهیت، توصیفی-تحلیلی می‌باشد. در این پژوهش از هر دو روش اسنادی (کتابخانه‌ای) و پیمایشی (میدانی) جهت ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای بیمارستان‌های شهر یاسوج استفاده شده است. اطلاعات و آمار جمع‌آوری شده به دو صورت دستی و رایانه‌ای مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای تحلیل داده‌های پژوهش ازدو روش کمی (توصیفی و استنباطی) وکیفی استفاده شد. در این پژوهش از روش ATC برای تعیین درجه آسیب‌پذیری و تحلیل سلسله مراتبی AHP برای اولویت بندی آسیب‌پذیری بیمارستان‌های شهر یاسوج بر اساس رویکرد پدافند غیرعامل استفاده شده است. به منظور ارزیابی آسیب‌پذیری بیمارستان‌های شهر یاسوج، فرم ارزیابی شامل اطلاعات سازه‌ای بیمارستان و پارامترهای ارزیابی آسیب‌پذیری به روش ATC بر اساس مطالعات و شناخت جامعی از جغرافیا، اقلیم، جمعیت، زمین شناسی و لرزه خیزی شهر یاسوج تنظیم شد. سپس پرسش نامه ای در ارتباط با پارامتر های ارزیابی شاخص های پدافند غیرعامل در بیمارستان‌های شهر یاسوج تنظیم گردید. پرسش نامه های مذکور با روش دلفی و با ارزیابی فنی ۶ نفر ازکارشناسان مرتبط تکمیل گردید.

۲-۴- تحلیل آسیب‌پذیری بیمارستان‌های شهر یاسوج به روش ATC

این روش ارزیابی سریع آسیب‌پذیری در سال ۱۹۸۸ توسط دستورالعمل FEMA 154[1] [۱۳] آغاز شده است. این دستورالعمل روش ارزیابی و بازرسی ارائه می‌دهد که کاربران را قادر می‌سازد تا ساختمان‌های مورد بازرسی را به دو دسته تقسیم بندی کنند: ۱- آن ساختمان‌هایی که قابل قبول هستند و در سطح خطر مورد نظر (Life safely) دارای ایمنی قابل قبول می‌باشند. ۲- آن‌هایی که ممکن است خطرناک باشند و باید توسط مهندسین طراح حرفه‌ای و با تجربه مورد ارزیابی دقیق‌تر قرار گیرند [۱۴].

تعیین امتیاز حدی در روش ATC: استفاده از روش RVS[2] ساختمان‌های بازرسی شده را به دو گروه تقسیم می‌کند:

۱- ساختمان‌هایی که عملکرد لرزه‌ای قابل قبولی دارند.

۲- ساختمان‌هایی که از نظر عملکرد لرزه‌ای قابل قبول نیستند.

ساختمان‌های گروه دو باید مورد بررسی دقیق قرار گیرند و برای این کار لازم است که یک امتیاز حدی نهائی در مرحله برنامه‌ریزی تعیین شود. درجه سازه نهایی (S) در بازه بین صفر و شش در نظر گرفته شده است، که درجات بالاتر نشان دهنده عملکرد لرزه‌ای بهتر می‌باشد. امتیاز $S= ۲$ براساس معیارهای طراحی لرزه‌ای به‌عنوان امتیاز حدی پیشنهاد می‌شود. هر ساختمان که دارای $S \leq ۲$ باشد باید مورد ارزیابی دقیق‌تر قرار گیرد [۱۵]. تیم محققین این روش توصیه کرده‌اند که مهندسین مجرب طراحی لرزه‌ای، ساختمان‌های با درجه سازه‌ای نهایی کمتر از ۲ را بازنگری نمایند. اساسا S یک تخمین از احتمال واژگونی و خرابی سازه است و انتخاب آن نیازمند مطالعات اعتمادپذیری و بررسی هزینه‌های عوامل مختلفی است، از جمله:

- هزینه‌های بررسی‌های دقیق درمورد صدها و هزاران ساختمان با توجه به تعیین و شناسائی بعضی از شکست‌ها و خرابی‌ها که باید در مقابل زلزله تقویت شوند.

- هزینه‌های مقاوم‌سازی آن‌هایی که به‌صورت غیرقابل قبولی ضعیف شناخته شده‌اند [۱۶].

این دستورالعمل، برای جمع‌آوری اطلاعات سازه‌ای، سه فرم جداگانه مطابق محدوده‌هایی که آیین‌نامه از نظر لرزه‌خیزی مشخص کرده، مطابق دسته‌بندی زیر در نظر گرفته است:

۱- مناطق با خطر لرزه خیزی بالا

۲- مناطق با خطر لرزه خیزی متوسط

[1] Federal Emergency Management Agency
[2] Rapid Visual Screening

۳- مناطق با خطر لرزه‌خیزی کم

در بخش اول به ارزیابی آسیب‌پذیری بیمارستان‌های امام سجاد، شهدای گمنام، و شهید جلیل شهر یاسوج به روش ATC پرداخته شده است که ارزیابی آسیب‌پذیری هریک از بیمارستان‌ها در یک فرم جداگانه آورده شده است. در نهایت درجه سازه نهایی (S) در بازه بین صفر و شش در نظر گرفته شده است.

۲-۵- تحلیل آسیب‌پذیری بیمارستان‌های شهر یاسوج با رویکرد پدافند غیرعامل

برای بیان آسیب‌پذیری و تعیین اندازه و نوع آن با رویکرد پدافند غیرعامل به مدلی در این رابطه نیاز است. بدین منظور آسیب‌پذیری در چهار طیف (آسیب‌پذیری کم، آسیب‌پذیری متوسط، آسیب‌پذیری قابل توجه و آسیب‌پذیری زیاد) مورد بررسی قرار می گیرد.

جامعه هدف این مطالعه بیمارستان‌های شهر یاسوج بودند که در جدول (۱) آورده شده‌اند. از این بیمارستان‌ها سه تا از بزرگترین و پرکاربردترین آن‌ها به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. برای ساخت پرسشنامه، از کارشناسان شامل خبرگان و کارشناسان مهندسی عمران و شهرسازی، متخصصین و پیمانکاران در زمینه ساخت بیمارستان استفاده شد. جهت شناسایی معیارهای آسیب‌پذیری بیمارستان‌های شهر یاسوج با رویکرد پدافند غیرعامل تعداد ۱۸ معیار انتخاب شد و در نهایت در راند دوم روش دلفی [۱۷] جهت بررسی آسیب‌پذیری بیمارستان‌های شهر یاسوج در برابر زلزله ۱۱ معیار پدافند غیرعامل انتخاب شدند.

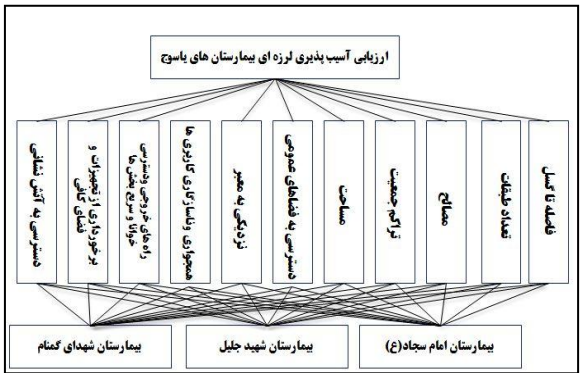
جدول (۱): بیمارستان‌های یاسوج

نام بیمارستان	محل احداث
شهدای گمنام	جاده آبشار ابتدای بلوار ارم
شهید بهشتی	خیابان شهید محمد منتظری
امام سجاد	جنب هتل آزادی یاسوج
سلمان	بلوار مطهری -خیابان تختی
شهید جلیل	بلوار شهید قرنی
زاگرس	بلوار ابوذر
شهید رجائی	یاسوج میدان امام حسین(ع)
دانشگاه آزاد	سرابتاوه پردیس، دانشگاه آزاد

جهت شناسایی معیارهای آسیب‌پذیری بیمارستان‌های شهر یاسوج با رویکرد پدافند غیرعامل تعداد ۱۸ معیار انتخاب شد و در اختیار کارشناسان عمران و شهرسازی و متخصصین مربوطه قرار گرفت و از ایشان خواسته شد که معیارهای کارآمد جهت بررسی آسیب‌پذیری بیمارستان‌های یاسوج را انتخاب کنند. پس از جمع بندی و تلخیص نتایج، مجددا فرم‌ها به تمام افراد صاحب نظر برگردانده شد بدون آنکه مشخص باشد که نظرات توسط چه کسانی ارائه شده است. در دور دوم کارشناسان فرصت بازنگری در نظر خود را پیدا کردند و نهایتا بعد از تلخیص و جمع‌بندی نتایج دور دوم، نهایتا نتیجه واحدی در خصوص تعیین معیارهای موثر رویکرد پدافند غیرعامل در ارزیابی آسیب‌پذیری بیمارستان‌ها در برابر زلزله و چگونگی دسته‌بندی و طیف آن معیارها به‌دست آمد. سرانجام، در راند دوم روش دلفی جهت بررسی آسیب‌پذیری بیمارستان‌های شهر یاسوج در برابر زلزله ۱۱ معیار پدافند غیرعامل انتخاب شدند که این معیارها به شرح ذیل می‌باشند:

A1- آسیب‌پذیری ناشی از نزدیکی به گسل
A2- آسیب‌پذیری ناشی از تعداد طبقات
A3- آسیب‌پذیری ناشی از نوع مصالح به‌کار رفته در بنا
A4- آسیب‌پذیری ناشی از تراکم جمعیت
A5- آسیب‌پذیری ناشی از همجواری و ناسازگاری کاربری‌ها
A6- آسیب‌پذیری ناشی از میزان دسترسی به فضاهای عمومی
A7- آسیب‌پذیری ناشی از عدم رعایت نزدیکی به معبر
A8- آسیب‌پذیری ناشی از راه‌های خروجی نامناسب و عدم دسترسی خوانا و سریع بخش‌ها
A9- آسیب‌پذیری ناشی از مساحت
A10- آسیب‌پذیری ناشی از عدم برخورداری از تجهیزات و فضای کافی جهت پذیرش در شرایط اضطراری
A11- آسیب‌پذیری ناشی از فاصله تا آتش نشانی

این معیارها درساختار سلسله مراتبی نمودار زیر (شکل ۴) قابل مشاهده هستند.



شکل (۴): ساختار سلسله مراتبی نقش پدافند غیرعامل در آسیب‌پذیری بیمارستان‌های نمونه.

۳- نتایج و بحث

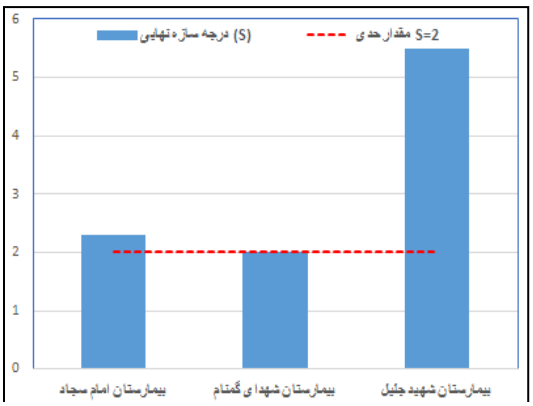
در بخش اول نتایج ارزیابی آسیب‌پذیری بیمارستان‌های امام سجاد (ع)، شهدای گمنام و شهید جلیل شهر یاسوج به روش ATC آورده شده است. ارزیابی لرزه‌ای بر اساس این دستورالعمل

همانند دیگر روش‌های ارزیابی، دارای فرم‌های مخصوصی برای گردآوری اطلاعات و ارزیابی درجه خسارت‌پذیری می‌باشد. در جدول‌های (۳ و ۴ و ۵) به‌ترتیب ارزیابی آسیب‌پذیری بیمارستان‌های امام سجاد (ع)، شهدای گمنام و شهید جلیل یاسوج ارائه شده است.

در روش ارزیابی لرزه‌ای سریع ساختمان‌های موجود که بر اساس ملاحضات FEMA154 و ATC-21 استوار است، محاسبه درجه نهایی سازه (S)، از مجموع امتیازات (مثبت و منفی) شامل امتیاز پایه (A) با توجه به نوع سازه (B)، تعداد طبقات، نامنظمی در ارتفاع (C)، نامنظمی در پلان (D)، زلزله خیزی و اهمیت ساختمان بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ (E) و تیپ خاک (F) به‌دست می‌آید.

$$S=A+B+C+D+E+F \qquad (۱)$$

بر این اساس، نتایج جدول (۳) نشان داد که درجه سازه نهایی بیمارستان امام سجاد مقدار S= ۲/۳ می‌باشد. ازآنجایی که مقدار مجاز ۶ ≤ S > ۰ می‌باشد و بالاترین حدآن مقدار S= ۶ می‌باشد، بنابراین این بیمارستان مطابق معیارهای روش ATC در سطح خطر دارای ایمنی قابل قبول می‌باشد. نتایج جدول (۴) نشان داد که درجه سازه نهایی (S) بیمارستان شهید جلیل S= ۵/۶ می‌باشد که در محدوده مجاز ۶ ≤ S > ۰ می‌باشد. بنابراین مقدار S= ۵/۶ برای بیمارستان شهید جلیل اگرچه مقدار قابل توجهی است ولی نشانگر عملکرد لرزه ای نسبتا" مناسب این بیمارستان مطابق معیارهای روش ATC است. نتایج جدول (۵) نشان داد درجه سازه نهایی (S) بیمارستان شهدای گمنام S= ۲/۱ می‌باشد که در حد مجاز ۶ ≤ S > ۰ می‌باشد، اگرچه S= ۲ به‌عنوان امتیاز حدی در نظر گرفته شده است. تعلق گرفتن درجه سازه S= ۲/۱ نشانگر این موضوع می باشد که این بیمارستان مطابق معیارهای روش ATC ممکن است خطرناک باشد و باید توسط مهندسین طراح حرفه‌ای و با تجربه مورد ارزیابی دقیق‌تر کمی و کیفی قرار گیرد. در شکل (۵) نمودار مقایسه مقدار سازه نهایی (S) تعلق گرفته توسط روش ATC برای هریک از بیمارستان‌های امام سجاد (ع)، شهدای گمنام و شهید جلیل شهر یاسوج نشان داده شده است.



شکل (۵): نمودار مقایسه مقدار درجه سازه نهایی بیمارستان‌های شهر یاسوج.

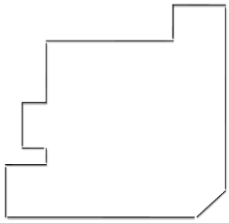
در مرحله بعدی، به‌منظور ارزیابی آسیب با رویکرد پدافند غیرعامل، چهار طیف در نظر گرفته شده است که به هریک از این طیف‌ها نمره‌ای به‌خصوص تعلق می‌گیرد که به‌شرح زیر است: آسیب‌پذیری کم نمره ۱، آسیب‌پذیری متوسط نمره ۲، آسیب‌پذیری قابل توجه نمره ۳ و آسیب‌پذیری زیاد نمره ۴. میزان آسیب‌پذیری بیمارستان‌های مورد نظر در ۱۱ معیار در جدول (۲) آمده است.

جدول (۲): آسیب‌پذیری بیمارستان‌های موردی در معیار منتخب.

	(میزان آسیب‌پذیری)		
نوع آسیب‌پذیری	**بیمارستان امام سجاد**	**بیمارستان شهدای گمنام**	**بیمارستان شهید جلیل**
آسیب‌پذیری ناشی از نزدیکی به گسل A1	زیاد	قابل توجه	کم
آسیب‌پذیری ناشی از تعداد طبقات A2	متوسط	کم	قابل توجه
آسیب‌پذیری ناشی از نوع مصالح به کار رفته در بنا A3	متوسط	متوسط	کم
آسیب‌پذیری ناشی از تراکم جمعیت A4	کم	کم	کم
آسیب‌پذیری ناشی از همجواری و ناسازگاری کاربری ها A5	کم	کم	کم
آسیب‌پذیری ناشی از میزان دسترسی به فضاهای عمومی A6	کم	متوسط	متوسط
آسیب‌پذیری ناشی از عدم رعایت نزدیکی به معبر A7	زیاد	متوسط	متوسط
آسیب‌پذیری ناشی از راه های خروجی نامناسب و عدم دسترسی خوانا و سریع بخش‌ها A8	متوسط	متوسط	کم
آسیب‌پذیری ناشی از مساحت A9	کم	کم	کم
آسیب‌پذیری ناشی از عدم برخورداری از تجهیزات و فضای کافی جهت پذیرش در شرایط اضطراری A10	قابل توجه	قابل توجه	متوسط
آسیب‌پذیری ناشی از فاصله تا آتش نشانی A11	قابل توجه	متوسط	زیاد

جدول (۳): فرم ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای بیمارستان امام سجاد یاسوج به روش ATC.

بیمارستان امام سجاد یاسوج
آدرس: یاسوج، کمربندی ساحلی
سال ساخت: ۱۳۷۹
تعداد طبقات: ۴ طبقه
کاربری طراحی: درمانی
سطح کل زیربنا: ۵۹۵۰ m^2



نوع سقف		
طاق ضربی ☐	تیرچه بلوک ■	سایر ☐

تعداد ساکنین			
☐ ۰-۱۰	☐ ۱۱-۱۰۰	■ ۱۰۱-۱۰۰۰	☐ بیش از ۱۰۰۰

شتاب مبنای طرح منطقه براساس استاندارد ۲۸۰۰			
☐ ۰/۳۵	■ ۰/۳۰	☐ ۰/۲۵	☐ ۰/۲۰

اهمیت ساختمان براساس استاندارد ۲۸۰۰				نوع خاک براساس استاندارد ۲۸۰۰			
گروه ۱ ■	گروه ۳ ☐			☐ I	☐ II	■ III	☐ IV
گروه ۲ ☐	گروه ۴ ☐						

نوع سیستم سازه / امتیاز	سیستم‌های فولادی				سیستم‌های بتنی			
	S1 ☐	S2 ☐	S3 ☐	S4 ☐	C1 ■	C2 ☐	C3 ☐	PC ☐
	قاب خمشی	قاب ساده با مهاربندی	قاب ساده با دیوار برشی	قاب ساده با میانقاب	قاب خمشی	قاب خمشی با دیوار برشی	قاب با میانقاب	قاب پیش‌ساخته
امتیاز پایه	۲/۸	۳	۳/۲	۲/۸	**۲/۵**	۲/۸	۱/۶	۲/۶
بین ۴ تا ۷ طبقه	+۰/۲	+۰/۴	N/A	+۰/۴	**+۰/۴**	+۰/۴	+۰/۲	N/A
بیش از ۷ طبقه	+۰/۶	+۰/۸	N/A	+۰/۸	+۰/۶	+۰/۸	+۰/۳	N/A
نامنظمی در ارتفاع	-۱	-۱/۵	N/A	-۱	-۱/۵	-۱	-۱	N/A
نامنظمی در پلان	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵
طراحی قبل از تدوین آیین نامه ۲۸۰۰	-۱	-۰/۸	-۰/۶	-۰/۸	-۱/۲	-۱	-۰/۲	-۰/۸
طراحی پس از تغییرات ویژه آیین نامه	+۱/۴	+۱/۴	N/A	+۱,۶	+۱/۴	+۲/۴	N/A	+۲/۴
نوع خاک تیپ ۲	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۴
نوع خاک تیپ ۳	-۰/۶	-۰/۶	-۰/۶	-۰/۶	**-۰/۶**	-۰/۶	-۰/۴	-۰/۶
نوع خاک تیپ ۴	-۱/۲	-۱/۲	-۱/۲	-۰/۸	-۱/۲	-۰/۸	-۰/۸	-۱/۲

شاخص آسیب‌پذیری لرزه‌ای $S = ۲/۵ + ۰/۴ - ۰/۶ = ۲/۳$

جدول (۴): فرم ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای بیمارستان شهدای گمنام یاسوج به روش ATC.

بیمارستان شهدای گمنام

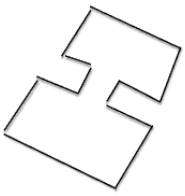
آدرس: یاسوج،جاده آبشار ،ابتدای بلوار ارم

سال ساخت:۱۳۸۴

تعداد طبقات: ۳طبقه

کاربری طراحی:درمانی

سطح کل زیربنا: $4500\ m^2$



نوع سقف		
طاق ضربی ☐	تیرچه بلوک ■	سایر ☐

تعداد ساکنین			
۰-۱۰ ☐	۱۱-۱۰۰ ☐	۱۰۱-۱۰۰۰ ■	بیش از۱۰۰۰ ☐

شتاب مبنای طرح منطقه براساس استاندارد ۲۸۰۰			
۰/۳۵ ☐	۰/۳۰ ■	۰/۲۵ ☐	۰/۲۰ ☐

اهمیت ساختمان براساس استاندارد ۲۸۰۰				نوع خاک براساس استاندارد ۲۸۰۰			
گروه ۱	☐	گروه ۳	☐	☐	☐	■	☐
گروه ۲	☐	گروه ۴	☐	I	II	III	IV

نوع سیستم سازه / امتیاز	سیستم‌های فولادی				سیستم‌های بتنی			
	S1 ☐	S2 ☐	S3 ☐	S4 ☐	C1 ■	C2 ☐	C3 ☐	PC ☐
	قاب خمشی	قاب ساده با مهاربندی	قاب ساده با دیوار برشی	قاب ساده با میانقاب	قاب خمشی	قاب خمشی با دیوار برشی	قاب با میانقاب	قاب پیش‌ساخته
امتیاز پایه	۲/۸	۳	۳/۲	۲/۸	**۲/۵**	۲/۸	۱/۶	۲/۶
بین ۴ تا ۷ طبقه	+۰/۲	+۰/۴	N/A	+۰/۴	+۰/۴	+۰/۴	+۰/۲	N/A
بیش از ۷ طبقه	+۰/۶	+۰/۸	N/A	+۰/۸	+۰/۶	+۰/۸	+۰/۳	N/A
نامنظمی در ارتفاع	-۱	-۱/۵	N/A	-۱	-۱/۵	-۱	-۱	N/A
نامنظمی در پلان	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵
طراحی قبل از تدوین آیین نامه ۲۸۰۰	-۱	-۰/۸	-۰/۶	-۰/۸	-۱/۲	-۱	-۰/۲	-۰/۸
طراحی پس از تغییرات ویژه آیین نامه	+۱/۴	+۱/۴	N/A	+۱,۶	+۱/۴	+۲/۴	N/A	+۲/۴
نوع خاک تیپ ۲	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۴	**-۰/۴**	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۴
نوع خاک تیپ ۳	-۰/۶	-۰/۶	-۰/۶	-۰/۶	-۰/۶	-۰/۶	-۰/۴	-۰/۶
نوع خاک تیپ ۴	-۱/۲	-۱/۲	-۱/۲	-۰/۸	-۱/۲	-۰/۸	-۰/۸	-۱/۲

شاخص آسیب‌پذیری لرزه‌ای ۲/۱ = ۰/۴ − ۲/۵ = **S**

ملاحظات: ساختمان نیاز به ارزیابی با جزییات بیشتری دارد

جدول (۵): فرم ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای بیمارستان شهید جلیل یاسوج به روش ATC.

بیمارستان شهید جلیل یاسوج

آدرس: یاسوج،خیابان قرنی

سال ساخت:۱۳۹۴

تعداد طبقات: ۷طبقه به علاوه زیرزمین

کاربری طراحی: درمانی

سطح کل زیربنا (مترمربع):m^2 ۲۴۹۶۸

نوع سقف

طاق ضربی ☐ تیرچه بلوک ■ سایر ☐

تعداد ساکنین

۰-۱۰	۱۱-۱۰۰	۱۰۱-۱۰۰۰	بیش از ۱۰۰۰
☐	☐	■	☐

شتاب مبنای طرح منطقه براساس استاندارد ۲۸۰۰

۰/۳۵	۰/۳۰	۰/۲۵	۰/۲۰
☐	■	☐	☐

اهمیت ساختمان براساس استاندارد ۲۸۰۰				نوع خاک براساس استاندارد ۲۸۰۰			
گروه ۱	■	گروه ۳	☐	I	II	III	IV
گروه ۲	☐	گروه ۴	☐	☐	■	☐	☐

نوع سیستم سازه / امتیاز	سیستم‌های فولادی				سیستم‌های بتنی			
	S1 ☐	S2 ☐	S3 ☐	S4 ☐	C1 ☐	C2 ■	C3 ☐	PC ☐
	قاب خمشی	قاب ساده با مهاربندی	قاب ساده با دیوار برشی	قاب ساده با میانقاب	قاب خمشی	قاب خمشی با دیوار برشی	قاب با میانقاب	قاب پیش‌ساخته
امتیاز پایه	۲/۸	۳	۳/۲	۲/۸	۲/۵	**۲/۸**	۱/۶	۲/۶
بین ۴ تا ۷ طبقه	+۰/۲	+۰/۴	N/A	+۰/۴	+۰/۴	+۰/۴	+۰/۲	N/A
بیش از ۷ طبقه	+۰/۶	+۰/۸	N/A	+۰/۸	+۰/۶	**+۰/۸**	+۰/۳	N/A
نامنظمی در ارتفاع	-۱	-۱/۵	N/A	-۱	-۱/۵	-۱	-۱	N/A
نامنظمی در پلان	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵
طراحی قبل از تدوین آیین نامه ۲۸۰۰	-۱	-۰/۸	-۰/۶	-۰/۸	-۱/۲	-۱	-۰/۲	-۰/۸
طراحی پس از تغییرات ویژه آیین نامه	+۱/۴	+۱/۴	N/A	+۱,۶	+۱/۴	**+۲/۴**	N/A	+۲/۴
نوع خاک تیپ ۲	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۴	**-۰/۴**	-۰/۴	-۰/۴
نوع خاک تیپ ۳	-۰/۶	-۰/۶	-۰/۶	-۰/۶	-۰/۶	-۰/۶	-۰/۴	-۰/۶
نوع خاک تیپ ۴	-۱/۲	-۱/۲	-۱/۲	-۰/۸	-۱/۲	-۰/۸	-۰/۸	-۱/۲

شاخص آسیب‌پذیری لرزه‌ای ۵/۶ = ۰/۴- + ۲/۴ + ۰/۸ + ۲/۸ = S

جهت تحلیل اهمیت معیارها، پرسشنامه‌های تدوین شده در اختیار کارشناسان قرار گرفت. کارشناسان طبق اهمیت و اولویت معیارها به آن‌ها امتیاز دادند. این‌کار موجب شد که وزن هر معیار در ارزش و میزان اثرگذاری هر معیار در آسیب‌پذیری بیمارستان‌ها مشخص شوند. بدین منظور از طیف ۹ درجه‌ایی استفاده گردید و اعداد فازی به‌کار رفته در پرسشنامه‌ها به‌صورت زیر می‌باشند (جدول ۶):

جدول (۶): طیف مقایسه ارزش.

ارزش	مقایسه وضعیت
۱	ترجیح یکسان
۳	کمی مرجح
۵	خیلی مرجح
۷	خیلی زیاد مرجح
۹	کاملا مرجح
۲ و ۴ و ۶ و ۸	ارزش‌های بینادین را نشان می دهد.

در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، ابتدا کارشناسان مقایسه‌هایی را بین معیارهای تصمیم‌گیری انجام داده و وزن آن‌ها را بر اساس طیف ۹ کمیتی نسبت به یکدیگر تعیین کردند. سپس وزن نسبی هریک از امتیازات تعلق گرفته محاسبه شد. برای محاسبه وزن نسبی (نرمال) از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. دراین مقاله از روش مجموع ستونی استفاده شده و سپس آن‌ها نرمال می‌گردند. یعنی در نهایت میانگین اوزان به‌دست آمده به عنوان وزن دخیل در مدل تحلیل آسیب‌پذیری مورد استفاده قرار گرفته است (جدول ۷).

همانگونه که در جدول (۷) قابل ملاحظه می‌باشد، معیار A1 (آسیب‌پذیری ناشی از فاصله از گسل) بالاترین میزان میانگین را دارد. با در نظر گرفتن بالاترین میانگین (۰/۲۳۷۲) به‌عنوان معیارسنجش بقیه میانگین‌ها نسبت به آن مرتب شده‌اند. سپس با ضرب ارزش در نظر گرفته شده برای هر معیار در هریک از بیمارستان‌ها (که توسط محقق ارزش گزاری شده است) در وزن نهایی نرمال شده هر معیار، آسیب‌پذیری مربوط به هریک از معیارها و به تبع آن با جمع آسیب‌پذیری ناشی از معیارها، آسیب‌پذیری هریک از بیمارستان‌های امام سجاد (ع)، شهدای گمنام و شهید جلیل مشخص گردید. بنابراین، جهت محاسبه اولویت نهایی گزینه‌ها (A_T) و تصمیم‌گیری، الگوی زیر بر اساس امتیازات محاسبه شده برای هر یک از معیارها (A1 تا A11) در جدول (۸) به‌دست می‌آید:

$$A_T = A1+0.85\ A2+0.56\ A3+0.39\ A4+0.27\ A5+0.28\ A6+0.28\ A7+0.16\ A8+0.33\ A9+0.1\ A10+0.09A11 \quad (۲)$$

در نهایت آسیب‌پذیری بیمارستان‌های امام سجاد (ع)، شهدای گمنام و شهید جلیل یاسوج با فرمول بالا به‌صورت زیر محاسبه شده است.

آسیب‌پذیری بیمارستان امام سجاد یاسوج در برابر زلزله با رویکرد پدافند غیرعامل:

$$A_T = 1+(0.85\times 2)+(0.56\times 1)+(0.39\times 4)+(0.27\times 1)+(0.28\times 1)+(0.28\times 4)+(0.16\times 3)+(0.33\times 2)+(0.1\times 2)+(0.09\times 2)=8.01 \quad (۳)$$

آسیب‌پذیری بیمارستان شهدای گمنام در برابر زلزله با رویکرد پدافند غیرعامل:

$$A_T = 1+(0.85\times 1)+(0.56\times 1)+(0.39\times 2)+(0.27\times 1)+(0.28\times 2)+(0.28\times 3)+(0.16\times 2)+(0.33\times 2)+(0.1\times 2)+(0.09\times 2)=6.2 \quad (۴)$$

آسیب‌پذیری بیمارستان امام شهید جلیل در برابر زلزله با رویکرد پدافند غیرعامل :

$$A_T = 1+(0.85\times 3)+(0.56\times 1)+(0.39\times 2)+(0.27\times 1)+(0.28\times 2)+(0.28\times 1)+(0.16\times 4)+(0.33\times 1)+(0.1\times 2)+(0.09\times 1)=7.2 \quad (۵)$$

بنابراین با توجه به رویکرد پدافند غیرعامل بیمارستان‌های امام سجاد (ع) (A_T = ۸/۰۱)، شهید جلیل (A_T = ۷/۲۶) و شهدای گمنام (A_T = ۶/۲۲) به‌ترتیب بیشترین آسیب‌پذیری را دارند.

در نهایت بررسی کلی آسیب‌پذیری لرزه بیمارستان‌های شهر یاسوج با رویکرد پدافند غیرعامل و روش ATC در جدول (۹) آورده شده است. رتبه نهایی آسیب‌پذیری مجموع این دو روش به ترتیب ۱- بیمارستان امام سجاد، ۲- بیمارستان شهدای گمنام و ۳- بیمارستان شهید جلیل می باشد.

جدول (۷): محاسبه وزن معیار ها از طریق AHP.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
A1	۱	۵/۲	۳/۳	۵/۶	۸	۵/۲	۶/۲	۸/۲	۸/۴	۵	۳/۶
A2	۰/۱۹	۱	۷/۱	۸/۲	۸/۶	۷/۲	۱/۸	۸/۶	۱/۵	۷/۸	۶/۶
A3	۰/۳	۰/۲۴	۱	۵/۵	۷/۴	۵/۲	۸/۱	۳/۸	۶/۲	۴/۸	۴/۶
A4	۰/۱۸	۰/۱۲	۰/۱۸	۱	۵/۲	۴/۶	۷/۲	۴/۵	۷/۴	۴/۸	۱/۸
A5	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۹	۱	۲/۱	۸/۱	۲/۲	۷/۸	۲/۲	۴/۶
A6	۰/۱۹	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۴۸	۱	۷/۸	۱/۵	۶/۸	۵/۸	۴/۸
A7	۰/۱۶	۰/۵۵	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۳	۱	۷/۲	۲/۲	۸/۲	۸/۶
A8	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۴۵	۰/۶۶	۰/۱۴	۱	۸/۲	۳/۴	۳/۲
A9	۰/۱۲	۰/۶۶	۰/۱۶	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۴۵	۰/۱۲	۱	۷/۶	۸/۲
A10	۰/۲	۰/۱۳	۰/۲	۰/۲۱	۰/۴۵	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۳	۰/۱۳	۱	۳/۶
A11	۰/۲۷	۰/۱۵	۰/۲۲	۰/۵۵	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۱۲	۰/۳۱	۰/۱۲	۰/۲۷	۱
جمع	۲/۸۷	۸/۴۳	۱۲/۸۸	۲۱/۹۶	۳۲/۰۵	۲۶/۶۲	۴۱/۰۳	۳۷/۷۳	۴۹/۷۵	۵۰/۸۷	۵۰/۶

جدول (۸): امتیازبندی معیارها بر اساس روش AHP.

رتبه	امتیاز	میانگین معیار(نرمال)	شرح	معیار
۱	۱۰۰	۰/۲۳۷۲	فلصله از گسل	A1
۲	۸۵/۸۲	۰/۲۰۳۶	تعداد طبقات	A2
۳	۵۶/۷	۰/۱۳۴۵	مصالح و عمر بنا	A3
۴	۳۹/۴۶	۰/۰۹۳	تراکم جمعیت	A4
۷	۲۷/۵۸	۰/۰۰۶۵	مساحت	A5
۶	۲۸/۳۸	۰/۰۰۶۷	فضاهای باز	A6
۶	۲۸/۳۸	۰/۰۰۶۷	فاصله از معبر	A7
۸	۱۶/۸۶	۰/۰۰۴	فاصله از کاربری پرخطر	A8
۵	۳۳/۳۳	۰/۰۷۹	دسترسی خوانا و سریع	A9
۹	۹/۹۶	۰/۰۰۲۳	تجهیزات و فضای افزایش ظرفیت	A10
۱۰	۸/۸۱	۰/۰۰۲	فاصله تا آتش نشانی	A11

جدول (۹): بررسی کلی آسیب‌پذیری بیمارستان‌ها.

بیمارستان	رتبه آسیب‌پذیری بر اساس رویکرد پدافند غیر عامل	رتبه آسیب‌پذیری بر اساس روش ATC	رتبه نهایی
بیمارستان امام سجاد	۱	۲	۱
بیمارستان شهدای گمنام	۳	۱	۲
بیمارستان شهید جلیل	۲	۳	۳

۴- نتیجه‌گیری

ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای بیمارستان‌های یاسوج در دو بخش صورت پذیرفته است. در بخش اول پس از مطالعات و شناخت جامعی از جغرافیا، اقلیم، جمعیت، زمین‌شناسی و لرزه‌خیزی شهر یاسوج، فرم ارزیابی که اطلاعات سازه‌ای بیمارستان و مؤلفه‌های ارزیابی آسیب‌پذیری به روش ATC را در بربگیرد تنظیم شد. در روش ATC آسیب‌پذیری هر سه بیمارستان امام سجاد (ع)، شهدای گمنام و شهید جلیل ارزیابی و نتایج نشان داد که درجه سازه نهایی (S) بیمارستان شهید جلیل S= ۵/۶ می‌باشد و نشانگر عملکرد لرزه‌ای نسبتا مطلوب این بیمارستان است. درجه سازه نهایی (S) بیمارستان امام سجاد مقدار S= ۲/۳ می‌باشد، که نشانگر این موضوع می‌باشد که این بیمارستان مطابق معیارهای روش ATC در سطح خطر دارای ایمنی قابل قبول می‌باشد و درجه سازه نهایی (S) بیمارستان شهدای گمنام S= ۲/۱ بود، که نشانگر این موضوع می‌باشد که این بیمارستان مطابق معیارهای روش ATC ممکن است خطرناک باشد و باید توسط مهندسین طراح حرفه‌ای و با تجربه مورد ارزیابی دقیق‌تر کمی و کیفی قرار گیرد.

در بخش دوم ارزیابی آسیب‌پذیری بیمارستان‌های شهر یاسوج با رویکرد پدافند غیرعامل انجام گرفت. جهت شناسایی معیارهای آسیب‌پذیری بیمارستان‌های شهر یاسوج با رویکرد پدافند غیرعامل در راند دوم روش دلفی جهت بررسی آسیب‌پذیری بیمارستان‌های شهر یاسوج در برابر زلزله ۱۱ معیار پدافند غیرعامل انتخاب شدند. نتایج این بخش نشان داد که بیمارستان‌های امام سجاد (ع) با ($A_T = ۸/۰۱$)، بیمارستان شهید جلیل با ($A_T = ۷/۲۶$)، و بیمارستان شهدای گمنام با ($A_T = ۶/۲۲$) به‌ترتیب بیشترین آسیب‌پذیری لرزه‌ای با توجه به رویکرد پدافند غیرعامل را دارند. مهم‌ترین اولویت‌بندی این معیارها با توجه به نتایج به‌ترتیب به شرح ذیل می‌باشد: آسیب‌پذیری ناشی از نزدیکی به گسل، آسیب‌پذیری ناشی از تعداد طبقات، آسیب‌پذیری ناشی از نوع مصالح به‌کار رفته در بنا، و آسیب‌پذیری ناشی از تراکم جمعیت است.

تاکنون مطالعاتی در جهت مقایسه آسیب‌پذیری لرزه‌ای بیمارستان‌های شهر یاسوج مورد بررسی قرار نگرفته است. شهر یاسوج به عنوان مرکز استان که با قرارگیری بر روی گسل‌های متعدد و نزدیکی به گسل‌های فعال و نیمه فعال و قرارگیری در رشته کوه زاگرس و احاطه شدن در بین کوه‌ها، تپه های اطراف و سازندهای سست دارای موقعیت خاصی است. در مورد بیمارستان‌های شهر یاسوج با استفاده از دستاوردهای تحقیقات ژئومورفولوژیکی درکنار سایر مطالعات مربوطه می‌توان از بروز خسارات جدید جلوگیری کرد و امکان استفاده هرچه بیشتر و بهتر از محیط درجهت آسایش بیشتر بیماران را فراهم نمود. بنابراین نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند به‌عنوان یک زیرساخت مطالعاتی و مرز علمی برای سایر پژوهش‌های مشابه علمی واقع شده و برای سازمان‌ها، ادارات و نهادهایی نظیر شهرداری، وزارت مسکن و شهرسازی، علوم پزشکی، تامین اجتماعی و پژوهش‌های علمی آینده مفید و مثمر ثمر واقع گردد.

۵- مراجع

1. S. Dara and R. Ashton, “Worldwide disaster medical response: An historical perspective,” Critical Care Medicin, vol. 33, no. 1, pp. 2-6, 2005.

۲. فیروز بخت، مهدی، وثوقی فر، حمیدرضا، حسینی، محمود، بررسی مقایسه ای روشهای ارزیابی لرزه‌ای سریع ساختمانهای موجود در دستورالعمل‌های ارزیابی آمریکا، کانادا، هند و ایران، نشریه علمی-ترویجی بنا، شماره ۴۳، ۱۳۸۹.

3. A.S., Arya, “Seismic assessment of masonry buildings,” Journal of South Asia Disaster Studies, vol. 1, no. 1, pp. 23-43, 2008.

۴. معاونت برنامه ریزی و راهبردی رئیس جمهور، "دستورالعمل ارزیابی لرزه‌ای سریع ساختمان‌های موجود، نشریه ی شماره ۳۶۴"، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۸۷.

۵. قدرتی امیری، غلامرضا، اثمری سعدآباد، سهیل، زارع حسین زاده ، علی، "تحلیل ریسک زلزله با استفاده از سیستم استنتاج گر فازی و کاربرد آن در مطالعات به سازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود"، مجله عمران مدرس، دوره سیزدهم، شماره ۳، ۱۳۹۲.

۶. حسن نژادی امجدی، مسعود، "بررسی روش های آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در بربر زلزله (روشهای کیفی و ATC)"، هفتمین کنفرانس بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۹۴.

۷. ملکی، سعید، محلی، یوسف، "بررسی و تحلیل آسیب‌پذیری سازه‌ای بیمارستان ها از منظر تمهیدات پدافند غیرعامل با استفاده از تکنیک FAHP (نمونه موردی: شهر دزفول)"، فصل نامه پدافند غیرعامل، شماره ۳۱، صفحات ۶۵ تا ۷۶، ۱۳۹۶.

۸. مومنی، کورش، عطاریان، کورش، شیرزاد، مریم، حاج موسی بروجردی، نگین، "بازشناسی اصول پدافند غیرعامل در طراحی معماری بیمارستان گنجویان دزفول"، فصل نامه پدافند غیرعامل، شماره ۳۲، صفحات ۳۹ تا ۵۰، ۱۳۹۶.

۹. قدسی پور، حسن، "فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP"، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ۱۳۸۱.

10. L. Mikhailov, and P. Tsvetinov, “Evaluation of services using a fuzzy analytic hierarchy process,” Applied Soft Computing, vol. 5, pp. 23–33, 2004.

11. A. H. I. Lee, W. C. Chen, and C. J. Chang, “A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan,” Expert Systems with Applications, vol. 34, pp. 96–107, 2008.

۱۲. عبدالهی تلزالی، روح‌الله، "تحلیل خطرپذیری سایت بیمارستان امام سجاد یاسوج"، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته عمران گرایش زلزله، دانشگاه آزاد واحد یاسوج، ۱۳۹۵.

13. Federal Emergency Management Agency, “FEMA 154: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards,” Washington, D.C., 1988-2004.

14. Applied Technology Council (ATC), “Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: Supporting, 2005,” California, Redwood City, 2005.

15. Applied Technology Council (ATC), “Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: Supporting, 1988,” California, Redwood City, 1988.

16. National Bureau of Standards, NBS, “Development of a Probability Based Load Criterion for American National Standard A58.1, NBS Special Publication 577,” National Bureau of Standards, Washington, D.C.,1980.

17. G. Rowe and G. Wright, “The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis,” International Journal of Forecasting, vol. 15, no. 4, pp. 353-375, 1999.

Seismic Vulnerability Assessment of Yasooj Hospitals from the Perspective of Passive Defense and ATC Methods

M. Kholghifard*, E. Bdakhshan

Abstract

Vulnerability and damage assessment, planning for awareness, and reducing risk before an earthquake are essential. As the city of Yasooj is located in a high-risk area, the occurrence of a major earthquake in this city will cause lots of damages, and therefore hospitals are classified as the most important buildings. It is very important to respect the principles of passive defense in the construction of hospitals, as they are referred to, for helping the injured during earthquakes. Therefore, this research has been conducted by descriptive-analytical research method and with the aim of evaluating and comparing the vulnerability of Yasooj hospitals by two methods: passive defense and ATC (Applied Technology Council). The results of this study showed that according to the ATC method, Shohadyeh Gomnam hospital (S = 2), Imam Sajjad hospital (S = 2.3) and Shahid Jalilfar hospital (S = 5.5) were the most vulnerable, respectively. According to the scores of the final structural evaluation of these hospitals against seismic vulnerabilities, the Shahid Jalil, Imam Sajjad and Shohadyeh Gomnam hospitals were classified as having complete, acceptable and unacceptable safety (possibly dangerous), respectively. Also, according to the approach of passive defense, in the order of rising vulnerability, Imam Sajjad hospital (A_T=8.01), Shahid Jalilf hospital (A_T=7.26) and Shohadyeh Gomnam (A_T=6.22) were the most vulnerable. Finally, based on these two methods, the vulnerabilities of Yasooj city hospitals were compared and it was founded that Shahid Jalil, Shohadyeh Gomnam and Imam Sajjad hospitals have the least vulnerability, respectively.

Key Words: *Vulnerability, Earthquake, Hospital, Passive Defense, ATC*

* Civil Engineering Department, Yasuj Branch, Islamic Azad University, Yasuj, Iran (kholghifard.m@gmail.com)- Writer-in-Charge