اولین همایش ملی
شهرهای فردا، خلاقیت، نوآوری و توسعه پایدار
آذر ۱۴۰۲ – رشت

اصول معماری ساخت ساختمان مسکونی تاب‌آور در برابر سیل

گلاره عبدل زاده[۱*]، جعفر طاهری[۲]، عبدالمجید نورتقانی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معماری، دانشگاه فردوسی مشهد، gelareh.abdolzadeh@mail.um.ac.ir

۲- استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه فردوسی مشهد، j.taheri@um.ac.ir

۳- استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه فردوسی مشهد، a.nourtaghani@gu.ac.ir

چکیده

مخاطرات طبیعی به واسطه تغییرات آب‌وهوایی، به طور فزاینده‌ای رو به افزایش هستند. هدف پژوهش حاضر بازخوانی اصول و ارایه دستورالعمل‌های طراحی مسکن تاب‌آور در برابر سیل است. سیل به عنوان یک خطر طبیعی دولت‌ها، صاحبان مسکن‌ها و جوامع انسانی را متحمل خسارات جانی و مالی گسترده‌ای کرده است. به‌رغم توسعه جهانی تحقیقات در مورد اصول تاب‌آوری در برابر سیل، در ایران دستورالعمل‌ها، روش‌های ارزیابی، مقررات و استانداردهای معماری تاب‌آور برای طراحی و ساخت خانه‌های تاب‌آور در برابر سیل تدوین نشده است. این مانعی قابل توجه برای طراحان برای مشارکت مثبت در درک، مدیریت و طراحی معماری تاب‌آور در برابر سیل است. در این راستا پژوهش حاضر براساس روش توصیف و تحلیل و مبتنی بر روش اسنادی، با بررسی، طبقه‌بندی و تبیین آخرین مجموعه قوانین و دستوالعمل‌های مرتبط با سیل، مطابق با بستر جغرافیایی و تکنولوژی ساخت ایران اقدام به ارائه الگوهای نوین معماری در رابطه با راهکارهای طراحی مسکن تاب‌آور در برابر سیل مطابق با بستر جغرافیایی، اقلیمی و تکنولوژی ساخت ایران نموده است. کاربست الگوهای تدوین شده توسط معماران و سایر دست اندرکاران این حوزه می‌تواند زیربنای برنامه‌ریزی، طراحی و اجرای راهبردهای واکنش برای مهار تأثیر سیل‌های آینده و ایجاد مسکن تاب‌آور در برابر سیل در ایران را فراهم کرده و زمینهٔ کاهش خسارات وارده بر ساکنان مناطق سیل‌خیز ایران را فراهم کند.

واژگان کلیدی: تاب‌آوری؛ طراحی مسکن؛ سیل؛ معماری تاب‌آور؛

۱- مقدمه و بیان مسأله

تغییر شرایط جغرافیایی در حوزه‌های آبخیز، نوع بهره‌برداری از منابع، حضور جمعیت زیاد، زیرساخت نامناسب در مناطق پرخطر سیل و همچنین تغییرات آب‌وهوایی به رشد فزاینده‌ی خطر سیل منجر شده است. سیل به عنوان یک خطر طبیعی دولت‌ها، جوامع انسانی و صاحبان مسکن‌ها را متحمل خسارات جانی و مالی گسترده‌ای کرده است. آسیب وارده بر سیستم‌های تکنولوژیکی، طبیعی و اجتماعی غیرقابل پیش‌بینی است، بنابراین توانایی سازگاری با سیل به منظور جلوگیری از فاجعه و نیاز به راه‌حل‌های مدیریت یکپارچه خطر سیل شهری، راهبردهای سازگاری در سطح محلی و طراحی معماری امری حیاتی است. این امر می‌تواند رهبران جامعه، دولت محلی، برنامه‌ریزان، معماران و متخصصان بلایای طبیعی را برای توسعه طرح‌های سازگار با سیل در جهت کاهش خسارات یاری دهد.

در دو دهه گذشته، مفهوم تاب‌آوری شهری به طور فزاینده‌ای مورد توجه دانشگاهیان و سیاستگذاران قرار گرفته است (Sharifi & Yamagata, 2018). به طور کلی تاب‌آوری به عنوان ظرفیت برنامه‌ریزی و آماده‌سازی برای جذب، بهبود و سازگاری بیشتر با شرایط نامطلوب تعریف می‌شود (TNA, 2012). امروزه تاب‌آوری به عنوان یک شیوه تفکر شناخته می‌شود (Folke, 2006). مطالعات اخیر نشان می‌دهد که ظرفیت تاب‌آوری جامعه از رویکرد غالب "جلوگیری از بلایا" به سمت " بقا" حرکت می‌کند. رویکرد اول موجب جابجایی یا اسکان مجدد در یک محله جدید می‌شود، در حالی که رویکرد دوم جوامع را تشویق می‌کند تا انواع راهبردها را توسعه دهند و در محله خود باقی بمانند (Nurdini et al., 2021) توجه روزافزون به تاب-آوری شهری می‌تواند با این واقعیت که شهرها نیاز به مقابله با طیف وسیعی از مخاطرات طبیعی و انسانی دارند، توضیح داده شود. تحقیقات پیرامون تکنولوژی‌های تاب‌آوری در برابر سیل در کشورهای توسعه‌یافته پیشرفت‌هایی داشته است که منجر به تولید دستورالعمل‌ها، نقشه‌های تخلیه و حوزه‌بندی، روش‌های ارزیابی، مقررات و استانداردهایی شده است. با این حال باید در نظر گرفت که در تفکر تاب‌آوری خطر وقوع سیل به صفر نمی‌رسد. بنابراین، حتی در کشور آلمان که زیرساخت‌های حفاظتی برای رویداد یک در ۱۰۰۰ سال طراحی شده‌اند، ملاحظات و نقشه‌های تخلیه و فرار در برنامه‌ریزی فضایی در نظر گرفته می‌شود (EXCIMAP, 2007).

در سال‌های اخیر تغییر آب‌وهوا در کشور ایران موجب جاری شدن سیل شده است. این امر اهمیت تصمیم‌گیری‌های توسعه‌ای براساس دانش روز پیرامون تاب‌آوری سکونتگاه‌ها را حائز اهمیت می‌کند. در حال حاضر در ایران راهی نظام‌مند برای محاسبه نقش واضح عناصر ساختمان در تاب‌آوری در قالب آیین‌نامه یا مقرراتی در رابطه با ساخت خانه‌های مقاوم و ایمن در برابر سیل تدوین نشده است. این مانعی قابل‌توجه برای طراحان جهت مشارکت مثبت در درک و مدیریت شهرنشینی تاب‌آور در برابر سیل است. خسارت‌های سیل سال ۱۳۹۸ شمسی نشان‌دهنده ضعف‌ها و خلاء زیادی در برنامه‌ریزی و مدیریت سکونتگاه‌ها در کشور است. بنابراین، نیازمند تبیین راهبردهای برنامه‌ریزی و طراحی کارآمد برای چالش‌های ایجاد شده توسط تغییرات آب‌وهوایی در سکونتگاه‌ها هستیم. این راهبردها باید با شرایط محلی (محیط‌زیستی، اجتماعی- فرهنگی، اقتصادی)، تغییر اقلیم و تحول اجتماعی سازگاری داشته باشند و زمینه شرایط زندگی راحت، فعالیت‌های اجتماعی، رفاه اجتماعی و حفاظت از سلامت انسان را فراهم کنند (Nguyen, 2022).

لازم به ذکر است که اغلب تجارب جهانی پیرامون این حوزه مطابق با بستر جغرافیایی و تکنولوژی ساخت کشورهای توسعه یافته است. بدین منظور در این پژوهش تجارب مطابق با بستر و تکنولوژی ساخت ایران انتخاب و مناسب‌سازی شد. انتظار می‌رود کاربست الگوهای تدوین شده در این پژوهش توسط معماران و سایر دست‌اندرکاران این حوزه زیربنای برنامه-

ریزی، طراحی و اجرای راهبردهای واکنش برای مهار تأثیر سیل‌های آینده، ایجاد مسکن تاب‌آور در برابر سیل و زمینهٔ کاهش خسارات وارده بر ساکنان مناطق سیل‌خیز در ایران را فراهم کند.

۲- روش تحقیق و چارچوب نظری

مفهوم تاب‌آوری به عنوان ابزاری برای سیستم‌های شهری برای مقابله با شوک‌های غیرمنتظره و دستیابی به پایداری ارائه می‌شود. جهت‌دهی مجدد مدیریت ریسک با استفاده از مفهوم تاب‌آوری، نوآوری و تفکری خلاق به استراتژی‌های فعلی با تمرکز بر رویکردی پویا، سیستمی و یکپارچه ارائه می‌کند. این مطالعه با تمرکز بر مقیاس طراحی ساختمان، روش‌های طراحی و ساخت مسکن تاب‌آور در برابر سیل را ارائه می‌دهد. این روش‌ها در هفت مؤلفه: ۱- موقعیت و ویژگی‌های زمین ۲- زیرساخت و تأسیسات فنی ۳- زیرسازی ۴- فرم و سازمان فضایی ۵- دسترسی ۶- ساختار فوقانی ۷- مصالح تاب‌آور مورد بررسی قرار گرفت. پژوهش حاضر بر پایه روش توصیفی-تحلیلی و مبتنی بر روش اسنادی، با بررسی آخرین مجموعه قوانین و دستوالعمل‌های مرتبط با سیل، سوابق جهانی در رابطه با تاب‌آوری در برابر سیل، تجارب پیشگیری و مواجه با سیل در حوزه برنامه‌ریزی و راهبردهای کاهش خطر سیل در منازل سکونتگاهی انجام گرفت. در این راستا سیصد مقاله مورد بررسی قرار گرفت که از این تعداد، سی‌وپنج مورد که متناسب با موضوع پژوهش بود، در پژوهش مورد استفاده قرار گرفت.

۳- یافته‌های پژوهش

۳-۱- معماری تاب‌آور در برابر سیل

بررسی مناطق مسکونی مستعد سیل جهان نشان می‌دهد که به‌رغم اجرای گسترده زیرساخت‌های کنترل سیل (مانند، آبریزها، سدها، کانال‌سازی و غیره) برای جلوگیری از جاری شدن سیل، شهرهای جهان همچنان در معرض خطرات ناشی از سیل هستند (Andersen & Shepherd, 2013). این زیرساخت‌ها توانایی لازم برای کنار آمدن با جریان‌های شدید سیل بیش از ظرفیت طراحی خود را ندارند، و می‌توانند به طور غیرمنتظره‌ای از کار بیفتند. بنابراین. استفاده از این ایدئولوژی در برابر سیل ناگهانی ناشی از باران و سیل رودخانه‌ای به تنهایی ناکارآمد بوده و با افزایش شهرنشینی و خطرات سیل ناشی از تغییرات آب‌وهوایی، ایدئولوژی کنترل سیل پیچیدگی و غیرقابل پیش بینی بودن آن را نادیده می‌گیرد و موجب آسیب‌پذیرتر شدن شهرها می‌شود. در بیست سال اخیر و با توجه به تغییرات اقلیمی، محققان و سیاست‌گزاران در کشورهای پیشرو در امر برنامه‌ریزی و طراحی در برابر سیل به این نتیجه رسیده‌اند که با استفاده از این رویکرد سنتی در محیط‌های شهری که مبتنی بر دفاع از شهر و جنگیدن با آب بوده، پرهیز از سیل تقریباً غیر ممکن است (Ashley et al., 2007). این امر در کنار افزایش روزافزون پیچیدگی‌های تکنولوژیک، اقتصادی، کالبدی و اجتماعی و پیچیدگی پیشبینی شدت و تأثیر مخاطرات در نتیجهٔ تغییرات اقلیمی منجر به بازاندیشی مدیریت سیلاب با استفاده از رویکرد تاب‌آوری شده است. استفاده از این رویکرد سابقه طولانی در اکولوژی و مهندسی دارد، اما کاربرد آن در مدیریت مخاطرات طبیعی نسبتاً جدید است (Berkes, 2007). مدیریت خطر سیلاب به‌طور روزافزون با استفاده از رویکرد تاب‌آوری با درنظرگرفتن ملاحظات زیست‌محیطی و فرآیندهای طبیعی و بهره‌گیری از راهبردهای اکولوژیک و غیرسازه‌ای مورد بازبینی قرار گرفته است (Ahern, 2013; Palazzo, 2019).

تاب‌آوری در برابر سیل به "تحمل سیل" یا "بازسازماندهی سریع " نیاز دارد. این مفهوم برای شهرها بدلیل این که باید برای عدم اطمینان و احتمال وقوع سیل در مواجهه با تغییرات آب‌وهوایی برنامه‌ریزی کنند اهمیت دارد (Liao et al., 2016).

۳- ۲- روش‌های طراحی و ساخت مسکن تاب‌آور

در دهه گذشته، تحقیقات پیرامون تکنولوژی‌های تاب‌آوری در برابر سیل پیشرفت‌های زیادی داشته است که منجر به تولید روش‌های طراحی و ساخت مسکن تاب‌آور در برابر سیل شده است. اجرای این روش‌ها به افزایش سرعت دوره بازگشت کمک می‌کند. در ادامه جدیدترین روش‌ها پیرامون این حوزه بر اساس مؤلفه‌های زیرساخت، موقعیت و ویژگی‌های زمین، زیرسازی، فرم و جهت‌گیری ساختمان، روبنا و مصالح تاب‌آور بررسی شده است.

۳- ۲- ۱- موقعیت و ویژگی‌های زمین

فضاهای باز از طریق بهبود نفوذ آب باران نقش مهمی در انطباق و کنترل سیلاب و کمک به مدیریت رواناب دارند (Van Long et al., 2020). در حالت ایده‌آل، ساخت‌وساز در بالاترین تراز ممکن در سیلاب‌دشت، احتمال وقوع سیل و دوره طغیان را کاهش می‌دهد. این موقعیت‌ها باید از مسیرهای زهکشی طبیعی دور باشند (Dilhani & Jayaweera, 2016). همچنین ساختمان باید روی زمین زهکشی شده بنا شود. آب باید به طور طبیعی از سایت تخلیه شود، به خصوص از زیر خانه‌ها تا امکان خشک شدن سریع منطقه فراهم شود. از ساخت‌وساز در یک گودال و یا ایجاد گودال در زیر خانه باید اجتناب شود(H-NFMSC, 2007).

مرکز توسعه شهری سریلانکا (2012) حداکثر سطح اشغال واحدهای مسکونی را ۶۶ درصد (دو سوم از زمین) و حداقل فضای باز مورد نیاز را ۳۳ درصد (یک سوم زمین) بیان می‌کند. اندازه فضای باز شاخص‌های مهمی است که بر ظرفیت‌های جذب، بازیابی و سازگاری تأثیر می‌گذارد.

۳- ۲- ۲- زیرساخت و تأسیسات فنی

دسترسی به خدمات اساسی مانند لوله‌کشی و برق باید به طور راهبردی تأمین شود تا آسیب به سیستم در زمان سیل به حداقل برسد. استفاده از سیستم‌های زهکشی پایدار[۱] (SuDS) نیز اثربخش است. این رویکردها می‌توانند شامل طیف متنوعی از مداخلات باشند. در جدول شماره ۱ برخی از راهکارهای سیستم‌های زهکشی پایدار قابل استفاده در مناطق مسکونی معرفی شده‌اند.

جدول ۱. راهکارهای ساخت سیستم‌های زهکشی پایدار (Barsley , 2020).

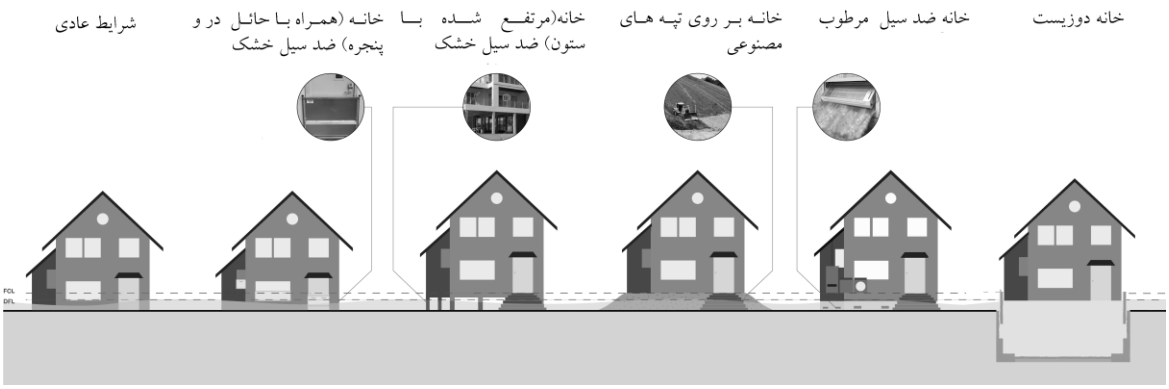
بام‌های سبز: علاوه بر کاربست‌های محیط‌زیستی، مانند حائل[۲] عمل کرده و حرکت آب باران را کند و بیشینه جریان آب را از طریق سیستم‌های آبی کاهش می‌دهد.
دیوارهای سبز: برای کند کردن جریان، بهبود تنوع زیستی، کاهش سروصدا و ارائه مزایای عایق حرارتی و سرمایشی ساختمان و منظره خیابان استفاده می‌شوند.
مخزن جمع‌آوری و برداشت آب باران(RWH): برای جمع‌آوری آب از سطوح غیرقابل‌نفوذ و نفوذپذیر برای استفاده غیرشرب در دوره‌های خشک استفاده می‌شوند. مخزن جمع‌آوری آب برای ذخیره‌سازی و ایجاد تأخیر در ورود آب باران به سیستم زهکشی استفاده

می‌شود. در این رویکرد رواناب از پشت بام‌ها و ناودان‌ها به سمت مخزن هدایت می‌شوند.
باغ باران: مناطقی با پوشش گیاهی است که علاوه بر منظرسازی، در کاهش رواناب و شارژ مجدد آب‌های زیرزمینی از طریق نفوذ کاربرد دارند. قابل بازسازی هستند و در مقیاس‌های مختلف استفاده می‌شوند. سرریزهای کوچک در باغ‌باران‌ها برای کنترل و تنظیم جریان آب استفاده می‌شوند.
کانال و جویبارها: به انتقال، جمع‌آوری و تصفیه آب سطحی کمک می‌کنند. اغلب در اتصال با زهکشی جدول، جاده و سنگفرش نفوذپذیر یا باغباران‌ها طراحی می‌شوند. مصالح آن‌ها می‌تواند فلز یا سنگ باشد. برخی از کانال‌ها شکل ساده‌ای دارند و برخی با المان‌های تصفیه یکپارچه یا با کاشت گیاه عملکرد تصفیه را فراهم می‌کنند.

۳- ۲- ۳- زیرسازی[۳]

زیرسازی بخشی از ساختمان است که زیر طبقه همکف ساخته شده و از پی، تکیه‌گاه و پایه تشکیل شده است. این بخش بارها را از روی سازه به زمین زیرین ساختمان منتقل کرده و با پشتیبانی از سازه از فروریختن آن جلوگیری می‌کند.

به دنبال شرایط خاص سیلاب ارائه شده در هر سایت، سازه‌ها باید برای مقاومت فیزیکی در برابر نیروی آب طراحی شوند. بالا بردن پایه از سطح سیلابی مقرون به صرفه‌ترین راه برای محافظت از ساختمان در مناطق مستعد سیل است که با قرار دادن ساختمان در ساحلی که به اندازه کافی مرتفع است[۴]، تپه‌های مصنوعی[۵]، خاکریز[۶]، تکیه‌گاه‌هایی به شکل تیرهای باریک[۷]، ستون‌ها[۸] و کرسی[۹] عملی می‌شود(Barker, & Coutts, 2015; Nillesen & Singelenberg, 2011). فضای زیر ساختمان را می‌توان پر کرد یا بازشوهایی تعبیه کرد تا سیلاب در زیر ساختمان جاری شود. با این راهبرد، ساختمان از تماس با آب محافظت نمی‌شود؛ اما به گونه‌ای طراحی و ساخته می‌شود که با قرار گرفتن در معرض سیلاب بدون آسیب تاب آورد. مطابق تصویر ۱، روش‌های متنوعی جهت تاب‌آورسازی زیرسازی ساختمان‌ها وجود دارد که در ادامه شرح داده می‌شوند.



تصویر ۱- انواع خانه‌های تاب‌آور در برابر سیل (https://floodwise.ca, 2023).

الف- ضدسیل خشک: این روش شامل اقداماتی مانند حفاظ درب و پنجره است که از ورود آب به داخل ساختمان جلوگیری می‌کند. این اقدامات اغلب از ساختمان‌ها در برابر سیل‌های دینامیکی بزرگ محافظت نمی‌کند و فقط برای عمق آب تا یک متر مؤثر است. پس از آن، ممکن است فشار آب برای دیوارهای ساختمان بیش از حد زیاد شود (Lasage, et al.,

(2014). به گفته کریبیچ و همکاران (2015)، ضدسیل خشک ساختمان می‌تواند آسیب را تا ۶۰٪ کاهش دهد. تخمین زده می‌شود که اقدامات ضدسیل خشک ۲/۵ برابر گرانتر از اقدامات عایق رطوبتی در هر خانه باشد(Lasage, et al., 2014) .

ب- ضدسیل مرطوب: این اقدامات برای حفظ فشار ثابت در بیرون و داخل سازه به سیلاب اجازه ورود و خروج در ساختمان را می‌دهد. این امر احتمال شکست دیوارها و آسیب سازه‌ای را کاهش می‌دهد. هرچند این اقدامات اغلب نسبت به سایر اقدامات هزینه و فضای کمتری برای ساخت‌وساز نیاز دارند؛ با وجود این، نیاز به تمیز کردن دارند، و فاضلاب و مواد شیمیایی خانه را برای مدتی پس از سیل غیرقابل سکونت می‌کنند. از آنجایی که این روش اجازه می‌دهد سیلاب وارد ساختمان شود، اشیاء باید از مواد مقاوم در برابر آب ساخته شوند (FEMA, 2014). اگر اشیاء را نتوان به طبقه بالاتر منتقل کرد، می‌توان آن‌ها را با محصور کردن با سازه‌هایی از مواد ضدآب مانند بتن محافظت کرد (FEMA, 2007). در این روش معمولاً وسایل باارزش، فاضلاب و سیستم‌های برقی و گرمایشی به سطوح بالاتر انتقال داده می‌شود. اگر عمق آب‌گرفتگی بیشتر از ۳ متر باشد، این روش دیگر مؤثر نیست (Lasage, et al., 2014).

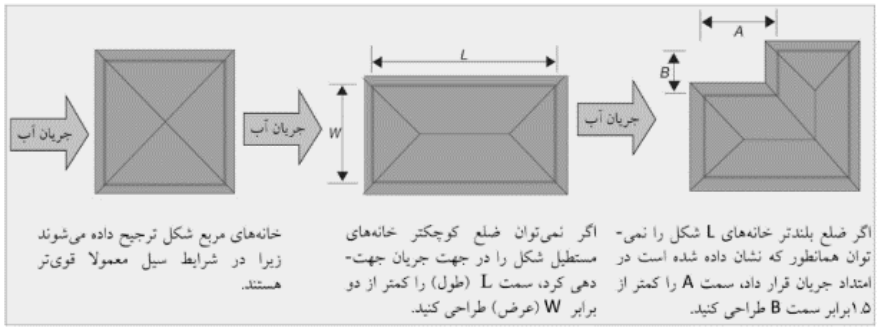
ج- ساختمان‌های در ارتفاع: این ساختمان‌ها برای مقابله با سیل، با پایه‌های چوبی، بتنی یا فولادی به گونه‌ای که سیلاب نتواند به فضای داخلی خانه دسترسی پیدا کند؛ از زمین بلند می‌شوند. طبقه همکف باز است، در نتیجه با کاهش تأثیر سیل بر سازه، آسیب وارده به خانه کاهش می‌یابد. خانه‌های در ارتفاع زمانی مفید است که احتمال دارد سرعت آب به خانه آسیب برساند (Ibid, p. 53). اگر خانه ۲۴۰ سانتی‌متر از زمین بلند شده باشد، بخش پایین را می‌توان برای پارکینگ و انبار اقلامی که می‌توان به راحتی به بالاتر از سطح آبگرفتگی منتقل کرد استفاده کرد (Sri Lanka urban multi-hazard disaster mitigation project, 2003). بهترین راه برای محافظت از خانه در برابر سیلاب سطحی، بالا بردن حداقل ۳۰ سانتی‌متر بالاتر از سطح سیل ۱۰۰ ساله است.

د- ساختمان‌های دوزیست[۱۰]: این ساختمان‌ها از یک پایه ضدآب به شکل عرشه یا بدنه قایق (به جز دکل‌ها و اتاق‌های روی عرشه و تجهیزات)، و سازه فوقانی که به روش معمول ساخته شده و در بالای آن قرار گرفته است تشکیل می‌شوند. ویژگی بارز این ساختمان‌ها توانایی آن‌ها در حفظ ارتفاع ثابت در ارتباط با سطح آب است (Piątek & Wojnowska-Heciak, 2020). تاریخچه‌ای طولانی از این ساختمان‌ها وجود دارد و نمونه‌های مختلفی را می‌توان در سراسر جهان، بسته به شرایط آب‌وهوایی، فرهنگ و مصالح ساختمانی موجود یافت(Strangfeld & Stopp, 2014) .

۳- ۲- ۴- فرم و سازمان فضایی

الف. فرم ساختمان: از منظر فرم کلی، یک ساختمان فشرده می‌تواند بارگذاری افقی را تحمل کند. از اشکال L، H و U باید اجتناب شود. طرح نقشه مربع شکل حداکثر مقاومت را در برابر بارگذاری افقی دارد. برای مناطقی که دارای سرعت قابل-توجه آب هستند، این ویژگی‌های طراحی پیشنهاد می‌شود:

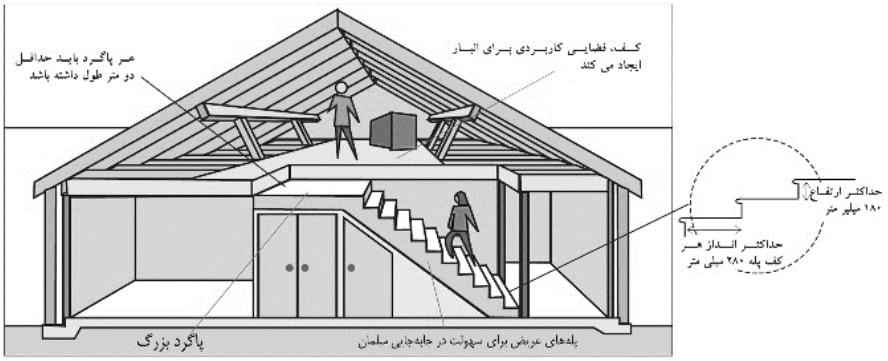
۱- نسبت طرفین کمتر از ۱:۲ باشد و از طرح‌های بلند و باریک اجتناب شود.
۲- در خانه‌های L شکل دو ضلع با یکدیگر تفاوت قابل‌توجهی نداشته باشند. حداکثر اختلاف ۱/۵: ۱ اغلب استحکام درونی را حفظ می‌کند.
۳- ساختمان‌های دارای دیوارهای طویل‌تر، آسیب‌پذیرتر هستند و اگر دیوار طویل‌تر مسیر جریان را متوقف کند، بار سیلاب و آسیب‌پذیری در برابر بار آوار به حداکثر می‌رسد.(H-NFMSC, 2007)



تصویر ۲. تأثیر جهت گیری و شکل ساختمان بر کاهش فشار سیلاب (Ibid, p. 46).

فرم مقطعی ساختمان نیز می‌تواند به کاهش خطر سیل کمک کند. ساخت ساختمان‌های طبقاتی می‌تواند آسیب وارده را در زمان طغیان کاهش دهد. در مناطق سیل‌خیز، ساختمان‌ها باید یک طبقه بالاتر از حداکثر سطح معمولی سیل ساخته شوند.

در یک خانه یک طبقه، یک اتاق زیرشیروانی با کاربری انباری می‌تواند یک فضای تخلیه امن برای ساکنان ساختمان فراهم کند. هنگامی که ساکنان ساختمان را تخلیه می‌کنند، می‌توان از اتاق زیر شیروانی برای نگهداری مبلمان، تجهیزات الکتریکی و سایر اقلام ارزشمند در معرض آسیب استفاده کرد (Ibid, p. 49).



تصویر ۳. اتاق زیر شیروانی برای انبار ضروری است (Idem).

در بسیاری از ساخت‌وسازهای جدید در مناطق سیل‌خیز خانه‌های دو طبقه، چند طبقه یا خانه با کف‌های متفاوت ساخته می‌شوند. از آنجایی که ساخت طبقات بالا پرهزینه است، طبقات بالایی کم هزینه برای جوامع محلی قابل‌قبول‌تر خواهد بود. (Project Consultancy Unit, University of Moratuwa, 2013, 2013).

ب. سازمان فضایی: سازمان فضایی یک خانه را می‌توان به گونه‌ای تنظیم کرد که اتاق‌های قابل سکونت و باارزش و نیز آسیب‌پذیرترین اثاثیه در بالاترین سطح قرار گیرند. اتاق‌های طبقات پایین‌تر را می‌توان برای مقاصد ابتدایی‌تر (پارکینگ و سرویس بهداشتی دوم) اختصاص داده، از این رو این فرصت وجود دارد که سطوح پایین‌تر در برابر سیل مقاوم‌تر شوند (H-NFMSC, 2006; PCUUoM, 2013).

۳- ۲- ۵- دسترسی

دسترسی دائم ساختمان‌ها و امکان ساکنین آن‌ها برای حرکت به سمت یا از خانه‌ها در زمان سیل باید جهت تاب‌آوری تأمین شود. دسترسی خانه‌های واقع در مناطق مستعد سیل، قبل، حین و بعد از سیل، تماس بین خانه‌های همسایه و دسترسی آن‌ها به سایر نقاط برای تأمین غذا و اقدامات اضطراری و گاهی نجات شهر را تضمین می‌کند (Henrique, 2014).

مسیر خروجی از خانه باید تا حد امکان در تمام طول خود مرتفع باشد تا بیشترین زمان را برای تخلیه فراهم کند. ارتباط دسترسی‌ها با مکان‌های امن بدون سیل، امنیت بیشتری برای تخلیه ایمن در حوادث سیل ارائه می‌دهد (PCUUoM, 2013). ساکنان در وضعیت ضروری نیاز به تخلیه دارند، ممکن است شرایط خاصی به وجود آید که نجات اضطراری برای ساکنان در دام افتاده در سیل ضروری باشد. بنابراین، اختصاص بالکن در طبقه اول خانه‌های دو تا چند طبقه مطلوب است (H- NFMSC, 2006).

۳- ۲- ۶- ساختار فوقانی[۱۱]

ساختار فوقانی بخشی از یک ساختمان است که بالاتر از طبقه همکف ساخته شده و می‌تواند شامل دیوارها، کف‌ها، سقف، تیرها، پنجره‌ها، درها و ستون‌ها باشد. این بخش بار را از قسمت بالایی ساختمان به زیرسازی منتقل می‌کند، فضای زندگی را فراهم می کند و از ساختمان در برابر عوامل متعدد محافظت می‌کند.

آسیب به خانه‌ها در اثر سیل می‌تواند در نتیجه فشارجانبی باشد. فشار روی دیوارها باعث ریزش یا آسیب دیدن دیوارها می‌شود. علاوه بر این، آوار حمل شده توسط آب می‌تواند باعث آسیب به اثاثیه و زندگی افراد شود. حداقل ضخامت دیوارهای خارجی و باربر ۲۰ سانتی‌متر توصیه می‌شود. اگر دیوارها ۱۰ سانتی‌متری ساخته می‌شوند، در طول دیوارهای بیش از ۶ متر و بدون تکیه‌گاه باید وال‌پست اجرا شود. (DMC, 2012). همچنین ساختمان‌هایی که دارای دیوارهای بلند هستند، شکننده‌تر و مستعد بارگیری آب سیل می‌باشند و آسیب‌پذیری در برابر بارگیری آوار به حداکثر می‌رسد؛ بنابراین بهتر است دیوارهای بلندتر موازی با جریان آب باشند(Ibid, p. 37) .

بازشوهای روی دیوارها باید به گونه‌ای قرار داده شوند تا آسیب ناشی از سرعت سیل به حداقل برسد. پنجره‌ها و بازشوها در حالت ایده‌آل باید به صورت محوری قرار گیرند تا جریان خروجی سیلاب از داخل خانه امکان‌پذیر باشد (SLUMDMP, 2003; DMC, 2012) (تصویر ۴)

مجموع عرض تمام بازشوها در دیوارها نباید از ۵۰ درصد طول کل دیوارهای خانه تجاوز کند. دهانه درها و پنجره‌ها در دیوارها باید حداقل در فاصله ۶۰ سانتی‌متری از گوشه دیوارها قرار گیرند (DMC, 2012). درها بهتر است دوطرف باز شو باشند تا برای تسهیل حرکت آب به داخل و خارج از خانه مؤثر باشند(H- NFMSC, 2006).

تصویر ۴. رتبه‌دهی به نحوهٔ قرارگیری بازشوها.

سطح سقف باید بالاتر از سطح سیلاب باشد. خانه‌ها نباید در مکان‌هایی که این امکان وجود ندارد ساخته شوند. توصیه می‌شود حداقل بخشی از سقف برای پناه‌گرفتن ساکنان به صورت تخت ساخته شود. بنابراین سازه سقف باید از افزایش آب و نیز بادهای قوی در امان باشد. برای بام نیز سقف‌هایی که از دو طرف شیب‌دار هستند از مزیت استحکام خوبی برخوردار هستند. در زمان استفاده از سقف‌های کم‌شیب[۱۲]، باید از عایقی استفاده شود که رطوبت را جذب یا حفظ نمی‌کند. این نوع از سقف به عایق حرارتی بیشتری نیاز دارد. همچنین تهویه مؤثر آن دشوار است. اما ارتفاع کم و سازه پشتیبان سبک‌تری دارد. همچنین درکل هزینهٔ آن کمتر است (Ibid, p. 22).

۳- ۲- ۷- مصالح تاب‌آور

برای اینکه یک سازه عملیاتی، پایدار، تاب‌آور و دارای عمر مفید و هزینه مطلوب باشد، تمام اجزای حیاتی آن باید دارای ویژگی‌های مورد نیاز باشند. یکی از این ویژگی‌ها، مصالحی است که برای ساخت آن‌ها انتخاب شده‌اند (Watson, et al., 2018). در انتخاب مصالح، باید سه ویژگی اصلی رعایت شود:

۱. مصالحی که در هنگام خیس شدن ضعیف می‌شوند باید با احتیاط مورد استفاده قرار گیرند، به خصوص اگر در اجزای سازه‌ای استفاده می‌شوند و بار ساختمان را مهار می‌کنند، اگر پس از سیل به طور دائمی آسیب ببینند، نیاز به تعویض دارند.
۲. مصالحی که در حالت اشباع‌شده پایدار اما نفوذپذیر هستند و به راحتی رطوبت را جذب می‌کنند، فقط باید در مکان-هایی مورد استفاده قرار گیرند که تهویه مناسب آن‌ها را به طور موثر خشک می‌کند.
۳. مصالحی که تحت تأثیر آب قرار نمی‌گیرند (از نظر ابعادی پایدار هستند و در هنگام طغیان، از بین نمی‌روند یا ساختار خود را از دست نمی‌دهند) و به راحتی آب را جذب نمی‌کنند، برای استفاده در ساخت و ساز در زمین‌های مستعد سیل ایده‌آل هستند. سنت و هزینه اغلب مانع استفاده از مصالح دسته سوم می‌شود (H- NFMSC, 2006).

مقاومت مصالح در برابر طغیان آب بسیار متفاوت است. استفاده از الوار برای دیوارها، پنجره‌ها، طاقچه‌ها، درها و پله‌ها فقط مقاومت متوسطی در برابر آب دارد. الوار در صورت محافظت نشدن متورم می‌شوند. اگر میزان رطوبت در مدت طولانی‌تری بالا باشد، الوار در دراز مدت پوسیده می‌شود. مصالح بنایی و بتنی حتی اگر آجرها و بلوک‌های بتنی اشباع شوند و نفوذ آب از طریق اتصالات ملات رخ دهد گزینه‌های بهتری هستند. در دراز مدت، آسیب برفک و از دست دادن آب در زمستان امکان‌پذیر

است(Zevenbergen, et al., 2011) . دیوارهای بتنی (پانل‌های بتنی، آجرها و بتن درجا) را می‌توان برای مقاومت در برابر بارهای اضافی به صورت مسلح طراحی کرد. دیوارهای ساخته شده از بلوک‌های بتنی مقاومت زیادی دارند، در برابر صدمه آب ایمنی دارند، نیاز به تمیز کاری و ترمیم کمتری دارند و وزن زیاد آن به خنثی کردن نیروهای بلند کننده کمک می‌کند (H-NFMSC, 2006). در جدول زیر مصالحی که در شرایط غوطه‌وری در سیل به مدت طولانی بهترین عملکرد را داشته‌اند معرفی شده‌اند.

جدول ۳. تأثیرپذیری مصالح برای غوطه‌وری ۹۶ ساعته (Ibid, 58-59)

اجزاء ساختمان	مناسب‌ترین مصالح
کف، سازه زیر سازی کف	دال همکف؛ بتن معلق[۱۳]
سازه مهار کننده دیوارها[۱۴]	بتن مسلح یا بتن غیر مسلح
پوشش دیوار و سقف	ورق سیمانی؛ آجرنما یا بلوک چینی؛ اندود سیمانی؛ قطعات سرامیک دیواری؛ ورق استیل گالوانیزه؛ سنگ به صورت صلب یا روکش
سازه سقف	بتن مسلح؛ ساختار فلز گالوانیزه
درها	پانل صلب با چسب ضد آب؛ قاب آلومینیومی یا فولادی گالوانیزه
پنجره‌ها	قاب آلومینیوم با فولاد ضدزنگ و غلطک برنجی
عایق	تخته‌های پلاستیکی/ پلی استایرن؛ عایق صلب سلول بسته[۱۵]
پیچ، میخ‌های حلقوی و اتصلات	برنجی، نایلون/ استیل ضد زنگ، مفصل قابل جابجایی پین
پوشش کف	کاشی‌های سفالی/ بتنی؛ کفپوش اپوکسی یا سیمانی روی بتن

نتیجه

در این پژوهش اصول معماری مسکونی تاب‌آور در برابر سیل بر پایهٔ روش اسنادی توصیف و تبیین شد. هدف این پژوهش استخراج و دسته‌بندی نظام‌مند دستورالعمل‌های معماری بود که کاربست آن‌ها توسط معماران و سازندگان منجر به افزایش تاب‌آوری کالبدی ساختمان‌های مسکونی در برابر سیل می‌شود. بررسی منابع موجود در این حوزه نشان داد که راهکارهای طراحی پیرامون این حوزه به سه مقیاس برنامه‌ریزی/ سیاست‌گذاری شهری، مقیاس طراحی شهری/ منظر شهری و مقیاس ساختمان تقسیم می‌شوند. در این پژوهش به دلیل اهمیت قابل‌توجه مقیاس ساختمان به ارائه راهکارهای معماری در این مقیاس در هفت دسته پرداخته شد. همچنین برنامه‌های مدیریت بلایا زمانی می‌توانند مؤثر واقع شوند که آسیب‌پذیری‌های جامعه و ظرفیت‌های تاب‌آوری اندازه‌گیری شده و در برنامه‌های شهری و منطقه‌ای قرار گرفته باشند. بنابراین لازم است که بین مناطق سیل‌خیز افتراق قائل شود زیرا مسکن سازگار با سیل باید با توجه به ویژگی‌های پیش‌بینی شده سیل در هر منطقه، به آن پاسخ دهد. بنابراین با توجه به این که اغلب مطالعات انجام شده پیرامون این حوزه مطابق با اقلیم، جغرافیا و تکنولوژی ساختمان‌سازی کشورهای توسعه یافته است، در دسته‌بندی راهکارها مواردی که با زمینهٔ اقلیمی، جغرافیایی و تکنولوژی ساختمان‌سازی ایران دارای هماهنگی بود مطابق جدول ۴ برگزیده و دسته‌بندی شد. کاربست این راهکارها در مناطق سیل‌خیز می‌تواند زمینه کاهش خسارت‌های سیل در آینده باشد.

جدول ۴. اصول دستیابی به تاب‌آوری کالبدی در برابر سیل از طریق معماری.

موقعیت و ویژگی‌های زمین	- ساخت‌وساز در بالاترین موقعیت ممکن، دور از مسیرهای زهکشی طبیعی و روی زمینی که به خوبی زهکشی شده است انجام شود. - حداکثر پوشش قطعه ۶۶ درصد و حداقل فضای باز مورد نیاز در زمین ۳۳ درصد با جداره‌های نفوذپذیر باشد.
زیرساخت و تأسیسات فنی	- تأمین دسترسی به خدمات اساسی مانند لوله‌کشی و برق - استفاده از سیستم‌های زهکشی پایدار.
زیرسازی	- بالا بردن پایه از سطح سیلابی با تپه‌های مصنوعی، خاکریزها، تکیه‌گاه‌هایی به شکل تیرهای باریک، ستون‌ها و کرسی.
فرم و سازمان فضایی	- نسبت طرفین کمتر از ۱:۲ باشد - عدم استفاده از اشکال L، H و U و طرح‌های بلند و باریک. - در فرم مقطعی با استفاده از اتاق زیرشیروانی با کاربری انبار، ترکیب سقف مسطح و شیبدار در خانه یا خانه با کف‌های متفاوت می‌توان فضای تخلیه ایجاد کرد. - پله عریض و مستقیم باشد.
دسترسی	- مسیر ورودی به سایت امکان دسترسی آسان به داخل و خارج از خانه را فراهم کند.
ساختار فوقانی	- استفاده از سقف‌های دو طرف شیب‌دار. - حداقل یک اتاق بالای سطح سیل قرار گیرد یا حداقل بخشی از سقف مسطح باشد. مخازن آبی واقع در پشت بام مهار شوند. تیر حمال روی دیوار و تیرهای مایل به قاب اصلی سازه متصل شوند. - حداقل ضخامت دیوار خارجی و باربر ۲۰۰ میلیمتر. - پنجره‌ها و بازشوها در حالت ایده‌آل به صورت محوری و دوطرف بازشو باشند.
مصالح	- انتخاب مصالح مناسب براساس جدول ۳.

پی‌نوشت

۱. اصطلاح "Sustainable drainage systems. (SuDS) " به طیف وسیعی از سیستم‌های زهکشی اشاره دارد که می‌توان از آن‌ها در مدیریت پایدار آب‌های سطحی استفاده کرد.

2. Buffer
3. Substructure
4. Waterside/waterfront building
5. Terp house
6. Dike house
7. Stilt house
8. Pile house
9. Plinth
10. Amphibious buildings
11. Superstructure
12. Low-pitch roof
13. Suspended concrete
14. Walls support structure

15. Closed-cell solid insulation

فهرست منابع

Ahern, J. (2013). Urban landscape sustainability and resilience: the promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design. Landscape ecology, 28(6), 1203-1212.

Andersen, T., & Shepherd, J. (2013). Floods in a changing climate. *GeographyCompass, 7*(2), 95–115.

Ashley, R., Garvin, S., Pasche, E., & Vassilopoulos, A. (2007). Advances in urban flood management. *CRC Press*.

Barker, R., & Coutts, R. (2015). *Aquatecture: Buildings and Cities Designed to Live and Work with Water*. London, UK: RIBA Publishing.

Berkes, F. (2007). Understanding uncertainty and reducing vulnerability: lessons from resilience thinking. *Natural Hazards, 41*(2), 283-295.

City of Sacramento. n.d. (2022). *Flood Depth and Evacuation Maps. Retrieved from Sacramento, Calif.*

Dilhani , K., & Jayaweera, N. (2016). A study of flood risk mitigation strategies in vernacular dwellings of Rathnapura, Sri Lanka. *12*(1, February: 2016).

Disaster Management Center. (2012). *Hazard profiles of Sri Lanka.* Nanila publications.

EXCIMAP. (2007). *Atlas of Flood Maps: Examples from 19 European countries, USA and Japan.*

FEMA. (2007). *Homeowner's guide to retrofitting. Six ways to protect your home from flooding.* Washington, DC: Federal Emergency Management Agency.

FEMA. (2014). *Homeowner's guide to retrofitting. Six ways to protect your home from flooding.* Washington, DC: Federal Emergency Management Agency.

Folke, C. (2006). esilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global environmental change, 17*(5), 253-267.

Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee. (2007). *REDUCING VULNERABILITY OF BUILDINGS TO FLOOD DAMAGE: Guidance On Building In Flood Prone Areas.* Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee.

Henrique, K. P. (2014). *TRANSITION AS CONDITION: TOWARD FLOOD RESILIENCE THROUGH.* A Thesis in Master of Architecture. The Pennsylvania State University The Graduate School Department of Architecture.

https://floodwise.ca. (2023).

https://passel2.unl.edu. (2023).

https://www.bampi.it. (2021).

Jha, A., & Brecht, H. (2011). “Building Urban Resilience in East Asia.” An Eye on East Asia and the Pacific. East Asia and Pacific. *Economic Management and Poverty Reduction. Washington, DC: World Bank.*

Kreibich, H., Bubeck, P., Van Vliet, M., & De Moel, H. (2015). A review of damage-reducing measures to manage fluvial flood risks in a changing climate. *Mitigation and adaptation strategies for global change, 20*(6), 967-989.

Lasage, R., Veldkamp, T., De Moel, H., Van, T., Phi, H., Vellinga, P., & Aerts, J. (2014). Assessment of the effectiveness of flood adaptation strategies for HCMC. *Natural Hazards and Earth System Sciences, 14*(6), 1441-1457. https://orcid.org/0000-0002-2295-8135.

Liao, K., Le, T., & Van Nguyen, K. (2016). Urban design principles for flood resilience: Learning from the ecological wisdom of living with floods in the Vietnamese Mekong Delta. *Landscape and Urban Planning, 155*, 69-78.

Nguyen, T. (2022). Architectural Design Guideline for Sustainable Floating Houses and Floating Settlements in Vietnam. *Springer, Singapore*, 461-474.

Nillesen, A., & Singelenberg, J. (2011). *Amphibious Housing in the Netherlands. Architecture and Urbanism on the Water*. The Netherlands: NAI: Rotterdam.

Nurdini, A., Hadianto, N., & Suryani, S. (2021). Emerging housing choices for community resilience capacity in flood-prone areas of Bandung Regency, Indonesia. *36*(4).

Palazzo, E. 2019. From water sensitive to floodable: defining adaptive urban design for water resilient cities.

Piątek, Ł., & Wojnowska-Heciak, M. (2020). ulticase Study Comparison of Different Types of Flood-Resilient Buildings (Elevated, Amphibious, and Floating) at the Vistula River in Warsaw, Poland. *Sustainability, 12*(22), 9725.

Project Consultancy Unit (PCU), University of Moratuwa. (2013). *Revision of existing regulations and guidelines for the city of Rathnapura.*

Sharifi, A., & Yamagata, Y. (2018). Resilience-Oriented Urban Planning. In Resilience-Oriented Urban Planning: Theoretical and Empirical Insights. *Springer International Publishing: Cham, Switzerland*, 3-27.

Sri Lanka urban multi-hazard disaster mitigation project (SLUMDMP). (2003). *Guidelines for settlement planning and construction in flood prone areas, Center for Housing Planning and Building.*

Strangfeld, P., & Stopp, H. (2014). floating houses: An adaptation strategy for flood preparedness in times of global change. *WIT Transactions on Ecology and the Environment, 184*(10), 277-286.

TNA. (2012). Disaster Resilience: A National Imperative. *National Academies Press: Cambridge, MA, USA.*

van Alphen, J., van Beek, E., & Taal, M. (2006). *Floods, from Defence to Management.* London: Taylor & Francis Group: Symposium Proceedings of the 3rd International Symposium on Flood Defence, Nijmegen, The Netherlands, 25-27 May 2005.

Van Long, N., Cheng, Y., & Le, T. (2020). Flood-resilient urban design based on the indigenous landscape in the city of Can Tho,Vietnam. *Urban Ecosyst, 23*, 675-687.

Watson, S., Ferraris, C., & Averill, J. (2018). Role of materials selection in the resilience of the built environment. *Sustainable and Resilient Infrastructure, 3*(4), 165-174.

Zevenbergen, C., Cashman, A., Evelpidou, N., Pasche, E., Garvin, S., & Ashley, R. (2011). *Urban flood management.* CRC Press.