Archive of SID

تعیین و اولویت‌بندی اثرگذارترین شاخص‌ها در طراحی معماری ساختمان‌های اداری از منظر پدافند غیرعامل با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی[1] (AHP)

غلامرضا جلالی فراهانی: دانشیار دانشگاه عالی دفاع ملی
مجتبی عراقی‌زاده*: پژوهشیار مجتمع دانشگاهی پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، mojt_civil@mut.ac.ir
سیدجواد هاشمی فشارکی: هیئت علمی دانشگاه امام حسین علیه السلام

تاریخ دریافت:۱۳۹۶/۱۲/۱۱
تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۴/۲۵

چکیده

ساختمان‌های اداری از جمله دارایی‌هایی هستند که فارغ از جزء کاربری آن‌ها از آنجا که منتسب به دولت‌ها و حکومت‌ها هستند و وظیفه‌ی خطیر اداره‌ی امور مردم را بر عهده دارند، همواره به اشکال گوناگونی از حمله‌ی مستقیم هوایی- موشکی گرفته تا انفجارهای تروریستی مجاورتی مورد تهدید بوده‌اند. به‌خصوص با شدت گرفتن انواع مختلف تهدیدات اعم از تروریستی و غیرتروریستی علیه مراکز سیاسی - اداری کشورمان این مسئله بیش از پیش خود را نمایان نموده است. از این‌رو پیاده‌سازی اقدامات پدافند غیرعامل در مراحل طراحی و ساخت این‌گونه ساختمان‌ها امری ضروری است. در این مقاله با درنظر گرفتن تهدید موج انفجار به‌منزله‌ی تهدید طرح، تلاش شده است، اصلی‌ترین شاخص‌های معماری در طراحی ساختمان‌های اداری با بهره‌گیری از نظر جامعه‌ی خبرگان و روش تحلیل سلسله‌مراتبی شناسایی و اولویت‌بندی گردند. پس از گردآوری داده‌ها به روش کتابخانه‌ای و مصاحبه با خبرگان و تکمیل پرس‌شنامه توسط ۲۸ نفر از خبرگان، تحلیل نتایج با استفاده از روش AHP یا تحلیل سلسله‌مراتبی به انجام رسید. در پایان پس از ارزیابی‌های صورت گرفته در پژوهش با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice 11، شاخص‌های نمای خارجی ساختمان، طراحی داخلی و فضای امن به ترتیب حائز بیشترین اولویت‌های طراحی معماری ساختمان‌های اداری با رویکرد پدافند غیرعامل شدند. همچنین مهم‌ترین زیرشاخص‌های هر یک از شاخص‌ها نیز اولویت‌بندی گردیدند. همچنین در مقاله‌ی حاضر تلاش گردیده است برای هر یک از زیرشاخص‌هایی که بیشترین اهمیت را داشته‌اند، تحلیلی کلان ذیل جدول نتایج ارزیابی نگاشته شود.

Determination and prioritization of the most effective criteria in architectural design of office buildings from passive defense point of view by using AHP method

Gholam Reza Jalali Farahani[1], Mojtaba Araghizadeh*[2], Sayed Javad Hashemi Fesharaki[3]

Abstract

Office buildings without regarding to their sub functions are some kinds of assets that because of being related to the governments and states and their important role in governing people affairs, had always been under different kinds of threats from airborne-missile attacks to terrorist near-by blast. Especially by increasing different kinds of attacks, including terrorist and non-terrorist attacks against political-bureaucratic buildings of our country, this issue has exposed more than ever. Hence, implementation of passive defense efforts in design and building steps of these buildings, is an essential issue. In this article, with considering of blast wave as the base threat, efforts have been done to identify and prioritize main architectural criteria in designing office buildings by using experts' opinion and Analytical Hierarchy Process after gathering data with library method and expert interview and filling in the questionnaire by 28 experts, records analyzing were done by AHP method. At last, after the assessments in research by Expert Choice 11 Software, building envelope, interior design and protected space, respectively were chosen as the most important criteria of architectural design of office building with passive defense point of view. So, efforts have been done in this article to write a comprehensive analyze for the most important indicators.

Key Words: *Architecture, Office building, Threat, Vulnerability, Blast wave*

1 Associated Professor, Supreme National Defense University
2 Faculty of Passive Defense, Malek Ashtar University of Technology
3 Faculty of Passive Defense, Imam Hossein (A.S) University

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

هرساله تعداد فراوانی ساختمان اداری در سطوح مختلف در کشور ساخته می‌شود که متأسفانه الزامات پدافند غیرعامل در اکثریت قریب به اتفاق آن‌ها رعایت نمی‌گردد. یکی از مهم‌ترین علل این مسئله آن است که محتوای علمی دقیقی برای انجام این امر وجود ندارد. این در حالی است که فضای پر تنش بین‌المللی هر آن ممکن است پیامدهای سوئی را به کشور مترتب نماید که دیگر در آن زمان امکان به‌کارگیری اصول مهندسی پدافند غیرعامل مانند زمان صلح وجود نخواهد داشت. مؤید این موضوع نیز جنگ‌های اخیر سوریه، عراق و یمن است که طی آن‌ها ساختمان‌های اداری- سیاسی، جزء اهداف اصلی حمله به شهرها هستند که این حملات به اشکال مختلف، از بمباران مستقیم گرفته تا انفجار مجاورتی و حتی اشغال خود را نشان می‌دهد. در واقع این ساختمان‌ها قلب مدیریتی شهرها هستند که با از بین رفتن آن‌ها، اداره‌ی شهر با چالش‌هایی مواجه می‌گردد.

لذا باید اندیشید که با چه راهکارهای علمی، فنی و مهندسی می‌توان اثر تهدیدات را بر زیرساخت‌ها و ابنیه کاهش داد. پژوهش حاضر در این راستا به انجام رسیده است و هدف آن این است که اصلی‌ترین شاخص‌های طراحی معماری ساختمان‌های اداری را احصا و رتبه‌بندی نماید. رتبه‌بندی علمی شاخص‌ها آنجا اهمیت می‌یابد که بدانیم نمی‌توان تنها به ارائه‌ی شاخص اکتفا کرد، زیرا محدودیت‌های مالی و گاه قانونی جلوی پیاده‌سازی همه‌ی شاخص‌های پدافند غیرعامل را در طراحی معماری ساختمان‌های اداری می‌گیرد و باید فرایند پیاده‌سازی را از مهم‌ترین شاخص‌ها آغاز نمود.

در واقع با انجام پژوهش حاضر می‌توان مهم‌ترین شاخص‌ها را شناسایی کرد و بر اساس درجه‌ی اهمیت، سطح عملکرد در زمان جنگ، مکان قرارگیری، محدودیت‌های مالی و بسیاری دیگر از معیارها، این شاخص‌ها را در طراحی ساختمان‌های اداری پیاده کرد. اگر چنین رتبه‌بندی‌ای وجود نداشته باشد، مدیران و طراحانی که قصد پیاده‌سازی الزامات پدافند غیرعامل را در طرح خود دارند با سردرگمی مواجه خواهند شد و عمل به این مسئله سلیقگی خواهد شد.

بنا بر آنچه بیان شد، هدف اصلی پژوهش حاضر آن است که پس از شناسایی شاخص‌های اثرگذار در ساختمان‌های اداری از منظر پدافند غیرعامل، بر اساس روش‌های علمی میان آن‌ها رتبه‌بندی برقرار کند و مهم‌ترین آن‌ها را احصا نماید.

پیشینه و ادبیات تحقیق

در ارتباط با حوزه‌ی معماری و پدافند غیرعامل تاکنون کتب، مقالات و پژوهش‌های متعددی در داخل و خارج کشور نگاشته شده است، لیکن نگاه تخصصی به حوزه‌ی یک کاربری خاص به‌منظور استخراج شاخص‌های اثرگذار در طراحی معماری آن از منظر پدافند غیرعامل کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از جمله پژوهش‌هایی که در ارتباط با معماری و پدافند غیرعامل به انجام رسیده است می‌توان به اثر اصغریان جدی و علی اصغر شهاب در سال ۱۳۹۴ [۱] تحت عنوان بومی‌سازی استانداردهای پناهگاه‌های جمعی و خانوادگی در ایران اشاره کرد که در بخش معماری آن، نیازمندی‌های طراحی یک پناهگاه ارائه گردیده است. همچنین بیطرفان و همکاران در سال ۲۰۱۳ [۲] طی مقاله‌ای تحت عنوان نقش فضاهای معماری در طراحی ساختمان‌های مقاوم در برابر انفجار، ارتباط میان مهم‌ترین شاخص‌های معماری را با مقوله‌ی کاهش آسیب‌پذیری در برابر موج انفجار با استفاده از روش AHP سنجیده و به این نتیجه رسیده‌اند که از میان شاخص‌های مؤثر بر ارزیابی فضاهای معماری، میزان انسان‌گرا (ارگونومی) بودن فضای ساختمان مهم‌ترین عامل است و سپس جانمایی فضاهای حیاتی و حساس ساختمان در رتبه‌ی بعدی قرار گرفته است. سید باقر حسینی و همکاران در سال ۲۰۱۲ [۳] نیز در مقاله‌ای تحت عنوان نقش فرم‌های پایه‌ی ساختمان در حفاظت در برابر انفجار به بررسی این مقوله‌ی مهم پرداخته و با استفاده از تحلیل نرم‌افزاری به این نتیجه رسیده‌اند که در فرم‌های پایه، سه عامل اصلی تأثیرگذار عبارتند از: کاهش مساحت سطح مقطع فرم پایه با افزایش ارتفاع، مساحت تصویر فرم پایه بر روی صفحه‌ی عمودی و آیرودینامیک بودن پلان فرم پایه. در تکمیل این مطلب، معینی کربکندی در تحقیقی دقیق‌تر در سال ۱۳۹۲ [۴] تحت عنوان شاخص‌های فرم‌های معماری ساختمان‌های مقاوم در برابر موج انفجار، به تحلیل نرم‌افزاری جزئی‌تر ارتباط میان مقوله‌های فرم و موج انفجار پرداخته و به نتایج مشابهی با تحقیق قبل دست یافته است. پوری‌رحیم و همکاران در سال ۲۰۱۳ [۵] نیز در تحقیقی به نقش فرم‌های مختلف سقف در کاهش اثر انفجار بر ساختمان با استفاده از تحلیل نرم‌افزاری پرداخته‌اند و انواع بام‌های سازگار و ناسازگار را مشخص نموده‌اند. همچنین، بی‌طرفان و همکاران در پژوهشی دیگر (۲۰۱۲)، [۶] تحت عنوان انتخاب بهترین ترکیب فرم از منظر پدافند غیرعامل با استفاده از روش AHP و AHP معکوس به انتخاب بهترین سازماندهی فضایی در برابر عملکرد موج انفجار رسیده‌اند.

در زمینه‌ی تحقیقات خارجی نیز آقای بور آمل در پژوهشی (۲۰۱۶)، [۷] تحت عنوان طراحی ساختمان مقاوم در برابر تروریسم با روش تحلیل میدانی و نرم‌افزاری به بررسی برخی شاخص‌های اثرگذار نظیر فرم و فاصله‌ی دورایستایی[۲] مبدأ انفجار از برخی ساختمان‌های کشور هندوستان پرداخته است و راهکارهایی را برای کاهش آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در برابر اقدامات تروریستی ارائه نموده است. خانم زینپ کاساز و همکاران (۲۰۰۸)، [۸] در پژوهش مشابهی تحت عنوان طراحی معماری و سازه‌ای برای ساختمان‌های مقاوم در برابر انفجار به بیان راهکارهایی کلی (در بخش معماری پژوهش) پرداخته‌اند که عبارتند از: طراحی محوطه، پلان ساختمان، فضای امن، تأسیسات و نما. در حوزه‌ی نما آقای فولویو پارسینی و همکاران نیز (۲۰۱۶)، [۹] به بررسی نقش دیوار با مصالح سنگی توف در برابر انفجار پرداخته است.

آنچه در پژوهش‌های ذکر شده در این مقاله و سایر پژوهش‌هایی که از ذکر نام آن‌ها پرهیز شده است آمده، بررسی روابط میان اجزای معماری نظیر فرم خارجی، سازماندهی فضایی،

www.SID.ir

Archive of SID

پلان، نما و غیره با مقوله‌ی تهدید یعنی موج انفجار است، فارغ از آنکه نوع کاربری ساختمان مشخص باشد یا اینکه کدام شاخص از اهمیت بیشتری برای کاهش آسیب‌پذیری ساختمان و ساکنان درون آن برخوردار است. در پژوهش حاضر ضمن شناخت و تجمیع کلیه‌ی شاخص‌های پدافندی معماری ابنیه، این شاخص‌ها برای ساختمان‌های اداری تدقیق و رتبه‌بندی خواهند گردید.

شاخص‌های مؤثر ساختمان‌های اداری همساز با پدافند غیرعامل

با مطالعه‌ی اسناد موجود در حوزه‌ی معماری با رویکرد پدافند غیرعامل، از جمله اسنادی که در ابتدای مقاله بدان‌ها اشاره گردید، نویسندگان مقاله شاخص‌های زیر را به‌منزله‌ی اثرگذارترین شاخص‌های حوزه‌ی معماری ساختمان‌های اداری استنتاج نمودند. پس از آن، برای هر شاخص، زیرشاخص‌های بیان‌کننده‌ی وضعیت دقیق شاخص تعریف گردید.

- وضعیت ساختمان نسبت به سطح زمین
- فرم خارجی
- نمای خارجی
- طراحی داخلی
- ورودی و خروجی
- فضای امن
- مدیریت بحران
- جزئیات اجرایی

آنچه هدف مقاله‌ی حاضر است، شناخت اثرگذارترین شاخص‌ها و تعیین مؤثرترین زیرشاخص‌ها است که تشخیص آن نیازمند بهره‌گیری از نظرات و تجربیات افراد خبره در این زمینه بود. لذا جامعه‌ی آماری مورد نظر فراهم گردید.

در ادامه‌ی مقاله‌ی حاضر، پس از بیان روش‌شناسی تحقیق و پیاده‌سازی آن به تحلیل نتایج پرداخته شده و در نهایت، نتیجه‌گیری یافته‌ها انجام خواهد شد.

روش تحقیق

این تحقیق از نوع کاربردی است و روش انجام آن تحلیلی است. روش گردآوری داده‌ها مطالعات کتابخانه‌ای و پرسش‌نامه بوده است. در این تحقیق از تکنیک دلفی که برای رسیدن به اجماع بین جامعه‌ی خبرگان در یک موضوع است استفاده شده است. در این راستا در دو جلسه‌ی رفت و برگشتی، پرسش‌نامه‌ای تدوین گردید و در اختیار جامعه‌ی خبرگان قرار گرفت. سپس برای تحلیل داده‌ها و نتایج از تکنیک‌های تصمیم‌گیری AHP استفاده شده است. همچنین برای تحلیل نتایج در روش AHP، از نرم‌افزار Expert Choice نسخه‌ی ۱۱ استفاده گردید.

روش گردآوری داده‌ها مطالعات کتابخانه‌ای و پرسش‌نامه بوده است که پس از آماده‌سازی پرسش‌نامه، یک آزمون اولیه از آن به عمل آمد به نحوی که ابتدا پرسش‌نامه در میان پنج نفر از پرسش‌شوندگان توزیع شد و پس از آنکه پایایی[۳] آن توسط نرم‌افزار اس پی اس اس[۴] مورد تأیید قرار گرفت، پرسش‌نامه میان افراد نمونه توزیع گردید که در نهایت عدد آلفای کرونباخ آزمون پایایی برابر ۰/۷۸۶ به دست آمد که از آنجا که این عدد بیش از ۰/۷ است، نتایج پرس‌شنامه مورد تأیید قرار می‌گیرد. همچنین با تبدیل نتایج پرس‌شنامه از حالت کیفی طیف لیکرت، به مقایسه‌ی زوجی (AHP)، عدد حداکثر ناسازگاری[۵] پرس‌شنامه‌ها توسط نرم‌افزار Expert choice نسخه‌ی ۱۱ برابر ۰/۱۱ حاصل گردید که با توجه به کمتر از ۰/۵ بودن این عدد، مورد تأیید است.

روش AHP

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، روش تصمیم‌گیری چند معیاره‌ای است که توسط پروفسور ساعتی در دهه‌ی ۱۹۷۰ میلادی معرفی گردید [۱۰]. این روش به دلیل ویژگی‌های ریاضی مطلوبی که دارد و این موضوع که اطلاعات ورودی به این روش به‌راحتی به‌دست می‌آید، مورد توجه بسیاری از محققان است [۱۱]. هر چند نزدیک به چهار دهه از اولین استفاده از این روش می‌گذرد اما همچنان یکی از روش‌های پرطرفدار پژوهش‌های علمی است. در ادامه می‌توان تعدادی از آخرین مقالاتی را که با استفاده از این روش به انجام رسیده‌اند، مشاهده نمود:

۱. شرکار و همکاران از این روش در تعیین راندمان کاری در پروژه‌های ساخت و ساز استفاده کرده‌اند [۱۲].
۲. کوکانگول و همکاران از روش AHP برای ارائه‌ی تخمینی جدید از ارزیابی ریسک استفاده نموده‌اند [۱۳].
۳. لاماس و همکاران از این روش در تحقیقی پیرامون حوزه‌ی آبی باسک - کانتابریان به‌منزله‌ی منطقه‌ای مناسب برای اجرای سامانه‌ی ذخیره‌ساز انرژی استفاده کرده‌اند [۱۴].
۴. محمدحسین قبادی و همکاران در پژوهشی تحت عنوان مکان‌یابی محل دفن پسماندهای جامد شهری با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و ارائه‌ی ضریب آسیب‌پذیری کارست در منطقه‌ی روانسر در غرب ایران از این روش استفاده نموده‌اند [۱۵].
۵. راکاتوریولو و همکاران کتابی در زمینه‌ی آنالیز تحلیل چند معیاره برای سرمایه‌گذاری‌های مالی با استفاده از روش AHP به رشته‌ی تحریر درآورده‌اند [۱۶].

درخت سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری

هرگاه از AHP به‌منزله‌ی ابزار تصمیم‌گیری استفاده می‌شود، گروه در آغاز باید یک درخت سلسله‌مراتب مناسب که بیان‌کننده‌ی مسئله‌ی تحت مطالعه است فراهم کند. سلسله‌مراتب تصمیم درختی است که با توجه به مسئله‌ی تحت بررسی دارای سطوح متعدد است. اختصاصاً سطح اول هر درخت بیان‌کننده‌ی هدف تصمیم‌گیری است. سطح آخر هر درخت نیز بیان‌کننده‌ی گزینه‌هایی است که با همدیگر مقایسه می‌شوند و برای انتخاب در رقابت با یکدیگر هستند. دیگر سطوح (میانی) نشان‌دهنده‌ی فاکتورهایی است که ملاک مقایسه‌ی گزینه‌ها هستند [۱۷]. به عبارت دیگر این روش از ساختاری چند سطحی و سلسله‌مراتبی از اهداف، معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها استفاده می‌کند و اطلاعات از مقایسه‌های زوجی به دست می‌آیند [۱۱].

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: مقیاس نه تایی شدت اهمیت و توضیحات مربوطه

میزان اهمیت	تعریف
۱	اهمیت برابر
۳	اهمیت نسبتاً بیشتر
۵	اهمیت با شدت بیشتر
۷	اهمیت با شدت خیلی بیشتر
۹	اهمیت فوق‌العاده بیشتر
۲،۴،۶،۸	مقادیر متوسط

تشکیل مقایسات زوجی

هنگامی‌که سلسله‌مراتب تشکیل گردید، گام بعدی آن است که اولویت‌های هر یک از اجزای سطوح تعیین گردند. مجموعه‌ای از ماتریس‌های مقایسه‌ای کلیه‌ی اجزا در یک سطح، به‌ترتیب از بالاترین اولویت‌ها ساخته می‌شود. مقایسات بر این اساس شکل می‌گیرد که برای نمونه، المان «الف» چه مقدار اهمیت بیشتری نسبت به المان «ب» دارد.

تقدم اهمیت بر اساس جدول ۹ مقیاسی در جدول ۱ نشان داده شده است.

فرایند به دست آوردن وزن (ضریب اهمیت) گزینه‌ها نسبت به هر یک از زیرمعیارها شبیه تعیین ضریب اهمیت معیارها نسبت به هدف است. در هر دو حالت، قضاوت‌ها بر مبنای مقایسه‌ی دودویی معیارها یا گزینه‌ها و بر اساس مقیاس ۹ کمیتی ساعتی صورت پذیرفته و نتیجه در ماتریس مقایسه‌ی دودویی معیارها یا گزینه‌ها ثبت شده و از طریق نرمالیزه کردن میانگین هندسی ردیف‌های این ماتریس‌ها، ضرایب اهمیت مورد نظر به‌دست می‌آید. در مقاله‌ی حاضر از نرم‌افزار Expert Choice نسخه‌ی ۱۱برای تحلیل ماتریس‌ها استفاده می‌گردد.

جامعه‌ی آماری

برای پژوهش حاضر با توجه به اهمیت موضوع، از نخبگان حوزه‌ی معماری و پدافند غیرعامل که در جدول ۲ به‌صورت اجمالی تعداد افراد هر حوزه و مدرک تحصیلی آن‌ها ذکر شده است استفاده شده است.

تخصص:

جدول ۲: جامعه‌ی آماری خبرگان

تخصص	سطح تحصیلات	تعداد افراد
پدافند غیرعامل	دکتری	–
	کارشناسی ارشد	۱
	دانشجوی کارشناسی ارشد	۱۱
معماری	دکتری	۲
	کارشناسی ارشد	۶
	کارشناسی	۱
برنامه‌ریزی شهری	دکتری	۱
	کارشناسی ارشد	۱
عمران	دکتری	–
	کارشناسی ارشد	–
	کارشناسی	۱
متخصصین علوم دفاعی	کارشناسی ارشد	۴

تمامی افراد با مشخصات زیر دارای سابقه‌ی فعالیت و پژوهش از ۲ تا سی سال در حوزه‌ی پدافند غیرعامل هستند.

مجموع: ۲۸ نفر

بررسی وضعیت شاخص‌ها نسبت به یکدیگر

به‌منظور شناخت جایگاه شاخص‌ها نسبت به یکدیگر، مطابق با روش AHP، شاخص‌ها مورد مقایسه‌ی زوجی قرار گرفتند که نتیجه‌ی این مقایسه‌ی زوجی به شرح جدول زیر حاصل گردید:

I1: وضعیت ساختمان نسبت به سطح زمین

I2: فرم خارجی

I3: نمای خارجی

I4: طراحی داخلی

I5: ورودی و خروجی

I6: فضای امن

I7: مدیریت بحران

I8: جزئیات اجرایی

بررسی نتایج به دست آمده، بیانگر آن است که شاخص نمای خارجی ساختمان، بالاترین امتیاز را داراست و بیشترین اهمیت را دارد. پس از آن نیز طراحی داخلی حائز بیشترین اهمیت است.

جدول ۳: ماتریس داوری مقایسه‌ی زوجی کلیه‌ی شاخص‌ها، ناسازگاری:۰/۰۳

	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	وزن نهایی
I1		۱/۳	۱/۸	۱/۷	۱/۴	۱/۶	۱/۵	۱/۲	۰/۰۲۳
I2			۱/۶	۱/۵	۱/۲	۱/۴	۱/۳	۲	۰/۰۴۷
I3				۲	۵	۳	۴	۷	۰/۳۳۱
I4					۴	۲	۳	۶	۰/۲۳
I5						۱/۳	۱/۲	۳	۰/۰۷
I6							۲	۵	۰/۱۵۷
I7								۵	۰/۱۰۹
I8									۰/۰۳۲

www.SID.ir

Archive of SID

در ادامـه بـه بـررسی وضعیـت زیـرشاخـص‌های هـر یـک از شاخص‌ها پـرداختـه و زیـرشاخـص‌های اولـویـت‌دار شناسایی می‌شوند.

شاخص وضعیت ساختمان نسبت به سطح زمین

ایـن شاخص بیانگر وضعیت قرارگیری ساختمان نسبت به سطح زمین است. به‌طور کلی سه وضعیت زیـر بـرای قرارگیری ساختمان وجود دارد:

X1: بالاتر از سطح زمین

X2: پایین‌تر از سطح زمین

X3: تراز صفر

سؤال اصلی اینجاست که کدام یک از سه وضعیت بالا عملکرد بهتری برای ساختمان در برابر موج انفجار پدید می‌آورند. هرچند از نظر علمی واضح است که هر چه سطح تماس بدنه‌ی ساختمان با موج انفجار کمتر باشد، عملکرد بهتری حاصل می‌گردد، اما این موضوع برای تدقیق نسبت اختلاف میان سه وضعیت بیان شده، مورد پرسش قرار گرفت که نتایج به شرح جدول ۴ است.

شاخص فرم خارجی

فرم عبارت است از صورت یا شکل خارجی شیء که به‌وسیله‌ی اشکال و نحوه‌ی ارتباط سطوحی که حدود حجم را تعریف می‌کند معین می‌شود [۱۸]. فرم خارجی ساختمان از جمله شاخص‌های مهـم در زمینـه‌ی آسیب‌پذیـری ساختـمان اسـت. زیـرا ارتبـاط مستقیمی میان فرم خارج و اثرپذیری از موج انفجار وجود دارد. در واقـع، عـلاوه بر سازه‌ی ساختمان، ایـن فـرم خارجی است که عملکرد کلی را در برابر موج انفجار شکل می‌دهد. در مقاله‌ی حاضر، زیرشاخص‌های فرم خارجی از هفت مورد زیر تشکیل گردیده‌اند:

A1: شکل هندسی

A2: نسبت طول به عرض

A3: نسبت ارتفاع به عرض

A4: جلو و عقب‌رفتگی در ارتفاع

A5: پیلوت[۶] داشتن

A6: ایوان و فرورفتگی

A7: تقارن در شکل هندسی

هر یک از موارد بالا، سهمی در عملکرد فرم خارجی دارد. لیکن برای روشن‌تر شدن درجه اهمیت و جایگاه هر یک از زیرشاخص‌ها، مورد ارزیابی قرار گرفتند که نتیجه مطابق جدول ۵ حاصل گردید.

نتایج جـدول بیانگر آن است کـه شکل هندسی ساختمان (مربع، مستطیل، دایره و غیره) که در ترکیب با عنصر ارتفاع، حجم کلی ساختمان را تشکیل می‌دهد، به تنهایی بیش از یک‌سوم درجـه‌ی اهمیت زیرشاخص‌های فـرم خـارجی ساختمان را دارا است. موضوعی که توجه خاص در تحقیقات عمیق‌تر را به خود می‌طلبد. اما آنچه واضح است آنکه مطابق قواعد فیزیکی، هرچه فرم ساختمان آیرودینامیک‌تر باشد، عملکرد در برابر موج بهتر است و بالعکس.

شاخص نمای خارجی

نمای خارجی ساختمان، شاخصی است که می‌تواند نقش بسیار بسزایی در افزایش یا کاهش تلفات ساکنان درون ساختمان یا افراد پیرامون ساختمان داشته باشد. از این‌رو توجه به جزئیات طراحی و اجرای نمای خارجی بسیار حائز اهمیت است. مواردی که از منظر پدافند غیرعامل باید مـورد توجه ویـژه قـرار گیرند زیرشاخص‌های زیر هستند:

B1: میزان سطح بازشو

B2: جنس شیشه

B3: نحوه‌ی اتصال

B4: جنس مصالح نما

جدول ۴: ماتریس داوری مقایسه‌ی زوجی شاخص وضعیت نسبت به سطح زمین، ناسازگاری:۰/۱۱

	X1	X2	X3	وزن نهایی
X1		۱/۹	۱/۵	۰/۰۵۸
X2			۵	۰/۷۳۵
X3				۰/۲۰۷

جدول ۵: ماتریس داوری مقایسه‌ی زوجی شاخص فرم خارجی، ناسازگاری: ۰/۰۲

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	وزن نهایی
A1		۴	۲	۳	۵	۶	۷	۰/۳۵۴
A2			۱/۳	۱/۲	۲	۳	۴	۰/۱۰۴
A3				۲	۴	۵	۶	۰/۲۴
A4					۳	۴	۵	۰/۱۵۹
A5						۲	۳	۰/۰۶۸
A6							۲	۰/۰۴۵
A7								۰/۰۳۱

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶: ماتریس داوری مقایسه‌ی زوجی شاخص نمای خارجی، ناسازگاری: ۰/۰۲

	B1	B2	B3	B4	B5	وزن نهایی
B1		۲	۳	۴	۵	۰/۴۱۹
B2			۲	۳	۴	۰/۲۶۳
B3				۲	۳	۰/۱۶
B4					۲	۰/۰۹۷
B5						۰/۰۶۲

جدول ۷: ماتریس داوری مقایسه‌ی زوجی شاخص طراحی داخلی، ناسازگاری: ۰/۰۲

	C1	C2	C3	C4	C5	وزن نهایی
C1		۱/۳	۱/۴	۲	۱/۲	۰/۰۹۷
C2			۱/۲	۴	۲	۰/۲۶۳
C3				۵	۳	۰/۴۱۹
C4					۱/۲	۰/۰۶۲
C5						۰/۱۶

B5: نوع و جنس پنجره

بازشوهای خارجی بخش‌هایی از ساختمان هستند که سازه را به فضای خارج مرتبط می‌سازند [۲۰]. از آنجا که یکی از راه‌های ورود موج انفجار به درون ساختمان، بازشوهایی نظیر پنجره‌ها هستند، لذا به نظر می‌رسد هرچه مجموع مساحت پنجره‌ها کمتر باشد، آسیب‌های وارده نیز کمتر خواهد بود. با این وجود به‌منظور تدقیق درجه اهمیت هریک از زیرشاخص‌های بیان‌شده، مقایسه‌ی زوجی به صورت زیر انجام پذیرفت:

همان‌گونه که قابل پیش‌بینی بود، میزان مساحت بازشوها با اختلاف قابل توجهی بیشترین اهمیت را نسبت به سایر شاخص‌ها دارد. پس از آن، جنس شیشه است که بیشترین اهمیت را دارا است. از آنجا که شیشه‌های خردشده‌ی متحرک، به خودی خود خطری بیشتر یا به اندازه‌ی موج انفجار دارند، لذا دیدن تمهیداتی برای جلوگیری از پخشایش شیشه در اثر موج انفجار برای ساختمان‌های اداری‌ای که در معرض این تهدید هستند باید دیده شود.

شاخص طراحی داخلی

طراحی داخلی، به‌خصوص در ساختمان‌های اداری تأثیر چندانی بر حوزه‌ی آسیب‌پذیری ساختمان در برابر موج انفجار ندارد، لیکن در زمینه‌ی تسهیل مدیریت بحران و کاهش آسیب‌پذیری نیروی انسانی، حائز اهمیت است. با توجه به دو مورد بیان شده، می‌توان زیرشاخص‌های زیر را تدوین نمود که هم در حوزه‌ی تسهیل مدیریت بحران و هم حفظ جان افراد در زمان حملات هوایی-موشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند:

C1: پلان فضای داخلی

C2: قرارگیری فضای اصلی در میانه‌ی ساختمان

C3: قرارگیری بخش‌های حیاتی در زیر زمین

C4: وجود پاسیو

C5: دسترسی به راهرو و پلکان

هرچه بین مبدأ انفجار و محل مورد حفاظت، دو عامل فاصله و مانع افزایش یابند، اثر انفجار بر محل مورد حفاظت کمتر خواهد بود. لذا قرارگیری بخش‌های حساس ساختمان‌های اداری نظیر اتاق مدیران ارشد در میانه‌ی پلان، آسیب‌پذیری آن‌ها را کاهش می‌دهد. همچنین قرارگیری فضاهایی از ساختمان که در زمان‌های بحرانی باید به فعالیت خود ادامه دهند، در زیر ساختمان، یکی از بهترین راه‌حل‌های ممکن خواهد بود. برای مقایسه و سنجش این دو زیرشاخص با سایر زیرشاخص‌های مؤثر در طراحی داخلی ساختمان‌های اداری، جدول مقایسه‌ای ۷ تشکیل گردید.

نتیجه‌ی جدول ۷ نشان می‌دهد که قرارگیری بخش‌های حساس ساختمان در زیرزمین تقریباً به اندازه‌ی دو برابر بیشتر از قرارگیری در میان پلان طبقات اهمیت دارد و این مسئله، اهمیت جانمایی حساس‌ترین بخش‌های ساختمان‌های اداری را در زیر زمین مشخص می‌نماید.

شاخص ورودی و خروجی

ورودی و خروجی ساختمان، از جمله شاخص‌هایی است که سه هدف اصلی پدافند غیرعامل، یعنی کاهش آسیب‌پذیری، تداوم کارکرد و تسهیل مدیریت بحران را پوشش می‌دهد. لذا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. محل قرارگیری ورودی(ها) در تراز ارتفاعی و همچنین در پلان از منظر ورود موج انفجار به درون ساختمان حائز اهمیت هستند. به‌علاوه، وجود سرپناهی برای ورودی ساختمان که در صورت فروریزش آوار ساختمان، ورودی دچار انسداد نگردد، زیرشاخص مهم دیگری است که در ذیل تحت عنوان «نوع ورودی» از آن یاد شده است. دسترسی خارجی به ورودی نیز در دو حالت مستقیم و غیرمستقیم تعریف می‌شود که در حالت غیرمستقیم مانعی سخت از جنس مبلمان‌های شهری نظیر گلدان‌های با بدنه‌ی بتنی با فاصله‌ای قابل محاسبه، در مقابل ورودی ساختمان قرار می‌گیرد تا از ورود مستقیم موج انفجار

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸: ماتریس داوری مقایسه‌ی زوجی شاخص ورودی و خروجی، ناسازگاری: ۰/۰۲

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	وزن نهایی
D1		۱/۳	۳	۱/۲	۲	۲	۱/۴	۰/۰۹۸
D2			۵	۲	۴	۴	۱/۲	۰/۲۳۷
D3				۱/۴	۱/۲	۱/۲	۱/۶	۰/۰۳۹
D4					۳	۳	۱/۳	۰/۱۵۴
D5						۱	۱/۵	۰/۰۶
D6							۱/۵	۰/۰۶
D7								۰/۳۵۲

جلوگیری نماید. کلیه‌ی زیرشاخص‌های ورودی و خروجی عبارتند از:

D1: محل قرارگیری ورودی نسبت به پلان
D2: نوع ورودی
D3: جنس در
D4: ابعاد ورودی
D5: پیش‌آمدگی یا عقب رفتگی ورودی
D6: بالاتر یا پایین‌تر بودن ورودی نسبت به سطح
D7: دسترسی خارجی به ورودی

به‌منظور رتبه‌بندی زیرشاخص‌های فوق، ماتریس داوری ۸ تشکیل گردید.

نتایج مقایسه بیانگر اهمیت بالای زیرشاخص دسترسی خارجی به ورودی و نوع ورودی است.

در حالت ورودی مستقیم، موج انفجار به راحتی وارد ساختمان شده و باعث افزایش آسیب‌ها می‌گردد، در صورتی‌که در حالت ورودی غیرمستقیم، موج انفجار در اثر وجود خم در این ورودی کاهش یافته و در نتیجه آسیب‌پذیری به‌شدت کاهش می‌یابد [۲۱]. به عبارت دیگر، وجود مانعی با فاصله در برابر ورودی که جلوی ورود مستقیم موج انفجار به ساختمان اداری را بگیرد و همچنین وجود سازه‌ای که جلوی فروریزش آوار ساختمان در برابر ورودی را بگیرد بیشترین اهمیت را دارا است.

شاخص فضای امن

فضای امن به فضایی اطلاق می‌گردد که در مقابل اثرات بارهای ناشی از انفجار کمتر در معرض خطر قرار گرفته و نسبت به سایر فضاهای ساختمان از ایمنی و مقاومت بیشتری برخوردارد باشد. فضای امن حتی‌المقدور باید به‌صورت دو یا چندمنظوره مورد بهره‌برداری قرار گیرد [۲۰]. وجود فضای امن در هر ساختمانی، آسیب‌پذیری افراد را در برابر تهدید موج انفجار در زمان حملات هوایی- موشکی تا حد زیادی کاهش می‌دهد. فضای امن بسته به محل قرارگیری به دو شکل کلی زیرزمینی و درون طبقه‌ای تقسیم می‌شود. با توجه به اینکه موضوع مقاله‌ی حاضر به ساختمان‌های اداری اختصاص دارد، از پرداختن به فضاهای امن پناهگاهی که خارج از مجموعه ساختمان قرار دارد اجتناب می‌گردد. در مورد فضاهای امن درون ساختمانی علاوه بر محل قرارگیری در ارتفاع، موقعیت قرارگیری در پلان نیز حائز اهمیت است. سایر زیرشاخص‌های مؤثر در مقوله‌ی معماری فضاهای امن به‌همراه زیرشاخص‌های بیان‌شده عبارتند از:

E1: فضای امن زیرزمینی
E2: فضای امن درون طبقه
E3: موقعیت قرارگیری در پلان
E4: ابعاد فضای امن
E5: کاربری زمان صلح
E6: روانشناسی
E7: امکانات داخلی

آنچه به نظر بیش از سایر زیرشاخص‌ها حائز اهمیت است، وجود فضایی امن در زیر زمین است. زیرا اثر انفجار به کمترین حد ممکن به فضا وارد شده و بیشترین پایداری حاصل می‌گردد. لیکن برای مقایسه و رتبه‌بندی سایر زیرشاخص‌ها، ماتریس مقایسه‌ی زوجی ۹ تشکیل گردید.

آنچه از نتایج جدول بالا استنباط می‌شود آن است که پس از زیرزمینی بودن فضای امن که مطابق با پیش‌بینی، بالاترین درجه‌ی اهمیت را داشت، موقعیت قرارگیری در پلان و امکانات داخلی فضای امن با وزن مساوی در یک درجه از اهمیت قرار می‌گیرند. موقعیت قرارگیری، هرچه به مرکز پلان نزدیک‌تر باشد، به دلیل تأمین فاصله‌ی بیشتر از مبدأ انفجار، پایداری بیشتری حاصل می‌گردد. در مورد امکانات داخلی نیز هرچند به طور مستقیم، ارتباطی با امنیت در برابر تهدیدات پدیدار نیست، لیکن برای سلامت افراد و تأمین نیازهای اولیه‌ی افراد در زمان قرارگیری در فضای امن، تأمین بهینه‌ی امکانات بسیار مهم و کلیدی است.

شاخص مدیریت بحران

مدیریت بحران به مجموعه اقداماتی اطلاق می‌شود که قبل از وقوع، حین وقوع و بعد از وقوع سانحه، برای کاهش هرچه بیشتر آثار و عوارض آن انجام می‌گیرد [۱۹]. منظور از شاخص مدیریت بحران، مجموعه امکاناتی است که فرایند مدیریت بحران را در ساختمان اداری تسهیل می‌نماید. علاوه بر تسهیل مدیریت بحران، کاهش آسیب‌پذیری مجموعه نیز، خروجی پیاده‌سازی زیرشاخص‌های این مدیریت بحران است. این زیرشاخص‌ها عبارتند از:

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۹: ماتریس داوری مقایسه‌ی زوجی شاخص فضای امن، ناسازگاری: ۰/۰۱

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	وزن نهایی
E1		۵	۲	۴	۳	۵	۲	۰/۳۱۶
E2			۱/۴	۱/۲	۱/۳	۱	۱/۴	۰/۰۴۷
E3				۳	۲	۴	۱	۰/۱۹۷
E4					۱/۲	۲	۱/۳	۰/۰۷۵
E5						۳	۱/۲	۰/۱۲۱
E6							۱/۴	۰/۰۴۷
E7								۰/۱۹۷

جدول ۱۰: ماتریس داوری مقایسه‌ی زوجی شاخص مدیریت بحران، ناسازگاری: ۰/۰۲

	F1	F2	F3	F4	F5	وزن نهایی
F1		۳	۲	۵	۴	۰/۴۱۹
F2			۱/۲	۳	۲	۰/۱۶
F3				۴	۳	۰/۲۶۳
F4					۱/۲	۰/۰۶۲
F5						۰/۰۹۷

F1: سامانه‌ی اعلام خبر
F2: ذخیره آب و سوخت
F3: تجهیزات امداد و نجات
F4: اتاق مدیریت بحران
F5: فضای امداد

به‌منظور سنجش درجه‌ی اهمیت هر یک از زیرشاخص‌های بالا، جدول مقایسه‌ای ۱۰ تشکیل گردید:

نتیجه‌ی جدول مقایسه‌ای ۱۰ بیانگر آن است که وجود سامانه‌ی اعلام خبر، بالاترین تأثیر را در فرایند مدیریت بحران دارا است. به‌عبارت بهتر، در صورتی‌که ساختمان اداری، دارای سامانه‌ای سراسری باشد که قبل از بروز حمله، ساکنان ساختمان را مطلع و راهنمایی‌های مناسب را ارائه نماید، مؤثرترین اقدام در حوزه‌ی تسهیل مدیریت بحران و کاهش آسیب‌پذیری انجام شده است.

شاخص جزئیات اجرایی

جزئیات اجرایی ساختمان‌های اداری، شاخصی است که در کاهش آسیب‌پذیری نیروی انسانی در زمان بروز انفجار یا حریق بسیار مؤثر است. اگر جزئیات و مصالح داخلی ساختمان، عملکرد نامناسبی از خود نشان دهند، پدیده‌ی دومینوی خطر یا هم‌افزایی تهدید پدید می‌آید و افراد، علاوه بر دیدن آسیب‌های اولیه ممکن است دچار محبوس‌شدگی در ساختمان شوند. زیرشاخص‌های این شاخص عبارتند از:

G1: نوع سقف
G2: جنس مصالح دیوار
G3: جنس مصالح کف
G4: جنس مصالح سقف
G5: تجهیزات نصبی

منظور از نوع سقف، ساختار سازه‌ای آن یعنی تیرچه بلوک، کامپوزیت، دال بتنی و غیره بودن آن است و جنس مصالح سقف به نحوه‌ی فروریزش قطعات الحاقی (نظیر سقف کاذب) می‌پردازد. در زمینه‌ی جنس مصالح دیوار، بحث عملکرد دیوار (یکپارچه، انعطاف‌پذیر و غیره) در برابر موج انفجار مطرح است و در زمینه‌ی جنس مصالح کف، سهولت حرکت سریع و ایمن در زمان‌های بحرانی حائز اهمیت است. منظور از تجهیزات نصبی، الحاقاتی نظیر تابلو، لوستر، تجهیزات صوتی و تصویری و غیره است. جدول ۱۱ برای مقایسه‌ی میان این موارد تشکیل گردید.

نتیجه‌ی جدول ۱۱ حاکی از آن است که جنس مصالح دیوار، به مقدار قابل توجهی دارای اهمیت بیشتری نسبت به سایر شاخص‌هاست. در واقع، عملکرد دیوار در برابر آثار ناشی از انفجار (عملکرد یکپارچه و انعطاف‌پذیر، ترد و شکننده، مستحکم و مقاوم) نقش بسزایی در تعیین میزان آسیب‌پذیری ساختمان اداری دارد که هر یک در جای خود و به فراخور نیاز باید مورد بررسی تخصصی قرار گیرند. شاخص دوم، تجهیزات نصبی یا الحاقی است که عملکرد آن‌ها در برابر موج انفجار بر آسیب‌پذیری نیروی انسانی نقش حائز اهمیتی دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۱: ماتریس داوری مقایسه‌ی زوجی شاخص جزئیات اجرایی، ناسازگاری: ۰/۰۲

	G1	G2	G3	G4	G5	وزن نهایی
G1		۱/۴	۲	۱/۲	۱/۳	۰/۰۹۷
G2			۵	۳	۲	۰/۴۱۹
G3				۱/۳	۱/۴	۰/۰۶۲
G4					۱/۲	۰/۱۶
G5						۰/۲۶۳

جدول ۱۲: جمع‌بندی نتایج

اولویت شاخص	نام شاخص	اولویت‌دارترین زیرشاخص
۱	نمای خارجی	مساحت بازشوها
۲	طراحی داخلی	قرارگیری بخش‌های حیاتی در زیرِ زمین
۳	فضای امن	زیرزمینی بودن فضای امن
۴	مدیریت بحران	سامانه اعلام خبر
۵	ورودی و خروجی ساختمان	دسترسی خارجی به ورودی ساختمان
۶	فرم خارجی	شکل هندسی ساختمان در ترکیب با ارتفاع
۷	جزئیات اجرایی	جنس مصالح دیوار
۸	وضعیت ساختمان نسبت به سطح زمین	قرارگیری ساختمان در تراز پایین‌تر از صفر

جمع‌بندی نتایج

از آنجا که رعایت کلیه‌ی الزامات و ملاحظات پدافند غیرعامل در طراحی و اجرای ساختمان‌های اداری امری پرهزینه و غیرمنطقی به نظر می‌رسد، لذا شناخت اقدامات اولویت‌دار، با توجه به محدودیت‌های منابع ضروری است. در جدول ۱۲ که بر اساس یافته‌های این پژوهش حاصل گردیده است، شاخص‌ها و زیرشاخص‌های دارای بیشترین اولویت شناسایی گردیده و معرفی شده‌اند:

در واقع آنچه از جدول ۱۲ می‌توان استنباط نمود این است که نمای خارجی ساختمان، بیشترین اثر را در آسیب‌پذیری ساختمان، علی‌الخصوص تلفات انسانی در برابر پیامدهای انفجار پدید می‌آورد و در میان زیرشاخص‌های آن، این مساحت بازشو است که می‌تواند بیشترین نقش را در کاهش آسیب‌پذیری ساختمان ایفا نماید. دومین شاخص اثرگذار نیز طراحی داخلی است و قرارگیری بخش‌های حیاتی ساختمان که تداوم کارکرد آن بدان‌ها وابسته است بالاترین اهمیت را در این شاخص دارد. اما ذکر این نکته ضروری است که این جدول، نوعی راهنما برای مهندسان پدافند غیرعامل حوزه‌ی معماری ساختمان است و بسته به عواملی چون شرایط اقتصادی، محل ساخت، درجه اهمیت کاربری اداری و نیازهای منطقی کارفرما این اولویت‌بندی با قضاوت مهندسی قابل تغییر می‌تواند باشد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله تلاش گردید مؤثرترین شاخص‌های معماری در طراحی ساختمان‌های اداری از منظر پدافند غیرعامل شناسایی شده و با روش مقایسه زوجی یا تحلیل سلسله مراتبی (AHP) اولویت‌بندی شوند. همچنین زیرشاخص‌های هر یک از شاخص‌ها با نظر اساتید حوزه‌ی معماری و پدافند غیرعامل تدوین گردید و با همین روش مورد مقایسه و اولویت‌بندی قرار گرفتند. هدف از این اقدامات این بود که با توجه به محدودیت‌های اقتصادی در طراحی و ساخت ساختمان‌های اداری، بتوان راهنمایی برای مهندسان طراح به وجود آورد که اصلی‌ترین و اساسی‌ترین راهکارها را برای اهداف پدافند غیرعامل ساختمان پیاده کنند. بر این اساس نمای خارجی ساختمان اداری، اصلی‌ترین مسئله‌ای است که مهندسان باید در برابر تهدید انفجار مجاورتی که تهدید اصلی این مقاله است برای آن راه‌حلی بیندیشند و پس از آن طراحی داخلی است که بیشترین اثرگذاری را در کاهش آسیب‌پذیری ساختمان دارد.

پی‌نوشت

۱. این مقاله، مستخرج از پایان‌نامه‌ای با عنوان الزامات و ملاحظات طراحی معماری ساختمان‌های اداری از منظر پدافند غیرعامل است که در دانشگاه صنعتی مالک اشتر به انجام رسیده است.

2. Stand-off Distance

3. Reliability

4. SPSS (statistical package for social science)

5. Inconsistency

۶. تمام یا قسمتی از طبقه همکف که به‌صورت فضای سرپوشیده و باز در زیر تمام یا قسمتی از کف طبقه‌ی اول قرار می‌گیرد [۱۹].

منابع

۱. اصغریان جدی، ا؛ شهاب، ع. (۱۳۹۴). بومی‌سازی استانداردهای پناهگاه

www.SID.ir

Archive of SID

جمعی و خانوادگی در ایران، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

2. Bitarafan , M. Hosseini, B. hashemi-fesharaki, J. (2013). The Role of Façade Materials in Blast-Resistant Buildings, Frontiers of Architectural Research.

3. Hosseini, B. Hashemi Fesharaki, J. Norouzian Maleki, S. (2012). The Role of Basic Forms Buildings in Explosion Protection. International Journal of Science and Advanced Technology

۴. معینی کربکندی، م. (۱۳۹۲). شاخص‌های فرم‌های معماری ساختمان‌های مقاوم در برابر موج انفجار، پایان‌نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی آقای دکتر سید باقر حسینی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران.

5. Pouri Rahim, A. Bitarafan, M. Lale Arefi, S. (2013). Evaluation of Types of Shapes of Building Roof against Explosion. *IACSIT International Journal of Engineering and Technology,* Vol. 5, No. 1

6. Bitarafan , M. Hosseini, B. Abazarlou, S. Mahmoudzadeh, A. (2012). Selecting the optimal Composition of Architectural Forms from the Perspective of civil Defense Using AHP and IHWP methods, Architectural Engineering and Design Management And Technology (ISSN 2221-8386) Volume 2 No 8

7. . Amol.B, Salunkhe (2016). Terrorist Resistant Building Design. *International Journal of Engineering Science and Computing.*

8. Koccaz1, Z. Fatih, S. Torunbalci, N. (2008). ARCHITECTURAL AND STRUCTURAL DESIGN FOR BLAST RESISTANT BUILDINGS, The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.

9. Parisi, F. Balestrieri, F. Claudio,D. (2016). Blast resistance of tuff stone masonry walls. *Elsevier Engineering Structures,* Volume 113, Pages 233-244

۱۰. زبردست، ا. (۱۳۸۰). کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، *نشریه‌ی هنرهای زیبا*، شماره‌ی ۱۰، تهران.

11. . Kousalya, P. (2012.) Analytical Hierarchy Process approach – An applications.l. *Mathematica Aeterna,* Vol. 2. 10, 861 - 878.

12. Sherekar,V. Tatikonda, M. (2016). Impact of Factor Affecting on Labour Productivity in Construction Projects by AHP Method. *International Journal of Engineering Science and Computing,* Volume 6 Issue No. 6

13. Kokangül, A. Polat , U. Dağsuyu, C. (2017). A new approximation for risk assessment using the AHP and Fine Kinney methodologies. *Elsevier Safety Science*, Volume 91, p 24-32

14. Llamas, B., Cruz Castañeda, M., Laín, C. (2017). Environ Earth Sci 76: 204.

15. Ghobadi, M.H., Taheri, M. & Taheri, K. (2017). Municipal solid waste landfill siting by using analytical hierarchy process (AHP) and a proposed karst vulnerability index in Ravansar County, west of Iran, Environ Earth Sci, Issue 2

16. Rakotoarivelo, Baptiste, J. (2017). Multi-Criteria Decision Analysis for Financial Investments Using AHP. s.l. : Springer International Publishing.

۱۷. آذر، ع. (۱۳۷۴). AHP تکنیکی نوین برای تصمیم‌گیری گروهی. نشریه‌ی دانش مدیریت، تهران.

۱۸. فرزام‌شاد، م. (۱۳۸۶). *مبانی نظری معماری در دفاع غیرعامل*. مؤسسه انتشاراتی جهان جام جم. تهران.

۱۹. هاشمی فشارکی، ج؛ محمودزاده، ا. (۱۳۹۱). *فرهنگ توصیفی دفاع غیرعامل*. انتشارات علم‌آفرین، اصفهان.

۲۰. دفتر مقررات ملی ساختمان (۱۳۹۱). مبحث بیست‌ویکم (پدافند غیرعامل)، تهران

۲۱. بیطرفان، م؛ فرزام‌شاد، م. (۱۳۹۲). *معماری همساز با دفاع غیرعامل با واکاوی در سبک‌های معماری جهان*. انتشارات بوستان حمید، تهران.

www.SID.ir