فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل
سال هشتم، شماره ٤، زمستان ١٣٩٦، (پیاپی ٣٢): صص ١٦-١

تعیین و اولویت‌بندی میزان تأثیر شاخص‌های آسیب‌پذیری در بخش سازه ساختمان مراکز داده

مهدی میرزایی علی آبادی [*1]، حسن پیری [2]، سعید کیانی [3]، حامد حسن نژاد [4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۲۶، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۱۶

چکیده

پیشرفت فناوری و در صدر تمامی آن‌ها فضای اینترنت و شبکه، امروزه کلیه فعالیت‌های روزمره شهروندان و سازمان‌ها را تحت تأثیر خود قرار داده است. با این وضعیت مراکز داده به‌عنوان فضای نگهداری حجم انبوه اطلاعات از اهمیتی خاصی برخوردار می‌باشد. تداوم عملکرد و حفظ اطلاعات این مراکز، به‌عنوان منبع اطلاعاتی تأمین‌کننده بسیاری از خدمات مانند بانک‌ها و همچنین مراکز حیاتی و حساس مانند مراکز نظامی از دیدگاه پدافند غیرعامل مورد تأکید می‌باشد. بر همین اساس، در این پژوهش سعی گردیده است به بررسی میزان آسیب‌پذیری ساختمان مراکز داده در مقابل تهدیدات ناشی از بارهای دینامیکی پرداخته شود. ۸ شاخص اصلی شامل فونداسیون، اسکلت سازه، سطح مقطع اعضا، سامانه سازه‌ای، پوشش دیوار، مصالح ساختمانی، سقف و کف، بارگذاری و طراحی و ۲۴ متغیر نیز از درون شاخص‌های اصلی استخراج گردید. با استفاده از فن‌های تصمیم‌گیری چند معیاره شامل روش smart و روش saw و توزیع پرسش‌نامه در میان خبرگان به اولویت‌بندی و وزن‌دهی شاخص‌ها پرداخته شد. شاخص بارگذاری و طراحی با وزن ۰/۲۲۱ دارای بیشترین اهمیت بوده و پس از آن اسکلت سازه با ۰/۱۷ و سامانه سازه‌ای با ۰/۱۶۳ در جایگاه بعدی قرار گرفته‌اند. پس از محاسبه وزن شاخص‌ها به ارائه روند ارزیابی ریسک و جایگاه آسیب‌پذیری در آن پرداخته شده است.

کلیدواژه‌ها: مرکز داده، آسیب‌پذیری، سازه، پدافند غیرعامل، ارزیابی ریسک

۱- مربی، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات توسعه مدیریت، Email: mahdimirzaie1368@gmail.com- نویسنده مسئول
۲- کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی مالک اشتر
۳ - کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی مالک اشتر
۴ - کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی مالک اشتر

۱- مقدمه

جهان امروز بیش از هرزمانی متأثر از ابداعات و پیشرفت‌های فنّاورانه در حوزه‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات می‌باشد. از سوی دیگر نقش‌آفرینی فناوری‌های نوین اطلاعات و ارتباطات در جهت‌گیری‌ها و برنامه‌های توسعه‌ای کشورهای پیشرفته مؤید آن است که هرگونه غفلت و بی‌توجهی در به‌کارگیری این فناوری، خسارات جبران‌ناپذیری را بر کشورهای درحال‌توسعه و توسعه‌نیافته وارد کرده و عقب‌ماندگی افزون‌تر آن‌ها را سبب خواهد شد. مراکز داده یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌هایی است که در بحث توسعه‌ی زیرساخت‌های ارتباطی کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و تأخیر در ایجاد و راهبری آن، منشأ خسارت‌های فراوانی برای صنعت و خدمات فناوری اطلاعات کشور خواهد بود [۱]. تداوم عملکرد و حفظ این مراکز در زمان بحران، به‌عنوان منبع اطلاعاتی تأمین‌کننده بسیاری از خدمات مانند بانک‌ها و همچنین مراکز حیاتی و حساس مانند مراکز نظامی از دیدگاه پدافند غیرعامل مورد تأکید می‌باشد [۲]. پدافند غیرعامل به‌عنوان یکی از مؤثرترین و پایدارترین روش‌های دفاع در مقابل تهدیدات همواره مدنظر اکثر کشورهای جهان بوده است [۳]. و حتی کشور ایالات‌متحده نیز باوجود برخورداری از توان بالای نظامی به این موضوع به‌صورت ویژه‌ای توجه داشته است. توجه به این موضوع در کشور ما با توجه به موقعیت خاص ازلحاظ ژئوپولتیک، دارا بودن ثروت‌های عظیم نفت و گاز و نظام ضد استکبار دوچندان می‌شود [۴]. بر همین اساس در این پژوهش سعی گردیده است به بررسی میزان آسیب‌پذیری ساختمان مراکز داده در مقابل تهدیدات ناشی از بارهای دینامیکی پرداخته شود. باتوجه به ظرفیت های آسیب پذیری در بخش سازه ای مرکز داده، شناسایی محورهای آسیب پذیری این بخش و ارزیابی میزان جذب آسیب پذیری این محورها در هرکدام از معیارها و شاخص های سازه ای مراکز داده، به عنوان هدف اصلی این مقاله مورد بررسی قرار می گیرد. در این راستا پژوهش حاضر به دنبال رسیدن به پاسخی روشن جهت شناخت این معیارها و شاخص های زیرمجموعه آنها و همچنین محورهای آسیب پذیری و میزان تأثیر هرکدام در بخش سازه ی مرکز داده می باشد.

۲- مبانی و مفاهیم

به منظور بیان آشکارتر لازم است به تبیین مبانی و مفاهیم، ضرورت و اهمیت موضوع، تاریخچه، سناریوهای تهدید و نقش و اهمیت پدافند غیرعامل در این زمینه پرداخته شود.

۲-۱- مراکز داده

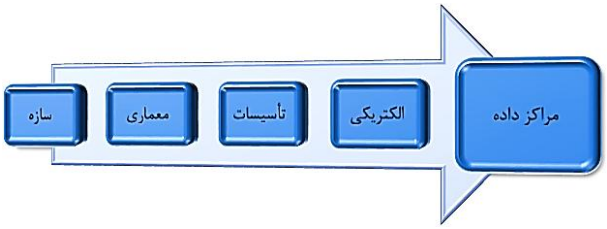
مرکز داده یک انبار مرکزی است که چه به‌صورت فیزیکی و چه به‌صورت مجازی، برای ذخیره‌سازی، مدیریت، توزیع داده‌ها و اطلاعات طبقه‌بندی‌شده حول انواع دانش یا وابسته به یک تجارت خاص به کار می‌رود [۵].

برای مراکز داده تعاریف متعددی بیان‌شده است که موضوع اصلی در همه آن‌ها حفاظت و نگهداری اطلاعات یک سازمان در یک فضای خاص می‌باشد، در جدول (۱) چند نمونه از این تعاریف ذکر شده است:

جدول (۱): تعاریف مرکز داده

۱- مکانی با امنیت فیزیکی و الکترونیکی و قابلیت اطمینان بالا، برخوردار از پهنای باند وسیع، متصل به شبکه‌های رایانه‌ای ملی و جهانی با خدمات تمام‌وقت و در دسترس، با حجم انبوهی از اطلاعات حیاتی برای سازمان بکار گیرنده [۶].
۲- مکانی شامل انواع تجهیزات سخت‌افزاری (رایانه‌ها، کلیدها، مودم‌ها و ...) و نرم‌افزاری (پایگاه‌های داده، سرورها، سامانه عامل و ...) پیشرفته که از پشتیبانی و نگهداری حرفه‌ای و تمام‌وقت برخوردار است و به پشتیبانی و ارائه انواع خدمات مرتبط با اطلاعات و داده می‌پردازد [۷].
۳- مکانی که در آن منابع مهم فناوری اطلاعات و محاسباتی یک سازمان، در محیطی کنترل‌شده تحت مدیریتی متمرکز با توجه به نیازهای فنی و حرفه‌ای سازمان گردآوری می‌شوند [۸].
۴- یک ساختار نظام‌یافته از منابع فناوری‌های اطلاعات، ارتباطات، داده و تأسیسات امنیتی و حمایتی که امکان بهره‌مندی بدون وقفه از دستگاه‌ها و سرویس‌های اطلاعاتی را با قابلیت مدیریت بهینه منابع به کاربران مجاز ارائه می‌کند [۹].

مراکز داده را می‌توان به چهار بخش سازه‌ای، معماری، تأسیساتی و الکتریکی تقسیم‌بندی نمود (شکل ۱).



شکل (۱): چهار بخش اصلی مراکز داده

۲-۲- ضرورت و اهمیت مراکز داده

امروزه فناوری اطلاعات و ارتباطات به یکی از اساسی‌ترین ابزارها در زمینه‌های مختلف تبدیل شده است؛ به‌طوری‌که داده‌های الکترونیکی هر سازمان عملاً به‌صورت مهم‌ترین دارایی آن سازمان درآمده است. در سازمان‌ها، داده‌های موجود جزو دارایی‌های غیرقابل جایگزین محسوب می‌شوند که از بین رفتن و یا افشای برخی از آن‌ها می‌تواند عملکرد کل سازمان را با اختلال مواجه سازد. بنابراین یکی از مهم‌ترین اقدامات مدیریتی در این‌گونه مؤسسات برای اطمینان از تداوم خدمت‌رسانی، فراهم نمودن شرایط لازم برای نگهداری و جلوگیری از بروز اختلال در سامانه‌های اطلاعاتی شامل سخت‌افزارها، نرم‌افزارها و داده‌های مربوطه می‌باشد. در گذشته و باتوجه به عدم حساسیت سازمان‌ها، فضاهای کوچکی برای نصب تجهیزات و ارائه

سرویس‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات تعبیه شده بود که به آن‌ها سایت سرویس‌دهنده[1] اطلاق می‌گردید اما به مرور زمان و با توجه به این‌که امروزه اختلال در سرویس‌ها حتی تا یک ساعت در سال نیز قابل تحمل نیست، سازمان‌ها به سمت ایجاد مراکز داده با استانداردهای مشخص متمایل شده‌اند.

ایجاد اطلاعات همراه با گسترش فناوری، با سرعت فزاینده‌ای رو به رشد است. بنابراین، نگهداری اطلاعات و ایجاد سامانه های یکپارچه ذخیره‌سازی، برای هر سازمانی حیاتی است. آنچه مسلم است داده‌های جمع‌آوری‌شده نیاز به محلی برای نگهداری دارند. با توجه به قابلیت‌های مراکز داده در نگهداری اطلاعات و قابلیت دسترسی بالا، استفاده از این مراکز موجب اطمینان سازمان‌ها و مؤسسات مختلف و حفظ امنیت داده‌های آن‌ها می‌شود و به همین دلیل، ایجاد مراکز داده در مجموعه‌های گسترده، به یک الزام تبدیل شده است.

۲-۳- تاریخچه مراکز داده

از آغاز انقلاب پردازش که در دهه پنجاه میلادی با ساخت رایانه های الکترونیکی اولیه اتفاق افتاد، جهان سه مرحله مختلف را در ارائه خدمات مرتبط با اطلاعات و داده از پایین‌ترین سطح شامل ذخیره و نگهداری تا بالاترین سطح مانند خدمات متنوع مبتنی بر اطلاعات و دانش پشت سر گذاشته است.

مرحله اول: از دهه ۵۰ تا ۸۰ میلادی به سبب پیشرفت سریع رایانه های بزرگ و هزینه‌های زیاد خرید و نگهداری آن‌ها، ایده ایجاد مراکز داده برای انواع خدمات برای شرکت‌های کوچک و اشخاص به وجود آمد و با مشکلات عدیده امکانات، این مراکز در اختیار متقاضیان قرار می‌گرفت.

مرحله دوم: از دهه ۸۰ میلادی با اختراع رایانه های کوچک و کاربردی‌شدن آن‌ها، نگرش مردم و سازمان‌ها برای نگهداری و پردازش داده‌ها تغییر یافت و رویکرد توزیع‌شدگی خدمات به وجود آمد.

مرحله سوم: در دهه آخر قرن بیستم میلادی، با به وجود آمدن کاربردها و خدمات متعدد و متنوع در دنیا مانند ارائه خدمات مشاوره پزشکی، حقوقی و بسیاری از خدمات جدید مانند جستجو، میزبان وب، پست الکترونیک و ... از طریق شبکه و توسعه روزافزون شبکه‌ها، رویکرد متمرکز مجدد داده‌ها و اطلاعات پدید آمد.

به‌طور کلی رویکرد ایجاد مراکزی با امنیت بالا، پشتیبانی قوی و سایر مزیت‌ها که سبب سرشکن‌شدن هزینه‌های شرکت‌های کوچک، کاهش ترافیک شبکه، اصلاح مسیرهای دسترسی و استفاده از انواع حافظه‌ها برای افزایش کارایی، سبب ایجاد مراکز داده از آغاز دهه ۵۰ میلادی گردیده است. از سال ۱۹۵۱ تاکنون مراکز داده بسیاری در اقصی نقاط جهان ایجاد شده‌اند که ۵۲ مورد آن‌ها، مرکز داده جهانی می‌باشند که در ادامه به معرفی مراکز داده اجرا شده در ایران و جهان پرداخته شده است.

۲-۴- سناریوهای تهدید در بخش سازه مراکز داده

دامنه شمول این پژوهش مربوط به آن دسته از مراکز داده‌ای است که وابسته به مراکز دولتی می‌باشند و مرکز داده آن‌ها دارای یک ساختمان مستقل و یا بخش گسترده‌ای از یک ساختمان می‌باشند. با توجه به این موضوع سناریوهای مورد فرض این پژوهش شامل موارد زیر می‌باشد:

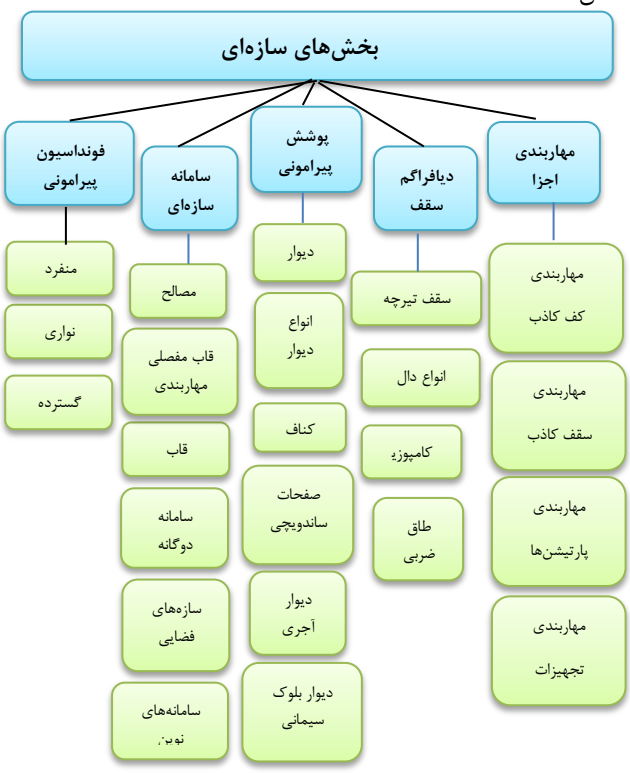
۱- تهدیدات طبیعی شامل زلزله، طوفان و سیل

۲- بررسی اثرات موج انفجار بر ساختمان (شامل حملات تروریستی، حملات هوایی و موشکی به‌صورت اثر غیرمستقیم)

۳- آتش‌سوزی ناشی از حوادث صنعتی و یا پیامد ناشی از وقوع تهدیدات فوق

با توجه به سناریوهای ذکرشده به بررسی میزان آسیب‌پذیری سازه‌ای ساختمان مراکز داده در برابر بارهای دینامیکی پرداخته می‌شود.

اجزای سازه‌ای شامل فونداسیون، سامانه سازه‌ای، انواع دیوارهای خارجی و داخلی، دیافراگم سقف و مهاربندی اجزا می‌باشد. هرکدام از بخش‌های ذکرشده دارای زیر بخش‌هایی می‌باشد که در شکل (۲) نشان داده شده است.

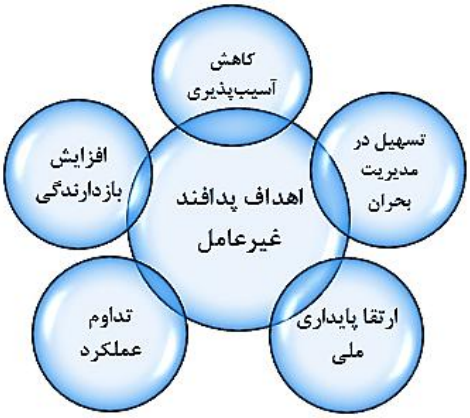


شکل (۲): بخش‌های سازه‌ای و زیرمجموعه‌های آن‌ها

1- Server site

۲-۵- نقش و اهمیت پدافند غیرعامل

پدافند غیرعامل به‌عنوان یکی از مؤثرترین و پایدارترین روش‌های دفاع در مقابل تهدیدات، همواره مدنظر اکثر کشورهای جهان قرار داشته است. یکی از مأموریت‌های اصلی پدافند غیرعامل کاهش آسیب‌پذیری و افزایش ایمنی زیرساخت‌های ملی و مراکز حیاتی، حساس و مهم کشور می‌باشد [۱۰]. اهداف پدافند غیرعامل در ۵ حوزه می‌باشد که در شکل (۳) نشان داده شده است:



شکل (۳): اهداف پدافند غیرعامل [۱۱]

ارزیابی ریسک و ارائه مدل ارزیابی آسیب‌پذیری مرکز داده:
مرکز داده زیرساخت بسیار مهمی است که علاوه بر پشتیبانی از سرویس‌های تحت شبکه و ارتباطات الکترونیکی، وظیفه نگهداری از اطلاعات حیاتی و بسیار مهمی را بر عهده داشته که تأثیر قابل‌توجهی بر روی منافع کشور دارد [۷] لذا تمامی امکانات موجود و خدمات ارائه‌شده توسط آن‌ها باید دقیق، مطابق برنامه و بدون کوچک‌ترین وقفه‌ای عمل کنند. با توجه به نقش و اهمیت این مراکز از نظر امنیتی، لزوم ساخت فضایی با ضریب امنیت بالا که در برابر انواع تهدیدات و مخاطرات ایمن باشد، ضروری است تا حداقل آسیب‌های محتمل به اطلاعات و داده‌های حیاتی کشور در زمان بحران وارد شود [۱۲]. به‌منظور ارزیابی ریسک و ارائه مدل، سه مرحله بررسی می‌گردد [۱۳].

مرحله اول؛ رده‌بندی مراکز داده بر اساس اصول پدافند غیرعامل: درجه اهمیت مراکز داده با سطح حفاظت آن‌ها رابطه مستقیم دارد [۱۴]. از طرف دیگر با بالارفتن درجه اهمیت و سطح حفاظت مراکز داده، هزینه‌های ساخت و نگهداری آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. به‌منظور تعیین درجه اهمیت مراکز داده از سه پارامتر "درجه اهمیت سازمان یا نهاد مربوطه بر اساس اصول پدافند غیرعامل، درجه اهمیت اطلاعات مرکز داده و میزان وابستگی ارائه خدمات دیگر به این مراکز" استفاده می‌شود.

مرحله دوم؛ تهدیدات: کشف به‌موقع تهدید و چگونگی آن و تمرکز به‌موقع امکانات در جهت تدابیر هوشمندانه مقابله با آن، موجب رفع ضعف و کاهش آسیب‌پذیری می‌شود [۱۵]. در باور کارشناسان امور دفاعی، اهتمام به تهدیدات می‌تواند آن را به فرصتی برای کسب توان دفاعی تبدیل نموده و خنثی‌سازی نقشه‌های تهاجمی دشمن را به همراه داشته باشد[۱۶].

مرحله سوم؛ آسیب‌پذیری: آسیب‌پذیری عبارت است از خلل و شکاف‌های موجود در حفاظت از امکانات [۱۷]. آنچه باعث آسیب‌پذیری در یک مجموعه می‌شود نقاط ضعف‌هایی است که می‌تواند از مدیریت آن مجموعه آغاز شود و تا گیت‌های بازرسی و استحکام ساختمان‌ها گسترش یابد [۱۸]. اصولاً بیشترین آسیب در یک مجموعه طی یک حمله در محلی اتفاق می‌افتد که بیشترین نقطه‌ضعف را دارا باشد [۱۹]. در یک بیان کلی میزان خسارات و صدمات ناشی از عوامل و پدیده‌های بالقوه و یا بالفعل خسارت‌زا، نسبت به نیروی انسانی، تجهیزات و تأسیسات با شدت صفر تا صد در صد را شامل می‌گردد. شناخت آسیب‌پذیری‌های هر مجموعه یا زیرساخت و بررسی کامل و پیش‌بینی وسعت وقوع آن‌ها نیز می‌تواند ما را در شناسایی تهدیدات آن مجموعه یا زیرساخت یاری کند [۲۰]. محورهای آسیب‌پذیری ساختمان مرکز داده در شکل (۴) نشان داده شده است.

شکل (۴): محورهای آسیب‌پذیری ساختمان مرکز داده

۳- روش تحقیق

جهت انتخاب روش تحقیق از دو کتاب مرجع در زمینه روش تحقیق با عنوان مقدمه‌ای بر روش تحقیق در علوم انسانی و روش‌های تحقیق در علوم رفتاری استفاده شده است [۲۲-۲۱]. پژوهش حاضر از نظر هدف در زمره تحقیقات کاربردی محسوب می‌شود. همچنین از نظر ماهیت و روش تحقیق در رده تحقیقات توصیفی- تحلیلی می‌باشد. در بخش اول با شناخت و مطالعات کتابخانه‌ای به بررسی موارد

مربوط به‌عنوان پژوهش پرداخته شده است. در بخش تجزیه و تحلیل نیز استفاده از نظریات خبرگان به‌وسیله پخش پرسش‌نامه و همچنین فن‌های وزن‌دهی و اولویت‌بندی استفاده گردیده است. جهت وزن‌دهی شاخص‌ها از روش SMART و جهت اولویت‌بندی آن‌ها نیز از روش SAW استفاده گردید. در قسمت زیر هر یک از دو روش فوق و همچنین بررسی جامعه و حجم نمونه آورده شده است.

۳-۱- روش SMART

در این روش برای مقایسه چند گزینه هم‌جنس اما براساس شاخص‌های کیفی و به‌صورت یکجا، با استفاده از نظر خبرگان حوزه مورد پژوهش، گزینه‌ها اولویت‌بندی می‌شوند بدین‌صورت که گزینه‌ای که دارای بیشترین میزان اهمیت می‌باشد در اولویت اول قرار می‌گیرد [۲۳].

۳-۲- روش SAW

روش SAW برای مقایسه چند گزینه هم‌جنس در شرایطی که ممکن است هر گزینه از یک جنبه‌ای بر دیگری ارجحیت داشته باشد به کار می‌رود. برای این منظور باید برای مقایسه این گزینه‌ها شاخص‌هایی را در نظر گرفت و بر اساس آن‌ها به هریک از گزینه‌ها عددی بین ۱ تا ۹ تخصیص داد. پس از وزن‌دهی شاخص‌ها و ضرب امتیاز مربوط به هر گزینه در وزن شاخص مربوطه، باید آن‌ها را باهم جمع نمود که با این روش برای هر گزینه امتیاز نهایی به دست می‌آید. حال برای محاسبه وزن هر گزینه کافی است امتیاز مربوط به آن گزینه را بر مجموع تمام امتیازات مربوط به همه گزینه‌ها تقسیم نمود [۲۴].

جامعه آماری و روش انتخاب نمونه

جامعه آماری مورد مطالعه عبارت است از جامعه نخبگان پدافند غیرعامل که براساس برآوردهای انجام‌شده در حدود ۳۹ نفر خواهند بود. روش نمونه‌گیری در این تحقیق نمونه‌گیری تصادفی ساده است، به علت اینکه به هریک از افراد جامعه‌شانس مساوی برای انتخاب نمونه داده شود. اگر حجم جامعه آماری را N و حجم نمونه را n فرض کنیم احتمال انتخاب هر فرد جامعه مساوی n/N است [۲۵] . برای تعیین حجم نمونه از فرمول زیر استفاده‌شده است [۲۶] .

$$N=\frac{Nz2_{\frac{\partial}{2}}P(1-P)}{\varepsilon^2(N-1)+z2_{\frac{\partial}{2}}P(1-P)} \qquad (۱)$$

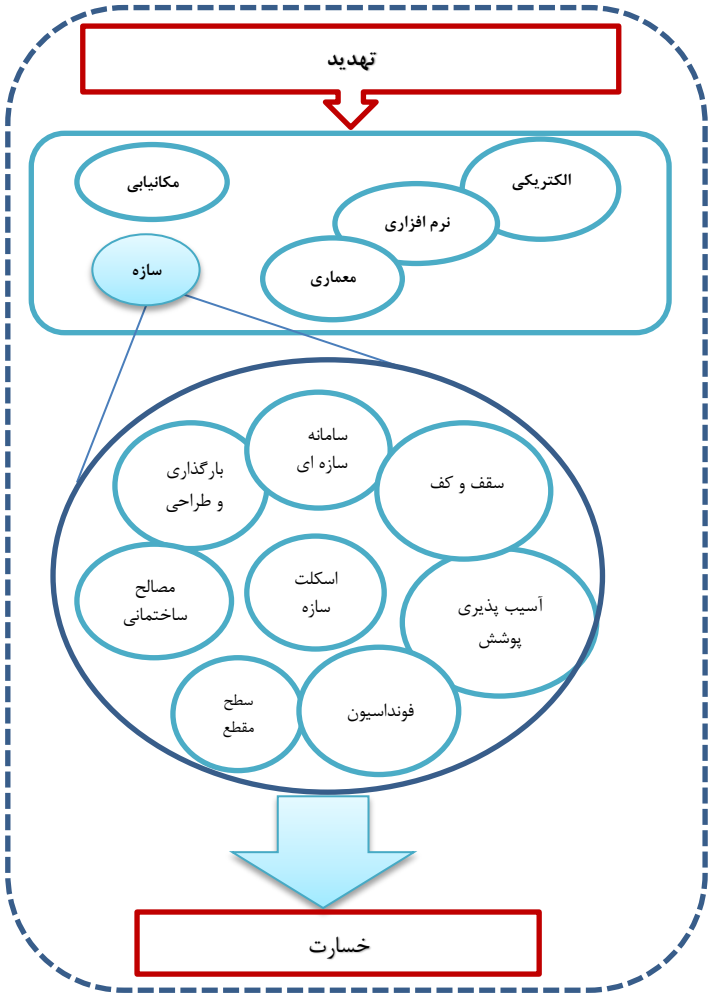
پارامترها براساس جدول (۳) می‌باشند، همچنین با فرضیات در نظر گرفته مقدار وارد در رابطه (۱) به‌صورت زیر خواهد بود. براساس مطالب فوق حجم نمونه موردنیاز در این پژوهش برابر با ۳۷ می‌باشد که سعی گردید با توزیع آن در میان جامعه خبرگان پدافند غیرعامل و همچنین برخی از خبرگان سازه در سطح کشور نتایج جمع‌آوری گردد. با پیگیری‌های لازم تعداد ۲۲ پرسش‌نامه بازگشت داده شد. بنابراین بررسی‌های آماری و تجزیه‌وتحلیل اطلاعات براساس این حجم از نمونه است.

جدول (۳): معرفی پارامترهای فرمول اندازه‌گیری حجم نمونه و مقادیر واردشده

متغیر	مفهوم	مقدار وارد شده در رابطه
N	حجم جامعه آماری	۶۰
Z	مقدار بحرانی نرمال استاندارد	Z(0.025)=1.96
P	نسبت موفقیت در جامعه آماری =۰.۰۵	۰.۵
ε	خطای قابل اغماض	۰.۱
δ	میزان خطا	۰.۰۵
n	حجم نمونه	۳۷

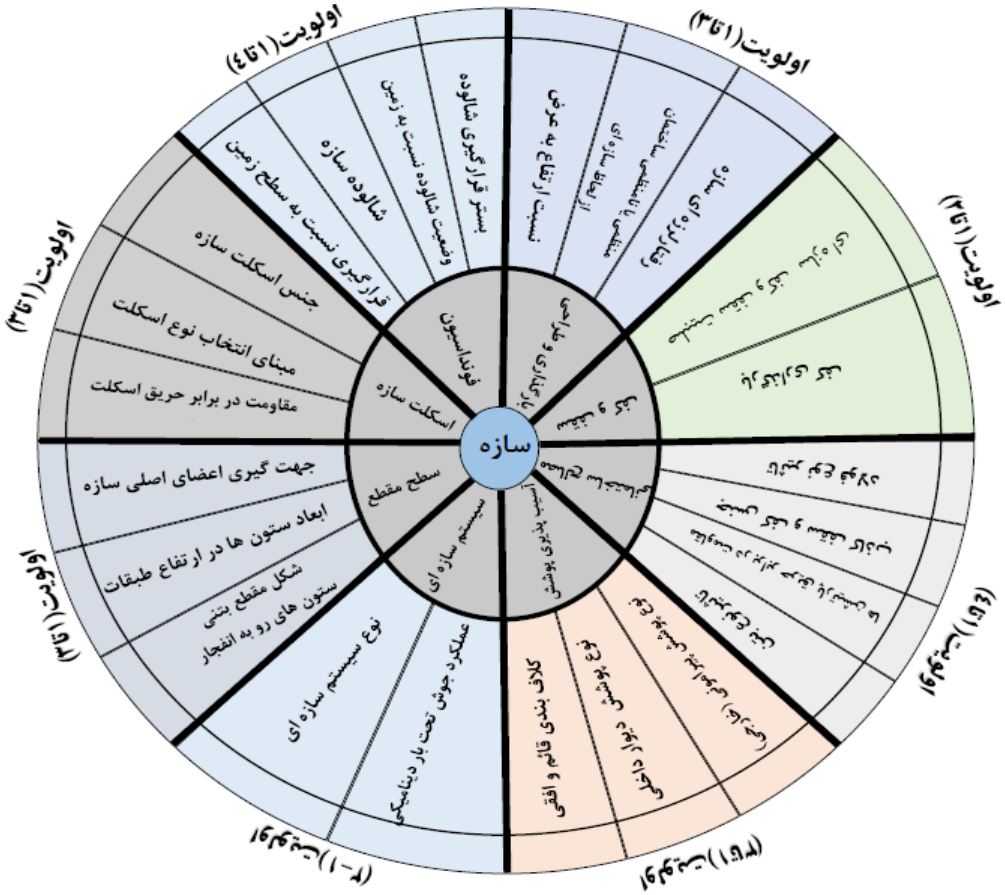
۴- تجزیه و تحلیل نتایج

با توجه به تأثیر پارامترهای گوناگون در مبحث آسیب‌پذیری در این تحقیق، تنها شاخص‌های آسیب‌پذیری در بخش سازه مورد بررسی قرار گرفتند. در شکل (۵) روند مفهومی ارزیابی ریسک نشان داده شده است.



شکل (۵): روند مفهومی ارزیابی ریسک

بـر اسـاس چهـار محـور آسـیب‌پـذیری گفتـه‌شـده، شـاخص‌هـای آسیب‌پـذیری بخـش سـازه‌ای سـاختمان مرکـز داده در پرسشـنامه (شکل ۶) تنظیم و جهت اولویت‌بندی آن‌ها توسط خبرگـان حـوزه مربوطه تکمیل گردیده است.



شکل (۶): سرشاخص‌ها و شاخص‌های اصلی سازه‌ای در آسیب‌پذیری[۲۷،۲۸،۲۹]

هشت سرشاخص اصلی سازه‌ای عبارت‌اند از: اسکلت سازه، سطح مقطع، سامانه سازه‌ای، آسیب‌پذیری پوشش، سقف و کف، بارگذاری و طراحـی، مصـالح سـاختمانی و فونداسـیون. وزن هرکـدام از سرشـاخص‌هـای سـازه بـه روش SMART محاسـبه گردیـده اسـت (جدول۴). با توجه به نظرسنجی صـورت‌گرفتـه از نخبگـان در حـوزه پدافند غیرعامل سرشاخص بارگذاری و طراحی بیشـترین وزن را بـه خود اختصاص داده است. بحث بارگـذاری یکـی از مباحـث مهـم در طراحی سازه‌ها می‌باشد و به‌گونه‌ای تمام سرشاخص‌های دیگر با ایـن مبحث در ارتباط می‌باشند. به عنوان‌مثال در طراحی فونداسـیون، در انتخاب نوع سامانه سازه‌ای (با توجه به ماهیت بار ثقلـی یـا جـانبی و بزرگی بار وارده بر ساختمان)، در طراحی سقف‌ها (در ساختمان مرکز داده تجهیزات سنگین، بارهایی بـه‌صـورت نقطـه‌ای بـه کـف‌هـا وارد مـی‌کننـد.) و در تعیـین ابعـاد مقـاطع تـأثیر دارد. جـدول (۵) وزن شاخص‌ها با استفاده از نظرسنجی صورت‌گرفته از خبرگـان در حـوزه پدافند غیرعامل و بـا اسـتفاده از روش SMART را نشـان مـی‌دهـد. به‌عنوان‌مثال در سرشـاخص فونداسـیون، نـوع فونداسـیون سـازه بـا اهمیت‌ترین شـاخص معرفـی شـده اسـت، زیـرا در صـورت انتخـاب نامناسب فونداسیون ممکـن اسـت بخشـی یـا کـل سـاختمان دچـار فروریزش شود.

جدول (۴): وزن‌دهی سرشاخص‌های بخش سازه

سرشاخص‌ها	فونداسیون	بارگذاری و طراحی	سقف و کف	سامانه سازه‌ای	سطح مقطع اعضا	پوشش دیوار	مصالح ساختمانی	اسکلت سازه
میانگین	۴،۵۵۵	۲،۲۲۲	۵،۱۱۱	۳	۶،۳۳۳	۶،۲۲۲	۵،۶۶۶	۲،۸۸۸
وزن	۰،۱۰۷۰	۰،۲۲۱	۰،۰۹۰۵	۰،۱۶۳۲	۰،۰۷۸۷	۰،۰۷۸۷	۰،۰۸۶۵	۰،۱۷

به‌عنوان مثال دیگر می‌توان به سرشاخص بارگذاری و طراحی اشاره نمود. وزن شاخص رفتار لرزه‌ای سازه نسبت به دو شاخص دیگر تقریباً دو برابر می‌باشد. این امر بدیهی است زیرا در صورت عدم درک صحیح از رفتار لرزه‌ای سازه و طراحی نامناسب، خسارات زیادی در هنگام اعمال بارهای دینامیکی بر سازه وارد می‌شود.

در جداول (۶) تا (۱۳) وزن زیرشاخص‌ها با استفاده از نظرسنجی صورت‌گرفته از خبرگان در حوزه پدافند غیرعامل و با استفاده از روش SMART ارائه شده است.

اسکلت بتنی نسبت به اسکلت فولادی رفتار مناسب‌تری در برابر آتش‌سوزی دارد [۳۰]. و قابلیت کاهش اثر بارهای انفجاری آن نیز بیشتر می‌باشد در سازه‌های فولادی به دلیل رفتار مناسب‌تر اتصالات پیچی تحت بار دینامیکی، اجرای مناسب‌تر و قابلیت ترمیم‌پذیری در صورت تخریب، استفاده از اسکلت فولادی با اتصالات پیچی نسبت به اتصالات جوشی ارجحیت دارد [۲۹]. همان‌طور که در جدول (۶) مشاهده می‌شود، اسکلت بتنی کمترین وزن را به خود اختصاص داده است، همچنین وزن اختصاص‌یافته به اسکلت فولادی با پیچ و مهره از وزن اسکلت فولادی با جوش کمتر می‌باشد.

جدول (۵): وزن شاخص‌های سازه‌ای

ع	سرشاخص	شاخص	میانگین	وزن
۱	فونداسیون	بستر قرارگیری فونداسیون	۲	۰,۲۹۱۹
		وضعیت فونداسیون نسبت به زمین	۳	۰,۱۹۴۶
		فونداسیون سازه	۱,۷۵	۰,۳۳۳۶
		قرارگیری نسبت به سطح زمین	۳,۲۵	۰,۱۷۹۶
۲	اسکلت سازه	جنس اسکلت سازه	۲,۲۵	۰,۲۹۳۱
		مبنای انتخاب نوع اسکلت	۲	۰,۳۲۹۸
		مقاومت در برابر حریق	۱,۷۵	۰,۳۷۶۹
۳	سطح مقطع اعضا	جهت گیری اعضای اصلی سازه	۲,۱۲۵	۰,۳۰۱۹
		ابعاد ستون ها در ارتفاع طقات	۲,۳۷۵	۰,۲۷۰۲
		مقطع ستون های رو به انفجار	۱,۵	۰,۴۲۷۸
۴	سامانه سازه‌ای	نوع سامانه سازه ای	۱	۰,۶۶۶۷
		عملکرد جوش تحت بار دینامیکی	۲	۰,۳۳۳۳
۵	پوشش دیوار	کلاف بندی قائم و افقی	۲	۰,۳۲۵۴
		نوع پوشش دیوار داخلی	۲,۳۷۵	۰,۲۷۴۰
		نوع پوشش پیرامونی	۱,۶۲۵	۰,۴۰۰۵
۶	مصالح ساختمانی	تاثیر نوع تن	۲	۰,۳۰۶۹
		مقاومت در برابر حریق پارتیشن ها	۲,۶۲۵	۰,۲۳۳۹
		جنس سقف و کف کاذب	۲,۸۷۵	۰,۲۱۳۵
		تاثیر نوع فولاد	۲,۵	۰,۲۴۵۶
۷	سقف و کف	بارگذاری کف	۱,۶۲۵	۰,۴۵۸۳
		صلبیت سقف و کف سازه ای	۱,۳۷۵	۰,۵۴۱۷
۸	بارگذاری و طراحی	رفتار لرزه ای سازه	۱,۱۲۵	۰,۵۱۸۵
		منظمی یا نامنظمی ساختمان	۲,۲۵	۰,۲۵۹۳
		نسبت ارتفاع به عرض	۲,۶۲۵	۰,۲۲۲۲

جدول (۶): وزن‌دهی زیرشاخص‌های آسیب‌پذیری اسکلت سازه

شاخص	زیرشاخص	محورهای آسیب پذیری					وزن
		اثرات EMP	اثرات آتش‌سوزی	اثرات بارهای دینامیکی	عدم تداوم عملکرد	عدم برگشت پذیری	عدم تسهیل در مدیریت بحران	
جنس اسکلت	فولادی- پیچ و مهره	۰,۱۵۵۳	۱,۰۸۷۳	۱,۲۸۱۵	۱,۴۵۶۳	۱,۶۹۹۰	۰,۷۷۶۶	۰,۲۲۲۵
	فولادی- جوش	۰,۱۵۵۳	۱,۰۸۷۳	۱,۷۰۸۰	۱,۷۴۷۵	۱,۹۴۱۷	۰,۷۷۶۶	۰,۲۵۵۶
	بتنی	۰,۰۵۸۲	۰,۲۷۱۸	۰,۴۲۷۱	۰,۸۷۳۷	۰,۹۷۰۸	۰,۵۸۲۵	۰,۱۰۹۷
	آجری	۰,۰۵۸۲	۰,۲۷۱۸	۰,۸۵۴۳	۲,۰۳۸۸	۱۰۹۴۱۷	۰,۶۷۹۶	۰,۲۰۱۵
	چوبی	۰,۰۷۷۶	۱,۲۲۳۳	۱,۰۶۷۹	۲,۰۳۸۸	۱,۲۱۳۵	۰,۴۸۵۴	۰,۲۱۰۵
مقاومت در برابر حریق	$\geq 8\ h$	–	۰,۲۷۱۸	–	۰,۵۸۲۵	۰,۴۸۵۴	–	۰,۰۷۷۷
	$7h - 8h$	–	۰,۴۰۷۷	–	۰,۸۷۳۷	۰,۹۷۰۸	–	۰,۱۳۰۷
	$5h - 7h$	–	۰,۶۷۹۶	–	۱,۴۵۶۳	۱,۴۵۶۳	–	۰,۲۰۸۴
	$2h - 5h$	–	۰,۹۵۱۴	–	۲,۰۳۸۸	۱,۶۹۹۰	–	۰,۲۷۲۱
	حداقل۲ساعت	–	۱,۰۸۷۳	–	۲,۳۳۰۰	۱,۹۴۱۷	–	۰,۳۱۰۹
مبنای انتخاب نوع اسکلت	قابلیت ترمیم پذیری	–	–	۱,۴۹۵۱	۲,۰۳۸۷	۰,۷۲۸۱	–	۰,۳۴۰۳
	قابلیت مقابله با آتش	–	–	۱,۲۸۱۵	۱,۷۴۷۵	۰,۹۷۰۸	–	۰,۳۱۹۴
	قابلیت کاهش اثر انفجار	–	–	۱,۴۹۵۱	۲,۰۳۸۸	۰,۷۲۸۱	–	

در صورت انتخاب نامناسب فونداسیون ممکن است بخشی یا کل ساختمان فروریزش کند. در جدول (۷) در شاخص نوع فونداسیون

سازه همان‌طور که انتظار می‌رفت فونداسیون گسترده به دلیل رفتار مناسب تحت بارهای دینامیکی، تحمل بارهای بیشتر نسبت به سایر فونداسیون‌های سطحی و تداوم عملکرد به هنگام وقوع بحران کمترین وزن را به خود اختصاص داده است.

با توجه به اهمیت مرکز داده، می‌توان ساختمان مرکز داده را به‌صورت سطحی، نیمه مدفون و یا مدفون اجرا نمود. در شاخص قرارگیری ساختمان مرکز داده نسبت به سطح زمین، زیرشاخص مدفون به دلیل رفتار مناسب تحت بارهای دینامیکی (لرزه‌ای و انفجار) و آسیب‌پذیری کمتر در اثر حملات تروریستی کمترین وزن را به خود اختصاص داده است. خصوصیات بستر در طراحی پی اثر قابل توجهی دارد، قرارگیری پی بر روی یک بستر سخت و سنگی سبب انتقال مناسب و متقارن بارها به زمین و عکس‌العمل مناسب خاک می‌گردد؛ این در حالی است که در بستر حاوی رس با نشست زیاد، انتقال بارها به زمین به‌صورت غیریکنواخت خواهد بود. در جدول فوق نیز شاخص بستر حاوی رس با نشست زیاد دارای بیشترین وزن می‌باشد [۳۱].

جدول (۷): وزن‌دهی زیرشاخص‌های آسیب‌پذیری فونداسیون

شاخص	زیرشاخص	محورهای آسیب پذیری						وزن
		اثرات EMP	اثرات آتش‌سوزی	اثرات بارهای دینامیکی	عدم تداوم عملکرد	عدم برگشت پذیری	عدم تسهیل در مدیریت بحران	
فونداسیون سازه	گسترده	–	–	۰,۲۱۳۵	۰,۵۸۲۵	۰,۴۸۵۴	–	۰,۱۰۷۸
	نواری	–	–	۰,۶۴۰۷	۲,۰۳۸۸	۱,۹۴۱۷	–	۰,۳۸۸۹
	منفرد	–	–	۱,۷۰۸۷	۲,۳۳۰۰	۱,۹۴۱۷	–	۰,۵۰۳۳
قرارگیری ساختمان مرکز داده نسبت به سطح زمین بر حسب درجه اهمیت	سطحی	۰,۱۷۴۷	۱,۰۸۷۳	۱,۴۹۵۱	۲,۳۳۰۰	۰,۴۸۵۴	۰,۱۹۴۱	۰,۴۹۱۷
	نیمه مدفون	۰,۰۹۷۰	–	۰,۸۵۴۳	۱,۱۶۵۰	۰,۷۲۸۱	۰,۲۹۱۲	۰,۲۶۷۴
	مدفون	۰,۰۳۸۸	–	۰,۲۱۳۵	۰,۲۹۱۲	۱,۶۹۹۰	۰,۵۸۲۵	۰,۲۴۰۹
بستر قرارگیری فونداسیون	بر روی گسل	۰,۱۷۴۷	–	۱,۹۲۲۳	۲,۳۲۰۰	۱,۹۴۱۷	۰,۸۷۳۷	۰,۴۵۵۲
	حاوی رس با نشست زیاد	۰,۰۳۸۸	–	۰,۶۴۰۷	۰,۸۷۳۷	۰,۹۷۰۸	۰,۳۸۸۳	۰,۱۸۳۰
	سخت و سنگی	۰,۱۳۵۹	–	۱,۴۹۵۱	۱,۷۴۷۵	۱,۶۹۹۰	۰,۶۷۹۶	۰,۳۶۱۸
وضعیت فونداسیون نسبت به سطح زمین	در سطح افقی	۰,۱۳۵۹	–	۰,۴۲۷۱	۰,۵۸۲۵	۰,۴۸۵۴	۰,۱۹۴۱	۰,۲۶۰۰
	فونداسیون در سطح شیبدار	۰,۰۵۸۲	–	۱,۴۹۵۱	۱,۷۴۷۵	۱,۲۱۳۵	۰,۶۷۹۶	۰,۷۳۹۹

با توجه به این‌که دیوارهای باربر عملکرد نامناسبی در تحمل بارهای جانبی دارند استفاده از این سامانه منسوخ شده است، در جدول (۸) نیز بیشترین وزن به این سامانه سازه‌ای اختصاص‌یافته است. اجرای جوش شیاری با نفوذ کامل در کارخانه صورت می‌گیرد و کیفیت آن نسبت به سایر جوش‌ها که در سایت اجرا می‌شوند بسیار مناسب‌تر می‌باشد، در این جدول نیز کمترین وزن به جوش شیاری با نفوذ کامل اختصاص یافته است.

جدول (۸): وزن‌دهی زیرشاخص‌های آسیب‌پذیری سامانه سازه‌ای

شاخص	زیرشاخص	محورهای آسیب پذیری						وزن
		اثرات EMP	اثرات آتش‌سوزی	اثرات بارهای دینامیکی	عدم تداوم عملکرد	عدم برگشت پذیری	عدم تسهیل در مدیریت بحران	
نوع سامانه سازه ای	دیوار باربر	–	–	۰,۶۴۰۷	۰,۵۸۲۵	۰,۲۴۲۷	۰,۸۷۳۷	۰,۰۶۸۳
	قاب مهاربندی شده	–	–	۱,۰۶۷۹	۱,۱۶۵۰	۰,۹۷۰۸	۰,۶۷۹۶	۰,۱۱۳۴
	قاب خمشی متوسط	–	–	۱,۴۹۵۱	۱,۷۴۷۵	۱,۴۵۶۳	۰,۶۷۹۶	۰,۱۵۷۰
	قاب خمشی ویژه	–	–	۱,۷۰۸۷	۲,۰۳۸۸	۱,۴۵۶۳	۰,۶۷۹۶	۰,۱۷۱۸
	سامانه دوگانه	–	–	۱,۹۲۲	۲,۳۳۰۰	۱,۶۹۹۰	۰,۶۷۹۶	۰,۱۹۳۶
	سازه های فضاکار	–	–	۱,۲۸۱۵	۱,۷۴۷۵	۱,۶۹۹۰	۰,۳۸۸۳	۰,۱۴۹۴
	سامانه های نوین ساختمانی	–	–	۱,۲۸۱۵	۱,۷۴۷۵	۱,۶۹۹۰	۰,۲۹۱۲	۰,۱۴۶۵
عملکرد جوش تحت بار دینامیکی	جوش شیاری با نفوذ کامل	–	–	۱,۷۰۸۷	–	۰,۹۷۰۸	–	۰,۲۰۰۳
	جوش شیاری با نفوذ نسبی	–	–	۱,۴۹۵۱	–	۱,۴۵۶۳	–	۰,۲۲۰۶
	جوش کام	–	–	۰,۴۲۷۱	–	۱,۹۴۱۷	–	۰,۱۷۷۰
	جوش گوشه	–	–	۰,۸۵۴۳	–	۱,۹۴۱۷	–	۰,۲۰۸۹
	جوش انگشتانه	–	–	۰,۶۴۰۷	–	۱,۹۴۱۷	–	۰,۱۹۳۰

بتن‌های پر مقاومت مانند بتن‌های الیافی دارای خصوصیات بهتری نسبت به بتن‌های معمولی و بتن‌های سبک برای مقابله با بارهای ضربه‌ای و انفجار می‌باشند [۲۹]. همچنین بتن‌های سبک اغلب کاربری غیرسازه‌ای دارند [۳۲]. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در جدول (۹) کمترین وزن به بتن‌های الیافی و بیشترین وزن به بتن‌های سبک اختصاص‌یافته است. با توجه به شکل‌پذیری بیشتر فولادهای st 37 نسبت به فولادهای نوع st 52 استفاده از فولاد st 37 در طراحی سازه‌ها در برابر انفجار ارجحیت دارد در جدول (۹) نیز وزن فولاد st 37 از st 52 کمتر می‌باشد[۲۹]. با توجه به کاربرد سازه‌ای و غیرسازه‌ای دیوارهای خارجی و داخلی می‌توان از انواع دیوارها استفاده نمود [۳۳].

جدول (۹): وزن‌دهی زیرشاخص‌های آسیب‌پذیری مصالح ساختمانی

شاخص	زیرشاخص	محورهای آسیب پذیری					وزن
		اثرات EMP	اثرات آتش‌سوزی	اثرات بارهای دینامیکی	عدم تداوم عملکرد	عدم برگشت پذیری	عدم تسهیل در مدیریت بحران	
مقاومت در برابر حریق پارتیشن	$\geq 6\ h$	–	۰,۲۷۱۸	–	۰,۵۸۲۵	۰,۷۲۸۱	۰,۱۹۴۱	۰,۱۰۰۶
	$5h-6h$	–	۰,۵۴۳۶	–	۰,۸۷۳۷	۰,۹۷۰۸	۰,۲۹۱۲	۰,۱۵۱۷
	$4h-5h$	–	۰,۶۷۹۶	–	۱,۱۶۵۰	۱,۲۱۳۵	۰,۳۸۸	۰,۱۹۵۲
	$2h-4h$	–	۰,۹۵۱۴	–	۱,۴۵۶۳	۱,۴۵۶۳	۰,۴۸۵۴	۰,۲۴۶۳
	حداقل2ساعت	–	۱,۰۸۷۳	–	۲,۰۳۸۸	۲,۰۳۸۸	۰,۵۸۲۵	۰,۳۰۶۲
تاثیر نوع بتن	بتن معمولی	–	۰,۴۰۷۷	۰,۸۵۴۳	۱,۱۶۵۰	۱,۱۶۵۰	–	۰,۲۵۰۳
	بتن سبک	–	۰,۴۰۷۷	۱,۲۸۱۵	۱,۷۴۷۵	۱,۷۴۷۵	–	۰,۳۴۲۶
	بتن مسلح	–	۰,۴۰۷۷	۰,۶۴۰۷	۰,۸۷۳۷	۰,۸۷۳۷	–	۰,۲۱۳۱
	بتن الیافی	–	۰,۴۰۷۷	۰,۴۲۷۱	۰,۵۸۲۵	۰,۵۸۲۵	–	۰,۱۹۳۸
جنس کف و سقف کاذب	استفاده از مصالح نسوز بدون آلاینده	–	۰,۱۳۵۹	–	۰,۵۸۲۵	۰,۵۸۲۵	۰,۳۸۸۳	۰,۳۲۲۰
	استفاده از مصالح کندسوز بدون آلاینده	–	۰,۶۷۹۶	–	۱,۱۶۵۰	۱,۱۶۵۰	۰,۴۸۵۴	۰,۶۷۷۹
تاثیر نوع فولاد	St52تنش تسلیم ۳۶۰۰	–	۰,۶۷۹۶	۰,۸۵۴۳	۱,۴۵۶۳	۱,۴۵۶۳	–	۰,۵۸۵۵
	St37 تنش تسلیم ۲۴۰۰	–	۰,۸۱۵۵	۰,۴۲۷۱	۰,۸۷۳۷	۰,۸۷۳۷	–	۰,۴۱۴۴

جهت‌گیری نامناسب وجوه اصلی سازه در برابر انفجار، سبب تشدید موج و افزایش خرابی می‌گردد. درصورتی‌که وجوه سازه عمود بر موج انفجار باشند، بیشترین تخریب صورت خواهد گرفت و هرچه سطوح با موج انفجار زاویه داشته باشند (بهترین حالت ۰ درجه) اثرات تشدید موج و تخریب ناشی از آن کاهش می‌یابد [۳۴].

همچنین کاهش ناگهانی ابعاد ستون‌ها در ارتفاع سبب تمرکز تنش و تشدید موج انفجار می‌شود و خرابی‌ها را افزایش می‌دهد. در جدول (۱۰) وزن شاخص کاهش بعد به‌صورت ناگهانی تقریباً چهار برابر حالتی است که ابعاد ستون‌ها در ارتفاع ثابت باشد.

جدول (۱۰): وزن‌دهی زیرشاخص‌های آسیب‌پذیری سطح مقطع

شاخص	زیرشاخص	محورهای آسیب پذیری						وزن
		اثرات EMP	اثرات آتش‌سوزی	اثرات بارهای دینامیکی	عدم تداوم عملکرد	عدم برگشت پذیری	عدم تسهیل در مدیریت بحران	
جهت گیری وجوه اصلی سازه در برابر انفجار	وجوه نسبت به انفجار با زاویه باشد	–	–	۰,۶۴۰۶	–	–	–	۰,۲۵
	عمود بر انفجار	–	–	۱,۹۲۲۳	–	–	–	۰,۷۵
شکل سطح مقطع بتنی ستون ها رو به انفجار با سطح مقطع یکسان	دایره ای	–	–	۰,۴۲۷۲	–	–	–	۰,۲
	مستطیلی با نسبت طول به عرض بیشتر از یک	–	–	۱,۰۶۷۹	–	–	–	۰,۵
	مربعی	–	–	۰,۶۴۰۸	–	–	–	۰,۳
ابعاد ستونها در ارتفاع طبقات	ثابت بودن ابعاد در ارتفاع	–	–	۰,۴۲۷۲	–	–	–	۰,۱۴۲۹
	کاهش بعد به مقدار ناچیز	–	–	۰,۸۵۴۳	–	–	–	۰,۲۸۵۷
	کاهش بعد به صورت ناگهانی	–	–	۱,۷۰۸۷	–	–	–	۰,۵۷۱۴

در میان انواع دیوار پیرامونی، دیوار برشی مرکب به دلیل شکل‌پذیری مناسب یکی از بهترین نوع دیوار برشی در طراحی سازه‌ها در برابر انفجار می‌باشد. در جدول (۱۱) نیز کمترین وزن را داشته و به معنای آسیب‌پذیری کم خواهد بود. نکته قابل‌توجه این است که وزن‌های به‌دست‌آمده برای دیوار با بلوک سفالی و دیوار با بلوک سیمانی با یکدیگر برابر می‌باشد. در دیوارهای داخلی ۳ d-panelها و کناف‌ها دارای قابلیت ترمیم‌پذیری مناسبی می‌باشند و در جدول نیز کمترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند. نکته‌ی حائز اهمیت در اجرای دیوارها، کلاف‌بندی مناسب آن‌ها می‌باشد؛ همان‌طورکه در جدول نیز دیده می‌شود وزن دیوارهای بدون کلاف‌بندی حدوداً هفت برابر وزن دیوارهای با کلاف‌بندی می‌باشد.

جدول (۱۱): وزن‌دهی زیرشاخص‌های آسیب‌پذیری مصالح ساختمانی

شاخص	زیرشاخص	محورهای آسیب پذیری						وزن
		اثرات EMP	اثرات آتش‌سوزی	اثرات بارهای دینامیکی	عدم تداوم عملکرد	عدم برگشت پذیری	عدم تسهیل در مدیریت بحران	
نوع پوشش پیرامونی (خارجی)	دیوار برشی بتن مسلح بدون بازشو	۰,۰۱۹۴	-	۰,۲۱۳۵	-	۰,۷۲۸۱	-	۰,۰۴۵۶
	دیوار برشی بتن مسلح با بازشو	۰,۰۵۸۲	-	۰,۶۴۰۷	-	۰,۹۷۰۸	-	۰,۰۷۹۱
	دیوار برشی فولادی	۰,۰۵۸۲	-	۱,۰۶۷۹	-	۱,۲۱۳۵	-	۰,۱۱۰۹
	دیوار برشی مرکب	۰,۰۵۸۲	-	۰,۸۵۴۳	-	۰,۹۷۰۸	-	۰,۰۸۹۳
	دیوار برشی با مصالح بنایی	۰,۱۱۶۵	-	۱,۲۸۱۵	-	۱,۶۹۹۰	-	۰,۱۴۶۸
	دیوار آجری	۰,۱۱۶۵	-	۱,۴۹۵۱	-	۱,۹۴۱۷	-	۰,۱۶۸۴
	دیوار با بلوک سفالی	۰,۱۱۶۵	-	۱,۴۹۵۱	-	۲,۱۸۴۴	-	۰,۱۷۹۹
	دیوار با بلوک سیمانی	۰,۱۱۶۵	-	۱,۴۹۵۱	-	۲,۱۸۴۴	-	۰,۱۷۹۹
نوع پوشش دیوار داخلی	DRY WALL	۰,۰۷۷۶	۰,۴۰۷۷	۰,۴۲۷۱	۰,۸۷۳۷	۰,۷۲۸۱	۰,۲۹۱۲	۰,۱۳۳۵
	3D-pannel	۰,۰۹۷۰	۰,۵۴۳۶	۰,۴۲۷۱	۰,۸۷۳۷	۰,۷۲۸۱	۰,۲۹۱۲	۰,۱۴۰۹
	دیوار با بلوک سفالی	۰,۱۵۵۳	۱,۰۸۷۳	۱,۴۹۵۱	۲,۳۳۰۰	۱,۹۴۱۷	۰,۶۷۹۶	۰,۳۶۵۹
	دیوار آجری	۰,۱۵۵۳	۰,۹۵۱۴	۱,۴۹۵۱	۲,۳۳۰۰	۱,۹۴۱۷	۰,۶۷۹۶	۰,۳۵۹۵
کلاف بندی قائم و افقی دیوارها و همبندی تیرها و ستون ها	دارای کلاف بندی هم‌بندی	-	-		۰,۵۸۲۵	۰,۴۸۵۴	-	۰,۱۷۷۲
	بدون کلاف بندی و هم بندی	-	-	۱,۹۲۲۳	۲,۳۳۰۰	۱,۶۹۹۰	-	۰,۸۲۲۸

در صورت طراحی و اجرای ساختمان‌های نامنظم، ممکن است سازه تحت بارهای دینامیکی دچار پیچش گردد [۳۵]. لذا جهت کاهش ممان پیچشی آن، در اجرای این نوع ساختمان‌ها مجبور به استفاده از پل‌های مورب بوده؛ که اجرای آن‌ها را نسبت به پل‌های عمودی دشوارتر می‌کند و نیازمند به‌کارگیری نیروی متخصص می‌باشد. همچنین بیرون‌زدگی‌ها و فرورفتگی‌ها، سبب تشدید امواج انفجار و تشدید خرابی می‌گردد از دیدگاه پدافند غیرعامل مناسب نمی‌باشد. همان‌طور که در جدول (۱۲) مشاهده می‌شود وزن شاخص استفاده از سازه‌های نامنظم بیش از سه برابر وزن شاخص سازه‌های منظم می‌باشد.

بررسی رفتار لرزه‌ای سازه بسیار با اهمیت می‌باشد. در این راستا می‌توان با استفاده از میراگرها و جداسازهای لرزه‌ای، انرژی ناشی از بارهای دینامیکی وارد بر سازه را جذب نمود تا خسارت کمتری بر سازه وارد گردد. همچنین می‌توان از میراگرهای هوشمند در سازه‌ها استفاده نمود به‌طوری‌که با واردشدن بار بر یک وجه سازه، میراگرهای همان وجه فعال گردند. همان‌طور که در جدول (۱۲) مشاهده می‌شود وزن شاخص مربوط به میراگرهای هوشمند نسبت به میراگرهای عادی نصف می‌باشد.

جدول (۱۲): وزن‌دهی زیرشاخص‌های آسیب‌پذیری بارگذاری و طراحی

شاخص	زیرشاخص	محورهای آسیب پذیری						وزن
		اثرات EMP	اثرات آتش‌سوزی	اثرات بارهای دینامیکی	عدم تداوم عملکرد	عدم برگشت پذیری	عدم تسهیل در مدیریت بحران	
منظمی یا نامنظمی ساختمان از لحاظ سازه ای	استفاده از سازه های منظم	-	-	۰,۲۱۳۵	۰,۵۸۲۵	-	۰,۲۹۱۲	۰,۲۳۳۳
	استفاده از سازه های نامنظم	-	-	۱,۹۲۲۳	۱,۱۶۵۰	-	۰,۴۸۵۴	۰,۷۶۶۷
نسبت ارتفاع به عرض ساختمان	کمتر از یک	-	۰,۲۷۱۸	۰,۴۲۷۱	۰,۸۷۳۷	-	۰,۱۹۴۱	۰,۲۵۷۸
	بیشتر از یک	-	۰,۹۵۱۴	۱,۷۰۸۷	۲,۰۳۸۸	-	۰,۳۸۸۳	۰,۷۴۲۲
رفتر لرزه ای سازه	یکسان بودن سامانه سازه ای در تمام طبقات	-	-	۱,۰۶۷۹	۰,۸۷۳۷	-	-	۰,۱۳۲۹
	یکسان نبودن سامانه سازه ای طبقات	-	-	۱,۲۸۱۵	۱,۱۶۵۰	-	-	۰,۱۶۷۴
	استفاده از دمپر و میراگرهای عادی	-	-	۰,۸۵۴۳	۱,۱۶۵۰	۱,۲۱۳۵	۰,۴۸۵۴	۰,۲۵۴۵
	استفاده از میراگر هوشمند	-	-	۰,۴۲۷۱	۰,۵۸۲۵	۰,۴۸۵۴	۰,۳۸۸۳	۰,۱۲۸۹
	عدم استفاده از میراگر و دمپر	-	-	۱,۷۰۸۷	۲,۳۳۰۰	-	۰,۵۸۲۵	۰,۳۱۶۳

در طراحی سازه می‌توان از دو نوع سامانه سازه‌ای (بتنی و فولادی) بهره برد. برای مثال می‌توان مرکز داده را در زیر سطح زمین و با استفاده از اسکلت بتنی اجرا نمود و ساختمان بر روی سطح زمین را با استفاده از اسکلت فلزی و سامانه سقف فداشونده در طبقات اجرا نمود. همچنین می‌توان بسته به اهمیت مرکز داده از جداسازهای لرزه‌ای استفاده نمود.

با توجه به وجود تجهیزات سنگین در ساختمان مرکز داده، طراحی کف‌ها و سقف‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که تحمل بارهای

دینامیکی، نقطه‌ای و گسترده را دارا باشند. در انتخاب نوع سقف باید به این نکته توجه نمود که سامانه مورد نظر قابلیت تحمل این نوع بارها را دارا باشد [۳۶]. سامانه طاق ضربی به دلیل عدم انسجام کافی و یکپارچه نبودن منسوخ‌شده است و همان‌طور که در جدول (۱۱) مشاهده می‌شود بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است. بهترین نوع سقف در برابر بارهای دینامیکی سقف کامپوزیت می‌باشد که قابلیت مقابله با آتش و کاهش اثر انفجار را دارا می‌باشد [۳۷]. در جدول (۱۳) کمترین وزن به این نوع سقف اختصاص‌یافته است. در طراحی سازه‌ها در برابر انفجار استفاده از سرستون به‌منظور جلوگیری از اثر پانچ الزامی است. همان‌طور که در جدول (۱۳) مشاهده می‌شود وزن دال با سرستون از حالت دال بدون سرستون کمتر بوده و سقف تیرچه بلوک برای بارهای مرتعش و متحرک مناسب نیست و از لحاظ پدافند غیرعامل توصیه نمی‌شود.

جدول (۱۳): وزن‌دهی زیرشاخص‌های آسیب‌پذیری سقف و کف

شاخص	زیرشاخص	محورهای آسیب پذیری						وزن
		اثرات EMP	اثرات آتش‌سوزی	اثرات بارهای دینامیکی	عدم تداوم عملکرد	عدم برگشت پذیری	عدم تسهیل در مدیریت بحران	
بارگذاری کف	قابلیت تحمل بار نقطه ای کف ها، بار دینامیکی و بار گسترده	-	-	۰,۲۱۳۵	۰,۲۹۱۲	۰,۷۲۸۱	-	۰,۱۲۱۱
	قابلیت تحمل بارهای دینامیکی و بار گسترده	-	-	۰,۴۲۷۱	۰,۵۸۲۵	۰,۷۲۸۱	-	۰,۱۷۰۶
	قابلیت تحمل بار گسترده و بار نقطه ای	-	-	۱,۲۸۱۵	۱,۴۵۶۳	۱,۴۵۶۳	-	۰,۴۱۱۸
	قابلیت تحمل بارهای دینامیکی و نقطه ای	-	-	۰,۶۴۰۷	۱,۱۶۵۰	۱,۲۱۳۵	-	۰,۲۹۶۴
صلبیت سقف و کف	طاق ضربی	-	۰,۵۴۳۶	۱,۹۲۲۳	۲,۶۲۱۳	۱,۹۴۱۷	۰,۸۷۳۷	۰,۱۹۵۶
	دال تخت با سرستون	-	۰,۴۰۷۷	۰,۶۴۰۷	۰,۸۷۳۷	۱,۶۹۹۰	۰,۷۷۶۶	۰,۱۰۸۸
	دال تخت بدون سرستون	-	۰,۴۰۷۷	۰,۸۵۴۳	۱,۱۶۵۰	۱,۴۵۶۳	۰,۶۷۹۶	۰,۱۱۲۹
	دال مجوف	-	۰,۴۰۷۷	۰,۶۴۰۷	۰,۸۷۳۷	۱,۲۱۳۵	۰,۷۷۶۶	۰,۰۹۶۸
	دال های پیشتنیده پس کشیده	-	۰,۴۰۷۷	۱,۷۰۸۷	۲,۳۳۰۰	۱,۶۹۹۰	۰,۵۸۲۵	۰,۱۶۶۵
	عرشه فولادی با مقاطع مختلط با استفاده از ورق های ذوزنقه ای	-	۰,۲۷۱۸	۰,۴۲۷۱	۰,۵۸۲۵	۱,۴۵۶۳	۰,۶۷۹۶	۰,۰۸۴۶
	سقف کامپوزیت	-	۰,۱۳۵۹	۰,۲۱۳۵	۰,۲۹۱۲	۱,۴۵۶۳	۰,۶۷۹۶	۰,۰۶۸۷
	تیرچه بلوک	-	۰,۹۵۱۴	۱,۷۰۸۷	۲,۰۳۸۸	۱,۲۱۳۵	۰,۷۷۶۶	۰,۱۶۵۶

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش سعی بر آن بوده تا با انجام مطالعاتی هدفمند و گروهی پاسخی به یک خلأ علمی در محاسبه متغیر "آسیب‌پذیری" برای ساختمان مراکز داده در ارزیابی ریسک ارائه شود. مبنای ارزیابی ریسک در این پژوهش روش FEMA بوده که شامل سه متغیر تهدید، آسیب‌پذیری و ارزش دارایی می‌باشد. منابع کتابخانه‌ای و اسنادی موجود در کشور هرچند به‌صورت کلی به ارائه روش فوق

می‌پردازند، بااین‌حال جزئیات بررسی هر یک از متغیرهای فوق برای پژوهشگران، خبرگان و مدیران در حوزه پدافند غیرعامل در این منابع مغفول مانده و با ابهامات فراوانی روبرو می‌باشد. در همین راستا، نویسندگان این مقاله با توجه به اهمیت محاسبه میزان آسیب‌پذیری به بررسی آن در حوزه سازه ساختمان مرکز داده و در هشت گروه اصلی پرداخته‌اند. از طرفی، اهمیت روزافزون مراکز داده به‌عنوان بزرگ‌ترین مرکز انباشت اطلاعات که زیرساخت‌های مختلفی را نیز به خود وابسته ساخته‌اند مهم‌ترین دلیل پرداختن به بررسی آسیب‌پذیری این مراکز بوده است. بررسی آیین‌نامه‌های موجود در سایر کشورها به‌ویژه آیین‌نامه FEMA نشان از وجود چک لیست‌های گوناگون در حوزه‌های سازه، معماری، مکانیکی، الکتریک و نرم‌افزاری بوده که به علت غیربومی بودن این منابع، استفاده مستقیم از آن‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد. نتیجه این مقاله به‌عنوان بخشی مؤثر بر آسیب‌پذیری ساختمان که می‌بایست در کنار سایر حوزه‌ها مورد توجه قرار گیرد اولین گام در راستای بومی‌سازی و تسهیل شناخت آسیب‌پذیری مراکز داده می‌باشد. هشت سرشاخص اصلی سازه‌ای شامل اسکلت سازه، سطح مقطع، سامانه سازه‌ای، آسیب‌پذیری پوشش، سقف و کف، بارگذاری و طراحی، مصالح ساختمانی و فونداسیون می‌باشد. با توجه به نظرسنجی صورت‌گرفته از خبرگان در حوزه پدافند غیرعامل سرشاخص بارگذاری و طراحی بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است. پس از تعیین وزن هر یک از سرشاخص‌ها به‌ازای هرکدام متغیرهای تأثیرگذار (شاخص‌ها) استخراج و مجدداً توسط گروه پژوهش امتیازدهی و وزن‌دهی گردید. در گام آخر با توجه به شش محور آسیب‌پذیری متغیرهای مربوط به شاخص‌ها (زیرشاخص‌ها) امتیازدهی گردید. روند مورد نظر در این پژوهش نگاه از کل به‌جز بوده به صورتی که پس از انتخاب حوزه سازه‌ای ساختمان مجدداً هر یک از سرشاخص‌ها به موارد جزءتر تقسیم گردیده و تا رسیدن به پایین‌ترین سطح ادامه یافته است. خروجی این مقاله می‌تواند به‌صورت یک چک‌لیست که شامل کلیه پارامترهای سازه‌ای تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری ساختمان در برابر تهدیدات معرفی‌شده می‌باشد، در کنار سایر حوزه‌ها (معماری، مکانیکی، الکتریکی و نرم‌افزاری) که به همین‌گونه نیازمند پژوهش می‌باشند تهیه گردیده و مورد استفاده کارشناسان و مدیران مربوطه قرار گیرد. برای مطالعات آینده پیشنهاد می‌گردد حوزه‌های معرفی‌شده فوق نیز توسط گروه‌های پژوهشی بررسی گردد. ذکر این نکته نیز ضروری است که مقاله پیشرو تنها در زمینه آسیب‌پذیری می‌باشد و دو متغیر دیگر در روند ارزیابی ریسک که شامل تهدید و ارزش دارایی می‌باشند نیز در مطالعات آینده می‌بایست مورد توجه قرار گیرد.

۶- مراجع

۱. اکرمی‌فر، سیدعلی، بررسی ضرورت و اهمیت مراکز داده در ابعاد ملی و جایگاه آن در توسعه دولت الکترونیک، مجموعه مقالات همایش نقش مرکز داده در توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات شورای عالی اطلاع رسانی، انتشارات گل واژه، ۱۳۸۴.

۲. صادقی زاده، وحید، کوثری، سعید، معرفی روش‌های حفاظت از ساختمان‌ها و تجهیزات الکتریکی در مقابل تهدیدات EMP دومین همایش مدیریت بحران در صنعت ساختمان، شریان‌های حیاتی و سازه، ۱۳۹۱.

۳. نباتی، عزت اله، اصول و مبانی پدافند غیرعامل، انتشارات مرکز آموزشی و پژوهشی شهید سپهبد صیاد شیرازی، تهران، ۱۳۸۹.

۴. اصغریان جدی، احمد، الزامات معمارانه در دفاع غیرعامل پایدار، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ۱۳۸۶.

5. M. Wiboonrat, "An empirical study on data center system failure diagnosis," Internet Monitoring and Protection, ICIMP'08., The Third International Conference on, IEEE, 2008.
6. F. Fletcher, "Physical Security and Your Data Center, Parallel Distributed and Grid Computing (PDGC)," 2010.
7. T. I. A. Standard, "Telecommunications In frastructure Standard for Data Centers," TIA-942, April 2005.
8. S. Scalet, "19 Ways to Build Physical Security into a Data Center," CSO Magazine, 2005.
9. R. Snevely, "Enterprise data center design and methodology," Prentice Hall Press, 2002.

۱۰. میرزایی علی آبادی، مهدی، حسین خانی، احسان، انرژی خورشیدی راهکاری نوین در راستای تراکم زدایی انرژی و امنیت پایدار، اولین کنفرانس مدیریت تامین پایدار و امنیت انرژی با رویکرد پدافند غیرعامل، اهواز، ۱۳۹۴.

۱۱. کیانی، سعید و همکاران، بررسی جایگاه انرژی‌های تجدیدپذیر در اهداف پدافند غیرعامل همسو با توسعه پایدار، اولین کنفرانس مدیریت تامین پایدار و امنیت انرژی با رویکرد پدافند غیرعامل، اهواز، ۱۳۹۴.

۱۲. یعقوب نژاد، رحیم، ارائه مدلی برای طرح ایجاد مرکز داده ستاد وزارت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ۱۳۸۶.

13. FEMA452, "Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings," Federal Emergency Management Agency, November 2000.

۱۴. مرکز داده و ملاحظات پدافندی آن، مرکز پدافند غیرعامل فاوای شرکت ایزایران.

۱۵. سازمان پدافندغیرعامل، معرفی تهدیدات و نحوه بررسی و ارزیابی آنها، معاونت اطلاعات، ۱۳۹۱.

۱۶. موحدی‌نیا، جعفر، اصول و مبانی پدافند غیر عامل، انتشارات دانشگاه

صنعتی مالک اشتر، ۱۳۸۸.

۱۷. حسینی، سید بهشید، معیارهای پدافند غیرعامل در طراحی معماری ساختمانهای جمعی شهری، انشارات عابد، تهران،۱۳۸۹.

۱۸. فرزام شاد، مصطفی، مبانی نظری معماری در دفاع غیر عامل، مشاور عمران ایران، مهندسی دفاعی و پدافند غیرعامل، ۱۳۸۶.

۱۹. توکلی مقدم، بابک و همکاران، پدافند غیرعامل در مقابل بمب‌های گرافیتی، فصلنامه پدافند غیرعامل، سال اول شماره ۱، ۱۳۸۸.

۲۰. مشهدی، حسن، امینی، سعید، تدوین و ارائه‌ی الگوی ارزیابی تهدیدات، آسیب پذیری و آنالیز ریسک زیرساخت‌های حیاتی و حساس با تاکید بر پدافند غیرعامل، فصلنامه مدیریت بحران، دانشگاه مالک اشتر، ویژه نامه هفته پدافند غیرعامل، ۱۳۹۴.

۲۱. سرمد، زهره و همکاران، روش‌های تحقیق در علوم رفتاری، انتشارات آگه، ۱۳۹۳.

۲۲. اصغرپور، محمد جواد، تصمیم گیری چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۵.

۲۳. نصر، احمد رضا و همکاران، روش های تحقیق کمی و کیفی در علوم تربیتی و روان شناسی (جلد اول و دوم) ترجمه احمد رضا نصر و دیگران، انتشارات سمت، تهران، ۱۳۸۹.

۲۴. آذر، عادل، مؤمنی، منصور، آمار و کارُبرد آن در مدیریت، جلد دوم، چاپ پنجم، انتشارات سمت، تهران، ۱۳۸۰

۲۵. حافظ نیا، محمدرضا، مقدمه ای بر روش تحقیق در علوم انسانی، سمت، تهران،۱۳۸۹.

۲۶. دفتر مقررات ملی ساختمان، مبحث هفتم، پی و پی‌سازی، نشر توسعه ایران،۱۳۹۲.

۲۷. طاحونی، شاپور، طراحی ساختمان‌های بتن مسلح، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه، تهران، ۱۳۸۹.

۲۸. نشریه شماره ۵۴۳، دستورالعمل طراحی و اجرای سقف‌های تیرچه‌بلوک، معاونت نظارت راهبردی امور نظام فنی، ۱۳۹۲.

29. UFC, unified facilities criteria, "structures to resist the effects of accidental explosions," Superseding Army TM 5-1300, 5 December 2014.

۳۰. دفتر مقررات ملی ساختمان، مبحث سوم، حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق، نشر توسعه ایران،۱۳۹۰.

۳۱. آیین‌نامه طراحی سازه‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش ۴، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ۱۳۹۳.

۳۲. دفتر مقررات ملی ساختمان، مبحث ششم، بارهای وارد بر ساختمان، نشر توسعه ایران،۱۳۹۲.

۳۳. کی‌نیا، امیرمسعود، تحلیل و طراحی سازه‌های بتن‌آرمه، اصفهان، جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۹۰.

۳۴. بشارتی‌گیوی، محمدکاظم، رضایی بارونقی، حمیدرضا، سازه‌های امن پیشرفته، چاپ دوم، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران،۱۳۹۱.

۳۵. تی. اف. کلوین، نیرومند، حامد، رضایی، حمیدرضا ، طراحی سازه‌های مقاوم در برابر آثار انفجارها، دانشگاه صنعتی مالک اشتر،۱۳۹۱.

36. FEMA426, Federation Emergency Management Agency, "To Mitigate potential Terrorist Attacks against building," December 2007.

Identifying and Prioritizing the Impact of the Vulnerability Index in The Data Center Building Structure

M. Mirzaei Ali Abadi*, S. kiani, H. Hasan Nezhad, H. Piri

Abstract

Advances in technology and above all Internet and network, have today affected all the everyday activities of citizens and organizations. With this regard, data centers are an important storage space in immunization of volumes of information. These centers continue to function and retain information, as the information source suppliers of critical services such as banks and military bases from the perspective of passive defense are emphasized. Accordingly, in this study, evaluation of the vulnerability of building data centers against the threats posed by dynamic loads has been addressed. 8 main indicators have been loaded and designed including the foundation, structural frame, cross members, structural systems, wall coatings, building materials, ceiling and floor, and 24 variables have been extracted. Using multi-criteria decision-making techniques including smart way and saw and distributing a questionnaire among experts, indocators have been prioritized and weighted. Design and loading indicators have been the most important ones weighing 0.221 and then the structure skeleton with 0.17 and structural system with 0.163 were in the following places. After calculating the weights, the risk assessment process and the vulnerability have been addressed.

Key Words: *Data Center, Vulnerability, Construction, Passive, Risk Assessment.*

* Imam Hussein Comprehensive University - (mahdimirzaie1368@gmail.com) - Writer-in-Charge