

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۰۷/۱۲

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۱/۱۲/۰۶

سید بهشید حسینی^۱، مهدی بیطرفان^۲، سیدباقر حسینی^۳، سیدجواد هاشمی فشارکی^۴

ارزیابی بازشوی همساز با معماری پدافند غیرعامل با بهره‌گیری از روش تحلیل سلسله‌مراتبی^۵

چکیده

با توجه به این موضوع که مقاومت یک ساختمان در برابر موج انفجار بستگی به شکل و فرم ساختمان، تعداد درجه‌ها و بازشوها و قدرت و جنس مصالح به‌کار رفته در ساختمان دارد، بنابراین مطالعه و ارزیابی نوع بازشوهای ساختمان در برابر پیامدهای ناشی از انفجار اهمیت می‌یابد. بازشو ضعیف‌ترین قسمت ساختمان در برابر امواج و ترکش‌های ناشی از انفجار است و با توجه به قرارگیری آن در جداره خارجی ساختمان می‌تواند نقش به‌سزایی در کاهش یا افزایش تأثیرات انفجار بر روی ساختمان داشته باشد. بنابراین هدف اصلی این پژوهش تعیین شاخص‌هایی جهت ارزیابی بازشوهای ساختمان در برابر اثرات انفجار است. در این زمینه ابتدا انواع بازشوها با استفاده از منابع کتابخانه‌ای شناسایی گردید و سپس با مصاحبه با افراد خبره در این زمینه کلیه شاخص مطرح برای بازشوها استخراج گردید و در ادامه به‌منظور کسب نظرسنجی از خبرگان، پرسش‌نامه‌ای جهت وزن‌دهی به شاخص‌های مؤثر در معرض دید ۲۸ فرد خبره قرار گرفت. سپس از طریق به‌کارگیری روش تصمیم‌گیری گروهی بر اساس الگوی مقایسات زوجی، درجه ضرورت وجودی هر یک از شاخص‌ها تعیین گردید. در نهایت به این نتیجه رسیده شد که از میان شاخص‌های مؤثر بر ارزیابی بازشوها، نسبت سطح بازشو به سطح دیوار مهمترین عامل بوده و سپس روش نورگیری در رتبه بعدی قرار گرفته است.

کلیدواژه‌ها: بازشو، پدافند غیرعامل، انفجار، AHP.

^۱ استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر تهران، استان تهران، شهر تهران (نویسنده مسئول)

E-mail: behshid_hosseini@art.ac.ir

^۲ دانشجوی دکتری پژوهشگاه مهندسی بحران‌های طبیعی و پدافند غیرعامل، استان اصفهان، شهر اصفهان

E-mail: mb_civil90@yahoo.com

^۳ دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، استان تهران، شهر تهران

E-mail: hosseini@iut.ac.ir

^۴ مدرس دانشگاه صنعتی مالک اشتر، استان تهران، شهر تهران

E-mail: Javad.Fesharaki@yahoo.com

^۵ این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهدی بیطرفان با موضوع «بررسی سبک‌های معماری و تدوین شاخص‌های معماری سازگار با اصول دفاع غیرعامل»، با راهنمایی دکتر سید باقر حسینی و مشاوره سید بهشید حسینی و سید جواد فشارکی در دانشگاه مالک اشتر است.

مقدمه

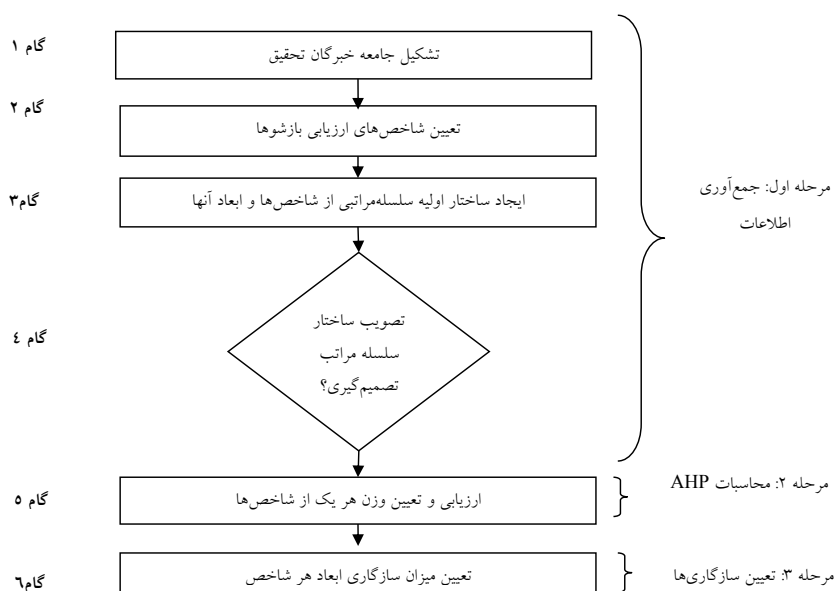
از یکسو نگاهی به تاریخ پنج هزارساله تمدن بشری که فقط ۲۹۲ سال آن بدون جنگ بوده است (موحدی‌نیا، ۱۳۸۶) و تجربه دو دهه اخیر نشان می‌دهد که روش دشمن بر پایه تهاجم شدید هوایی در یک ماه اول است و در صورتی که روحیه دفاعی ملت پس از دو هفته ادامه یابد، بمباران افراد غیرنظامی آغاز می‌شود. در این میان، ساختمان‌های موجود در شهرها به طرق مختلف مورد آسیب ناشی از حملات قرار می‌گیرند که اکثراً با عنوان خطای نظامی و یا بهانه‌های دیگر بر این کار سرپوش گذاشته می‌شود. اصابت و امواج انفجار ناشی از این بمباران‌ها باعث آسیب دیدن ساختمان‌ها و افزایش تلفات انسانی می‌گردد. از سوی دیگر با توجه به آرای نظریه‌پردازان معاصر معماری می‌توان گفت که طراحی همه مقیاس‌های فضایی در محیط مصنوع در قلمرو دانش و مهارت معماری قلمداد می‌شود (اصغریان جدی، ۱۳۸۶). با توجه به این موضوع که مقاومت یک ساختمان در برابر موج انفجار بستگی به شکل و فرم ساختمان و بام، تعداد دریچه‌ها و بازشوها و قدرت و جنس مصالح به‌کار رفته در ساختمان دارد (Pourirahim et al., 2012)، در نتیجه مطالعه و ارزیابی نوع بازشوهای ساختمان در برابر پیامدهای ناشی از انفجار اهمیت می‌یابد. بازشو ضعیف‌ترین قسمت ساختمان در برابر امواج و ترکش‌های ناشی از انفجار است و با توجه به قرارگیری آن در جداره خارجی ساختمان می‌تواند نقش به‌سزایی در کاهش یا افزایش تأثیرات انفجار بر روی ساختمان داشته باشد. رفتار بازشو در برابر انفجارهای داخلی و انفجار خارج از ساختمان متفاوت است به‌گونه‌ای که در حالت اول بازشو باید به‌گونه‌ای باشد که به‌راحتی امواج انفجار را تخلیه نماید و در حالت دوم باید از ورود امواج انفجار به داخل ساختمان جلوگیری نماید (پوری رحیم و همکاران، ۱۳۹۱). در این پژوهش تمرکز تنها بر روی انفجارهای خارج از ساختمان بوده و اصابت مستقیم مد نظر است.

تحقیقات بسیاری در زمینه معماری ساختمان‌های مقاوم در برابر تهدیدات طبیعی و انسان‌ساخت انجام گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به تحقیقات علی خیرالدین و همکاران (۱۳۸۶) اشاره نمود که بر روی تأثیر فرم معماری بر نحوه آسیب‌پذیری سازه‌ای در برابر زلزله تمرکز داشته است. حسینی در سال ۱۳۸۹ تحقیقاتی با عنوان معیارهای پدافند غیرعامل در طراحی معماری ساختمان‌های جمعی شهری انجام داده است که در این پژوهش طبقه‌بندی مناسبی در خصوص انواع ساختمان‌ها صورت پذیرفته و در هر کاربری، ابتدا اهمیت زیرمجموعه‌ها بر اساس درجه تهدید مبنا و امکان تهاجم به آن و لزوم تداوم فعالیت در زمان جنگ تعیین گردیده است و سپس ملاحظات جهت طراحی معماری (فرم معماری، روابط فضایی، ورودی و خروجی، مصالح و بازشو) هر یک از آنها مطرح شده است (حسینی، ۱۳۸۹). در سال ۱۳۸۹ فشارکی و همکاران به بررسی انواع سازماندهی فضایی پرداختند و اهمیت سازماندهی فضا در معماری پدافند غیرعامل را بیان نمودند (فشارکی و همکاران، ۱۳۹۰). در سال ۲۰۱۰ نوربرت گبکن و تورسن توگه (Gebbeken, 2010) تحقیقاتی بر روی هندسه ساختمان و همچنین تأثیر محیط پیرامونی ساختمان در جلوگیری از رسیدن امواج انفجار به ساختمان را انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که در شکل‌های هندسی فشارهای حداکثر و تکانه‌های ماکزیمم اساساً به فاصله از محل انفجار و زاویه برخورد امواج انفجاری و مقاومت در مقابل جریان امواج اشکال سازه‌ای بستگی دارند. شکل عناصر سازه‌ای یا ساختمانی قطعاً می‌تواند بارهای انفجاری را کاهش دهد. از تحقیقات دیگر می‌توان از تحقیقات براکت (Barakat, 1998) یاد کرد. وی به بررسی اثر انفجار بر روی انواع فرم‌های ساختمان نظیر فرم مکعبی، استوانه‌ای، نیم‌کروی

و منشوری پرداخته و به این نتیجه رسید که علاوه بر اجزای سازه‌ای ساختمان، فرم‌های معماری نیز می‌تواند تأثیر به‌سزایی در کاهش اثر انفجار بر روی ساختمان‌ها داشته باشد. در FEMA-426 ضوابط محدودی در طراحی ساختمان‌ها در برابر حملات تروریستی بیان شده است و تنها دو عامل برای طراحی بازشوهای ذکر گردیده است (FEMA, 2003). خانم کوکاز در سال ۲۰۰۴ تحقیقاتی را بر روی چگونگی طراحی ساختمان‌های مقاوم در برابر انفجار انجام داد و در کنار عوامل سازه‌ای تأثیرگذار بر روی ساختمان، شاخص‌هایی از معماری را نیز در طراحی این ساختمان‌ها در نظر گرفت. از جمله این عوامل می‌توان به میزان استقلال فضاهای معماری اشاره نمود (Koc-caz, 2004). در سال ۲۰۱۱ عراقی‌زاده تحقیقاتی بر روی ساختمان‌های اداری مقاوم در برابر انفجار انجام داد و ۱۱ شاخص جهت ارزیابی این ساختمان‌ها ارائه نمود و به این نتیجه رسید که محل قرارگیری ساختمان نسبت به سطح زمین یکی از مهمترین عامل‌ها در کاهش اثر انفجار بر روی ساختمان‌ها است (عراقی‌زاده، ۱۳۹۰). کرافورد و همکاران تحقیقاتی را با هدف ارائه روش‌هایی جهت مقاوم‌سازی ستون‌ها، دیوارهای آجری و بلوک سیمانی ساختمان در برابر انفجار انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که جهت مقاوم‌سازی ستون‌ها می‌توان از FRP و یا ژاکت‌های فولادی استفاده نمود (Crowford, 2005). همچنین برای مقاوم‌سازی دیوارهای آجری یا بلوک سیمانی می‌توان از صفحه فولادی در پشت دیوار یا از نوعی پلیمر استفاده کرد. از تحقیقات دیگر می‌توان مطالعات مجتهدپور (مجتهدپور، ۱۳۸۸) را نام برد. او بر روی تأثیرات شکل سازه بر توزیع تنش ناشی از بارگذاری انفجاری تحقیق کرده است که بیشتر از جنبه سازه‌ای به موضوع پرداخته است. در تمام تحقیق‌های اشاره شده تنها بررسی میزان کاهش اثر انفجار بر روی فرم، سازه یا مصالح مد نظر بوده است. هدف اصلی این پژوهش تعیین شاخص‌هایی جهت ارزیابی بازشوهای ساختمان در برابر اثرات انفجار است. بنابراین جنبه نوع‌آوری این تحقیق ناشی از مطالعه بر روی بازشوها و استخراج و وزن‌دهی به شاخص‌های مؤثر است. در ادامه مقاله روش‌شناسی تحقیق توضیح داده می‌شود و سپس شاخص‌های مؤثر بر بازشوهای سازگار با معماری پدافند غیرعامل بیان شده و میزان تأثیر هر یک آورده شده است.

روش‌شناسی اجرای مدل ارزیابی و تحلیل نتایج

در این پژوهش برای ارزیابی انواع بازشوها از منظر دفاع غیرعامل ابتدا انواع آنها با استفاده از منابع کتابخانه‌ای شناسایی گردید و سپس با مصاحبه با افراد خبره در زمینه معماری، عمران و پدافند غیرعامل کلیه شاخص مطرح برای بازشوها استخراج شد. در ادامه به‌منظور کسب نظرسنجی از خبرگان، پرسش‌نامه‌ای جهت وزن‌دهی به شاخص‌های مؤثر در معرض دید ۲۸ فرد خبره قرار گرفت. پس از آماده‌سازی پرسش‌نامه، یک آزمون اولیه از آن به‌عمل آمد، به‌نحوی که ابتدا پرسش‌نامه در میان پنج نفر از پرسش‌شوندگان توزیع شد و پس از آنکه پایایی آن توسط نرم‌افزار SPSS مورد تأیید قرار گرفت، پرسش‌نامه میان افراد نمونه توزیع گردید که در نهایت عدد آلفای کرونباخ آزمون پایایی برابر $0/786$ به‌دست آمد که از آنجا که این عدد بیش از $0/7$ است نتایج پرسش‌نامه مورد تأیید قرار می‌گیرد (Carver, 2009). سپس از طریق به‌کارگیری روش تصمیم‌گیری گروهی بر اساس الگوی مقایسات زوجی، درجه ضرورت وجودی هر یک از شاخص‌ها در قالب یک مقیاس نه‌تایی لیکرت (معادل یک تا نه) به دست آمده است. در ادامه مشخصات جامعه خبرگان و روش تحلیل سلسله‌مراتبی توضیح داده می‌شود.



شکل ۱. تصویر شماتیکی از اجرای مدل ارزیابی
منبع: نگارندگان

– مشخصات جامعه خبرگان

- جامعه خبرگان به گونه ای انتخاب شد که افراد آن دارای شروط زیر باشند:
- دارای حداقل مدرک کارشناسی ارشد معماری و عمران با سابقه فعالیت در حوزه دفاع غیرعامل
 - دانشجوی ترم چهارم یا فارغ التحصیلان رشته مهندسی دفاع غیرعامل- گرایش طراحی.
 - افراد با تجربه بالا و سابقه تحقیقات در زمینه مربوط
- بر اساس شرایط ذکر شده تعداد حدود ۵۰ نفر جامعه خبرگان تحقیق حاضر را تشکیل می دهند که از این تعداد ۲۳ نفر از طریق روش نمونه برداری هدفمند به عنوان نمونه انتخاب شدند و از این میان ۲۸ نفر به سؤالات پاسخ دادند.

جدول ۱. مشخصات جامعه نمونه

تعداد	سطح تحصیلات	رشته	تعداد	سطح تحصیلات	رشته
۱	کارشناسی ارشد		۹	کارشناسی ارشد	
		مهندسی عمران			مهندسی معماری
۲	دکتری		۴	دکتری	
		کارشناسی ارشد	۱۱	کارشناسی ارشد	
		سایر افراد متخصص			مهندسی پدافند غیرعامل
۴	دکتری		۰	دکتری	

منبع: نگارندگان

- روش تحلیل سلسله‌مراتبی AHP

در پرسش‌نامه طراحی شده برای این تحقیق از تحلیل سلسله‌مراتبی زوجی استفاده شده است که دلیل این امر دقت بالاتر این روش نسبت به روش‌های دیگر است؛ همچنین از میان تکنیک‌های موجود در روش سلسله‌مراتبی جهت تعیین وزن نهایی هر یک شاخص‌های ارزیابی بازشو از تکنیک AHP بهره برده شده است. روش سلسله‌مراتبی AHP اولین بار توسط آقای ساعتی ارائه گردید (Saaty, 1980) و این روش شامل سه کارکرد اصلی ساختاردهی به پیچیدگی، سنجش بر مبنای مقیاس نسبی و ترکیب است. کاربرد اصلی این روش در محاسبه اهمیت نسبی مجموعه‌ای از گزینه‌ها در یک تصمیم‌گیری چندمعیاره است. با بهره‌گیری از این تکنیک می‌توان معیارها و شاخص‌های کیفی را به صورت معیارهایی کمی ارائه نمود (Badri, 2001). تکنیک AHP از سه بخش اصلی ساختار مدل، داوری تطبیقی از گزینه‌ها و معیارها و در نهایت ترکیب اولویت‌ها تشکیل شده است (Dağdeviren, 2008).

اولین مرحله در فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، تجزیه مسئله به ساختار سلسله‌مراتبی شامل هدف، معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها است. این عوامل تصمیم‌گیری یک سلسله‌مراتب ساختار ایجاد می‌کنند که شامل هدف در بالاترین نقطه، معیارها در وسط و گزینه‌ها در پایین‌ترین نقطه این سلسله‌مراتب هستند. پس از آن در مرحله دوم با استفاده از ساختار ایجاد شده، مقایسات زوجی بین عناصر توسط تصمیم‌گیرندگان انجام می‌شود. ساعتی برای امتیازدهی یعنی قضاوتی بین دو عنصر، مقیاس ۱ تا ۹ را بر اساس جدول ۲ پیشنهاد می‌کند.

جدول ۲. مقیاس نه‌تایی شدت اهمیت و توضیحات مربوطه

میزان اهمیت	جهت مقایسه شاخص‌ها	جهت تعیین نوع سازگاری ابعاد
۱	اهمیت برابر	خیلی ناسازگار
۳	اهمیت نسبتاً بیشتر	ناسازگار
۵	اهمیت با شدت بیشتر	بی‌تأثیر
۷	اهمیت با شدت خیلی بیشتر	سازگار
۹	اهمیت فوق‌العاده بیشتر	سازگار
۲، ۴، ۶، ۸	مقادیر متوسط	مقادیر متوسط

در این مرحله تصمیم‌گیرندگان در هر بار قضاوت دو عنصر را نسبت به عنصر سطح بلافاصله بالاترشان مقایسه کرده و امتیازی را بر اساس جدول ۱ برای میزان برتری گزینه اول بر دوم ارائه می‌کنند.

در سومین بخش فرآیند تشکیل ماتریس‌های توافقی بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده در مرحله قبل به عنوان مقدمه محاسبه اوزان در این مرحله انجام می‌شود.

شاخص‌ها مرتبط با محور بازشوی ساختمان

بازشوها از مهم‌ترین مباحث در پدافند غیرعامل در رابطه با ساختمان هستند و نحوه طراحی آنها تأثیر بسیار اساسی در میزان آسیب‌پذیری ساختمان دارد. همانگونه که اشاره شد جهت تعیین شاخص‌های مرتبط با بازشوی ساختمان‌ها از روش دلفی یا نظرسنجی از خبرگان استفاده شده است و در این خصوص توجه به شاخص‌های زیر بسیار حایز اهمیت است:

- محل قرارگیری بازشو نسبت به سطح دیوار (X1)
- روش‌های نورگیری (X2)
- نحوه قرارگیری بازشو در سطح دیوار (X3)
- نسبت سطح بازشو به سطح دیوار (X4)
- نحوه توزیع بازشو در سطح دیوار (X5)
- محل قرارگیری بازشو نسبت به ارتفاع دیوار (X6)
- جنس قاب پنجره ساختمان (X7)

جدول ۳. ماتریس مقایسه زوجی نهایی شاخص‌های محور بازشو معماری سازگار با اصول و اهداف دفاع غیرعامل

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
X ₁	1	0.79	0.85	0.2	0.92	1.01	4.74
X ₂		1	1.89	0.55	1.5	2.16	6
X ₃			1	0.29	0.69	1.17	5.8
X ₄				1	2.95	4.32	7.91
X ₅					1	1.43	6.57
X ₆						1	5.91
X ₇							1

منبع: نگارندگان

پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی با استفاده از روش AHP وزن هر یک از شاخص‌های مؤثر استخراج گردید که وزن نهایی آنها در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴. جدول وزن و تأثیرگذاری هر یک از شاخص‌های محور بازشوی ساختمان سازگار با اصول و اهداف دفاع غیرعامل

میزان وزن و تأثیرگذاری هر شاخص (مجموع وزن محورها برابر ۱۰۰ است.)	شاخص‌های محور فرم معماری سازگار با اصول و اهداف دفاع غیرعامل
۱۰/۴٪	محل قرارگیری بازشو نسبت به سطح دیوار
۱۷/۶٪	روش‌های نورگیری
۱۰/۹٪	نحوه قرارگیری بازشو در سطح دیوار
۳۵/۸٪	نسبت سطح بازشو به سطح دیوار
۱۳/۱٪	نحوه توزیع بازشو در سطح دیوار
۹/۷٪	محل قرارگیری بازشو نسبت به ارتفاع دیوار
۲/۵٪	جنس قاب پنجره ساختمان

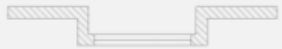

منبع: نگارندگان

در قسمت بعدی به بررسی هر یک از موارد مذکور، زیرشاخص‌های آنها و میزان اهمیت هر یک پرداخته شده است.

- محل قرارگیری بازشو نسبت به سطح دیوار

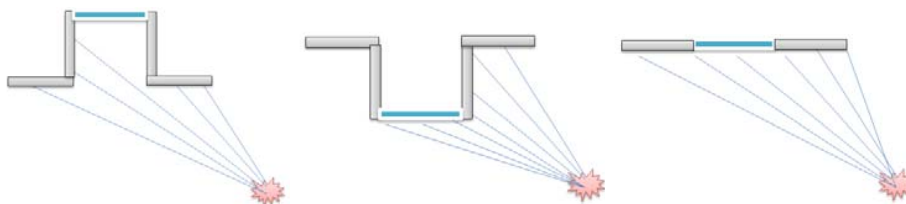
در این راستا سه حالت بازشو هم‌سطح دیوار، بازشو در عمق دیوار و بازشو بیرون زده از دیوار مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۵. نتایج حاصل از پرسش‌نامه مرتبط با محل قرارگیری بازشو نسبت به سطح دیوار

بازشو بیرون زده از دیوار	بازشو در عمق دیوار	بازشو هم‌سطح دیوار
داخل ساختمان	داخل ساختمان	داخل ساختمان
		
بیرون ساختمان	بیرون ساختمان	بیرون ساختمان
۴,۶۷	۶,۵۵	۴,۵۶
ناسازگار	سازگار	ناسازگار

منبع: نگارندگان

در حالتی که انفجار دقیقاً روبروی بازشو قرار گیرد تقریباً رفتار سه زیرشاخص یکسان بوده و تنها تفاوت بین زیرشاخص‌ها در فاصله از مرکز انفجار است ولی در حالتی که انفجار روبرو بازشو نباشد همانگونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، قرارگیری بازشوها در عمق سبب کاهش ورودی امواج ناشی از انفجار به داخل ساختمان می‌شود و در نتیجه نسبت به بازشو هم‌سطح و بازشو بیرون زده رفتار مناسب‌تری را از منظر دفاع غیرعامل دارد.



شکل ۲. تصاویری از تأثیر انفجار بر نحوه قرارگیری بازشو نسبت به سطح دیوار

منبع: نگارندگان



نتایج حاصل از نظرسنجی مشخص نمود که مورد دوم با اهداف پدافند غیرعامل سازگار و مورد اول و سوم ناسازگار است.

- روش‌های نورگیری

شاخص‌های مرتبط با روش‌های نورگیری در ساختمان از دو محور مورد بررسی قرار گرفت که عبارتند از:

- نورگیری از طریق بازشو در سطح دیوار
- نورگیری از طریق بازشو در بام

جدول ۶. نتایج حاصل از پرسش‌نامه مرتبط با تطبیق روش‌های نورگیری

نورگیری از طریق بازشو در بام	نورگیری از طریق بازشو در سطح دیوار
	
۶,۴۸	۴,۰۳
سازگار	ناسازگار

منبع: نگارندگان

همانگونه که در شکل ۳ قابل مشاهده است در صورتی که انفجار در سطح زمین فرض شود، در حالتی که نورگیری از طریق بام صورت گیرد امکان ورود امواج ناشی از انفجار وجود ندارد، در صورتی که در حالت نورگیری از طریق دیوارها امواج به راحتی وارد ساختمان شده و آسیب‌پذیری آن افزایش می‌یابد. بنابراین گزینه اول از منظر دفاع غیرعامل سازگار بوده، حال آنکه گزینه دوم ناسازگار است. از آنجا که نورگیری از طریق سقف منحصراً در فضاهای خاصی امکان‌پذیر بوده و از طرف دیگر در این روش امکان استفاده از دید و منظر مقدور نیست، نمی‌توان از آن به‌عنوان یک الگوی عمومی استفاده کرد. لذا در ادامه به بررسی الگوهای مرتبط با بازشو در سطح دیوار می‌پردازیم.



شکل ۳. تصاویری از تأثیر انفجار بر انواع روش‌های نورگیری

منبع: نگارندگان

نظرسنجی مشخص نمود که مورد اول با اهداف پدافندی ناسازگار و مورد دوم سازگار است.

– نحوه قرارگیری بازشو در سطح دیوار

در این خصوص نحوه قرارگیری بازشو در سطح دیوار در دو تیپ بازشو به‌صورت افقی و بازشو به‌صورت عمودی مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج در جدول ۷ مشاهده می‌گردد.

جدول ۷. نتایج حاصل از پرسش‌نامه مرتبط با تطبیق نحوه قرارگیری بازشو در سطح دیوار

قرارگیری بازشو به‌صورت عمودی	قرارگیری بازشو به‌صورت افقی
	
۶,۸۱	۳,۶۲
سازگار	ناسازگار

منبع: نگارندگان

نتایج حاصل از بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که از منظر جذب انرژی حاصل از انفجار بین دو گزینه ذکر شده تفاوت چندانی وجود ندارد، اما از نظر درگیر نمودن سطح بیشتری از فضای داخلی در برابر ترکش و امواج انفجار حالت بازشو عمودی سازگارتر از بازشو در حالت افقی است.

- نسبت سطح بازشو به سطح دیوار

شاخص‌های نسبت سطح بازشو به سطح دیوار از چهار محور مورد بررسی قرار گرفت که عبارتند از:

- نسبت سطح پنجره به سطح دیوار کمتر از ۲۵ درصد
- نسبت سطح پنجره به سطح دیوار بین ۲۵ درصد تا ۵۰ درصد
- نسبت سطح پنجره به سطح دیوار بین ۵۰ درصد تا ۷۵ درصد
- نسبت سطح پنجره به سطح دیوار بین ۷۵ درصد تا ۱۰۰ درصد

بدیهی است که هرچه میزان نسبت سطح پنجره به سطح دیوار بیشتر شود، میزان ورودی امواج و ترکش حاصله از انفجار افزایش یافته و در نتیجه آسیب‌پذیری نیز بیشتر می‌شود. اما از منظر معماری میزان سطح بازشو کمتر از ۲۵ درصد از نظر میزان نورگیری فضا مناسب نیست. نتایج نظرسنجی نشان داد که هرچه میزان نسبت سطح پنجره به سطح دیوار بیشتر شود، میزان آسیب‌پذیری نیز بیشتر می‌شود.

جدول ۸. نتایج حاصل از پرسش‌نامه مرتبط با نسبت سطح بازشو به سطح دیوار

نسبت سطح پنجره به سطح دیوار کمتر از ۲۵ درصد	نسبت سطح پنجره به سطح دیوار بین ۲۵ تا ۵۰ درصد	نسبت سطح پنجره به سطح دیوار بین ۵۰ تا ۷۵ درصد	نسبت سطح پنجره به سطح دیوار بین ۷۵ تا ۱۰۰ درصد
۷,۵۱	۵,۰۳	۳	۱,۲۲
خیلی سازگار	سازگار	ناسازگار	خیلی ناسازگار

منبع: نگارندگان

- نحوه توزیع بازشو در سطح دیوار

شاخص‌های مرتبط با روش‌های نورگیری در ساختمان از دو محور مورد بررسی قرار گرفت که عبارتند از:

- روش‌های نورگیری به صورت متراکم و گسترده
- روش‌های نورگیری به صورت پراکنده و کوچک

جدول ۹. نتایج حاصل از پرسش‌نامه مرتبط با نحوه توزیع بازشو در سطح دیوار

به صورت متراکم و گسترده	به صورت پراکنده و کوچک
	
۲,۷۰	۷,۸۸
خیلی ناسازگار	خیلی سازگار

منبع: نگارندگان

نتایج حاصله نشان می‌دهد که هرچه سطح بازشوها کوچک‌تر باشد، استحکام جداره خارجی و همچنین قاب‌های پنجره و مقاومت شیشه افزایش می‌یابد. در نتیجه بازشوهای پراکنده و کوچک رفتار مناسب‌تری در برابر امواج و ترکش ناشی از انفجار دارند. نظرسنجی مشخص نمود که مورد اول با اهداف پدافندی بسیار ناسازگار و مورد دوم بسیار سازگار است.

– محل قرارگیری بازشو نسبت به ارتفاع دیوار

در این زمینه نیز بررسی از سه محور انجام شد که عبارتند از:

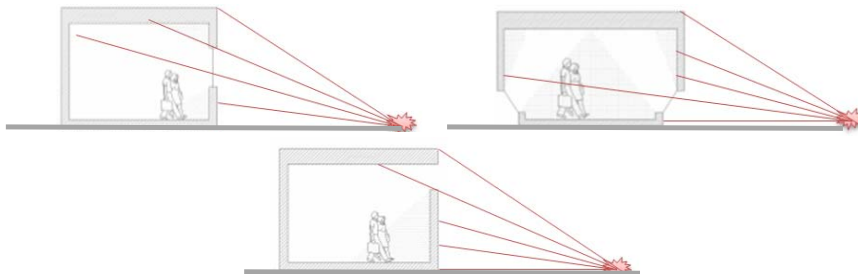
- قرارگیری بازشو در یکسوم بالایی ارتفاع دیوار
- قرارگیری بازشو در یکسوم میانی ارتفاع دیوار
- قرارگیری بازشو در یکسوم پایینی ارتفاع دیوار

جدول ۱۰. نتایج حاصل از پرسش‌نامه مرتبط با محل قرارگیری بازشو نسبت به ارتفاع دیوار

قرارگیری بازشو در یکسوم پایینی ارتفاع دیوار	قرارگیری بازشو در یکسوم میانی ارتفاع دیوار	قرارگیری بازشو در یکسوم بالایی ارتفاع دیوار
		
۳,۵۹	۳,۷۴	۶,۹۶
ناسازگار	ناسازگار	سازگار

منبع: نگارندگان

بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که در بین محل‌های قرارگیری بازشو در ارتفاع دیوار از منظر دفاع غیرعامل حالت بازشوهای زیرسقفی سازگارترین روش است. همانگونه که در شکل ۴ مشاهده می‌گردد الگوی پنجره‌های در سطح زمین امواج و ترکش ناشی از انفجار را مستقیماً به گونه‌ای به داخل فضا هدایت می‌کنند که آسیب بیشتری به ساکنان فضا وارد می‌نماید. الگوی قرارگیری بازشو در میانه ارتفاع دیوار، از الگوی بازشو زیر سقف آسیب‌پذیری بیشتری داشته و لیکن نسبت به الگوی بازشو در سطح زمین رفتار مناسب‌تری در برابر انفجار دارد. لازم به ذکر است که این الگو از نظر معماری و دید و منظر بهترین الگو است. پیشنهاد می‌گردد در فضاهایی مانند سالن‌های مطالعه که نیاز به دید و منظر خارجی نیست از این روش استفاده گردد.



شکل ۴. تصاویری از تأثیر انفجار بر محل قرارگیری بازشو نسبت به ارتفاع دیوار

منبع: نگارندگان

نتایج حاصل از نظرسنجی مشخص نمود که مورد اول با اهداف پدافندی سازگار و مورد دوم و سوم ناسازگار هستند.

- جنس قاب پنجره ساختمان

در این بررسی چهار نوع متداول پنجره‌ها از منظر جنس مورد ارزیابی و نظرسنجی قرار گرفت که عبارتند از:

- پنجره‌های UPVC
- پنجره‌های چوبی
- پنجره‌های فولادی
- پنجره آلومینیومی

نتایج نمایانگر این بود که موارد اول و دوم با اهداف پدافندی ناسازگار و موارد سوم و چهارم سازگارند.

جدول ۱۱. نتایج حاصل از پرسش‌نامه مرتبط با جنس قاب پنجره ساختمان

پنجره‌های UPVC	پنجره‌های فولادی	پنجره‌های چوبی	پنجره آلومینیومی
۴,۶۲	۳,۹۶	۶	۶,۸۵
ناسازگار	ناسازگار	سازگار	سازگار

منبع: نگارندگان

نتیجه‌گیری

همانگونه که اشاره گردید طراحی شکل و حالت بازشوهای ساختمان یکی از وظایف معماران است که امروزه با توجه به گسترش تهدیدات از اهمیت بسیاری برخوردار است؛ زیرا تأثیر به‌سزایی در کاهش ورود امواج انفجار به داخل ساختمان داشته و به‌صورت قابل ملاحظه‌ای می‌تواند تلفات انسانی را کاهش دهد. با توجه به تحقیقات گذشته می‌توان به این نتیجه رسید که در طراحی معماری با رویکرد پدافند غیرعامل بیشتر تمرکز بر روی فرم‌های پایه و تأثیر انفجار بر آنها بوده و نقش بازشوها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. جهت ارزیابی و بررسی بازشوها در ساختمان‌های مقاوم در برابر انفجار از روش دلفی استفاده شده و برای تحلیل نتایج از روش AHP بهره برده شده است. روش AHP به‌عنوان روشی کارآمد، کم‌هزینه و با دقت بالا در تعیین و انتخاب بهترین گزینه مناسب در تصمیم‌گیری‌ها محسوب می‌شود. این روش به‌عنوان یک ابزار مدیریتی با حداقل زمان و هزینه می‌تواند الگوی مناسبی را برای مدیریت جهت کاربرد بهترین گزینه از بین گزینه‌های موجود ارائه دهد. با پیاده‌سازی این روش به این نتیجه رسیدیم که از میان شاخص‌های مؤثر بر ارزیابی بازشوها نسبت سطح بازشو به سطح دیوار مهمترین عامل بوده و سپس روش نورگیری در رتبه بعدی قرار گرفته است. بر اساس نتایج، این دو عامل بیش از ۵۰ درصد تأثیر را در طراحی بازشوی همساز با معماری دفاع غیرعامل دارا هستند. شاخص‌های نحوه توزیع بازشو در سطح دیوار، نحوه قرارگیری بازشو در سطح دیوار، محل قرارگیری بازشو نسبت به سطح دیوار، محل قرارگیری بازشو نسبت به ارتفاع دیوار، جنس قاب پنجره ساختمان نیز به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. در نهایت می‌توان نتایج به دست آمده از این پژوهش را به‌صورت ملاحظات زیر بیان نمود:

- استفاده از نماهای شیشه‌ای و پنجره‌های بزرگ در مجاورت محوطه‌ها بدون رعایت تمهیدات لازم به دلیل پرتاب قطعات شیشه به اطراف عامل مؤثری در افزایش تلفات و خسارات در محوطه‌ها هستند.
- استفاده از نورگیرهای سقفی به جای پنجره‌های دیواری می‌تواند تا حد زیادی از ورود امواج انفجار سطحی به داخل ساختمان بکاهد.
- از پنجره‌های متعدد کوچک به جای پنجره‌های بزرگ استفاده شود.
- هرچه دست‌انداز پنجره‌ها بلندتر و پنجره‌ها به سقف نزدیک‌تر باشد، مناسب‌تر است.
- استفاده از پنجره‌های عمودی نسبت به پنجره‌های افقی ارجحیت دارد.
- تورفتگی پنجره‌ها می‌تواند کمک مؤثری به کاهش آسیب‌ها نماید.
- پنجره‌های باریک تورفته با قسمت تحتانی شیب‌دار از لحاظ ایمنی دارای عملکرد بسیار بهتری نسبت به بقیه پنجره‌ها هستند.
- چارچوب در باید به صورت محکم و مقاوم به سازه ساختمان متصل گردد.
- ذکر این نکته نیز اهمیت دارد که شکل و نوع بازشو انتخاب شده نباید با عملکرد ساختمان در تضاد باشد.

منابع

- اصغریان جدی، احمد (۱۳۸۶) *الزامات معمارانه در دفاع غیرعامل پایدار*، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
- پوری رحیم، علی اکبر. بیطرفان، مهدی. لعل عارفی، شاهین. (۱۳۹۱) «بررسی نمای ساختمان و راه‌های مقاوم سازی آن در برابر امواج انفجار»، مجموعه مقالات نهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- حسینی، سید بهشید (۱۳۸۹) *معیارهای پدافند غیرعامل در طراحی معماری ساختمان‌های جمعی شهری*، نشر عابد، تهران.
- خیرالدین، علی؛ نادرپور، حسین و حسینی واعظ، سیدروح‌الله (۱۳۸۶) «بررسی تأثیر فرم معماری بر نحوه آسب‌پذیری سازه‌ها»، اولین همایش ملی سازه و معماری، تهران.
- عراقی زاده، مجتبی (۱۳۹۰) *الزامات و ملاحظات طراحی معماری ساختمان‌های اداری از منظر پدافند غیرعامل*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر.
- مجتهدپور، میثم (۱۳۸۸) *تأثیرات شکل سازه بر توزیع تنش ناشی از بارگذاری انفجاری*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خلیج فارس، مؤسسه آموزشی تحقیقاتی صنایع دفاعی.
- موحدی‌نیا، جعفر (۱۳۸۶) *اصول و مبانی پدافند غیرعامل*، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران.
- هاشمی فشارکی، سیدجواد؛ عراقی‌زاده، مجتبی و بیطرفان، مهدی (۱۳۹۰) «سازماندهی فضا از منظر دفاع غیرعامل»، مجموعه مقالات اولین همایش معماری و شهرسازی از منظر پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر.
- Luccioni, B.M.; Ambrosini, R. D. & Danesi, R.F. (2005) "Failure of a reinforced concrete building under blast loads", WIT Transactions on Engineering Sciences, 49.
- Badri, M. A. (2001) "A combined AHP-GP model for quality control systems", International Journal of Production Economics, 72, 27–40.
- Carver, R. H. & Nash, J. G. (2009) *Doing Data Analysis with SPSS Version 18*, Cole Cengage Learning, United States.
- Crawford, J. & Lan, S. (2005) "Design and Implementation of Protective Technologies for Improving Blast Resistance of Buildings", Enhancing building security seminar, Singapore.
- Dağdeviren M. (2008) "Decision making in equipment selection: an integrated approach with AHP and PROMETHEE", Journal of Intelligent Manufacturing, 19, 397–406.
- FEMA 426 (2003) *Reference Manual to Mitigate Terrorist Attacks Against Buildings*, Federal Emergency Management Agency.
- Koccaz, Z. (2004) *Blast Resistant Building Design*, MSc Thesis, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey.
- Barakat, M. & Hetherington, J.G. (1998) "New architectural forms to reduce the effects of blast waves and fragments on structures", Structures Under Shock and Impact, 8, 53–62.
- Gebbeken, N. & Döge, T. (2010) "Explosion Protection—Architectural Design, Urban Planning and Landscape Planning", International Journal of Protective Structures, 1 (1).
- Pourirahim, A.A., Bitarafan, M. & LaleArefi, Sh. (2012) "Evaluation of Types of Shapes of Building Roof Against Explosion", International Conference on Civil Engineering and Architecture, Hong Kong.
- Saaty, L. T. (1980) *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw Hill Company, New York.
- Tummala V.M.R. & Wan Y.W. (1994) "Analytic hierarchy process (AHP) in practice: a survey of applications and recent developments", Journal of Mathematical Modelling and Scientific Computing, 6(2).

