



## Sustainable temporary shelter design via lightweight and recyclable materials

Zoha Zahraee<sup>1</sup> & Amirabbas Fatemi<sup>2</sup>

1. Master of Science in architectural Engineering, Department of architecture, pardis Branch, Islamic Azad University, pardis, Iran, zohazhr@gmail.com  
2. Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Pardis Branch, Islamic Azad University, Pardis, Iran, (Corresponding Author), fatemi@pardisiu.ac.ir

### Abstract

**Background & Objects:** Many goals can be imagined for this project, but achieving all these goals is a long and time-consuming task, and it is not possible to achieve all of them in one project, but in general, the main goal of the project is to find a plan that is suitable for temporary housing. can have the most efficiency for the accident victims while causing the least damage to the environment, some of these efficiencies are as follows: 1- Using recycled materials or materials with a very long life 2- Lightweight with easy packaging and transportation 3-quick to install, cheap and economical so that it is cost-effective for workers.

**Method:** This study is a functional research by using descriptive-analytic method. Due to necessity, this article is a combination of library studies including books, treatises and articles, internet searches, conducting interviews with experts and victims of past accidents, receiving existing data and site visits. It has been tried to present an efficient plan in accordance with the set goals while studying the existing indicators and criteria and examining the samples of prefabricated shelters and past experiences.

**Findings:** One of the most important challenges after disasters is the design of a suitable model for temporary accommodation during the organizing period. So far, many structures have been designed as temporary shelters and provided to the victims of the accident; But in most cases, these structures do not meet the needs of users and also do not have the necessary resistance to changing weather conditions. Even in many cases, it has been seen that the victims of the accident abandoned the built houses and built a new house for themselves with local materials that fit their lifestyle. Despite all the initiatives presented in the category of post-disaster housing, the progress made is small compared to post-disaster reconstruction issues. Therefore, it is necessary to present an effective plan by considering the design criteria of temporary accommodation and paying attention to the needs of the victims of the accident.

**Conclusion:** Prefabricated construction due to its high speed, less error, and the lack of need for skilled personnel in the installation, can help the crisis management. The participation of the accident victims can make a big impact on their mental rehabilitation. The proposed design can be stored and produced in the form of small packages before the crisis. The use of light materials with high durability is important because of the uncertainty of the completion of the temporary settlement period. Low cost, a different appearance compared to the conex, the ability to use sustainable energy and its usability before (emergency accommodation) and after (permanent) temporary accommodation are the advantages of this plan.

**Keywords:** Environment-friendly, light and recyclable materials, modularization, temporary shelter

► **Citation (APA 6th ed.):** Zahraee Z, Fatemi A. (2022, Autumn). Sustainable temporary shelter design via lightweight and recyclable materials. *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK)*, 12(3),300-323.

## طراحی سرپناه موقت پایدار با استفاده از مصالح سبک و قابل بازیافت

ضحی زهرایی<sup>۱</sup> و امیرعباس فاطمی<sup>۲</sup>

۱. کارشناسی ارشد مهندسی معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پردیس، تهران، ایران. zohazhr@gmail.com

۲. استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پردیس، تهران، ایران (نویسنده مسئول)، fatemi@pardisiu.ac.ir

### چکیده

**زمینه و هدف:** هدف اصلی این پژوهش یافتن طراحی است که در مواقع اسکان موقت بتواند بیشترین کارایی را ضمن استفاده از مصالح بازیافتی با داشتن عمر بالا و وزن کم برای سازه‌دیدگان داشته باشد. در عین حال کمترین آسیب را به محیط زیست وارد کند و بسته‌بندی و حمل آن آسان باشد؛ همچنین سریع‌النصب و اقتصادی نیز باشد.

**روش:** تحقیق حاضر از نظر ماهیت از نوع کاربردی و به لحاظ روش اجرا، توصیفی و تحلیلی محسوب می‌شود که بنا بر ضرورت پژوهش، ترکیبی از بررسی ادبیات فنی اعم از کتاب، رساله و مقالات، جستجوهای اینترنتی، انجام مصاحبه با خبرگان و سازه‌دیدگان گذشته، دریافت داده‌های موجود و گزارش بازدیدهای میدانی پیشین می‌باشد. ضمن مطالعه شاخص‌ها و معیارهای موجود و بررسی نمونه‌های سرپناه‌های پیش‌ساخته و تجارب گذشته، سعی بر ارائه طرحی کارآمد منطبق با اهداف تعیین شده، بوده است.

**یافته‌ها:** از مهمترین چالش‌ها پس از وقوع سوانح، طراحی الگوی مناسب سرپناه موقت در دوره سامان‌دهی می‌باشد. تاکنون الگوهای متعدد سرپناه اضطراری و موقت طراحی شده است و در اختیار سازه‌دیدگان قرار گرفته است، لیکن در اکثر موارد این سازه‌ها با نیازهای کاربران مطابقت نداشته‌اند و برخی نیز مقاومت لازم در برابر شرایط متغیر جوی را ندارند. در بسیاری موارد دیده شده است که سازه‌دیدگان، خانه‌های ساخته شده را رها و مجدداً خانه‌ای با مصالح بومی متناسب با شیوه زندگی‌شان برای خود بنا کرده‌اند. به رغم تمام ابتکارات در مقوله اسکان موقت، در برخی موارد، پیشرفت انجام شده در اجرا و بهره‌برداری اندک می‌باشد. بنابراین ارائه طرحی کارآمد یا در نظر گرفتن معیارهای طراحی اسکان موقت و توجه به نیاز سازه‌دیدگان، امری ضروری است که در این مطالعه سعی بر آن بوده است.

**نتیجه‌گیری:** پیش‌ساخته‌سازی طرح پیشنهادی به دلیل سرعت بالا، خطای کمتر و عدم نیاز به نیروی کار ماهر و متخصص می‌تواند در مدیریت بحران موثر باشد. مشارکت سازه‌دیدگان در ساخت، تأثیر بسیاری در بازتوانی روحی آن‌ها دارد. طرح پیشنهادی در قالب بسته‌هایی کم حجم، قابلیت تولید و انبار پیش از بحران را دارد. استفاده از مصالح سبک با دوام بالا به دلیل نامشخص بودن اتمام دوره اسکان موقت مهم می‌باشد. هزینه پایین، ظاهر متفاوت نسبت به کانکس، قابلیت استفاده از انرژی‌های پایدار و قابل استفاده بودن در پیش (اسکان اضطراری) و پس (دائم) از مرحله اسکان موقت از مزایای این طرح محسوب می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** سرپناه موقت، دوست‌دار محیط زیست، مدولاسازی، مصالح سبک و قابل بازیافت

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** زهرایی، ضحی؛ فاطمی، امیرعباس. (پاییز، ۱۴۰۱). طراحی سرپناه موقت پایدار با استفاده از مصالح سبک و قابل بازیافت. *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران*، ۱۲ (۳)، ۳۰۰-۳۲۳.

## مقدمه

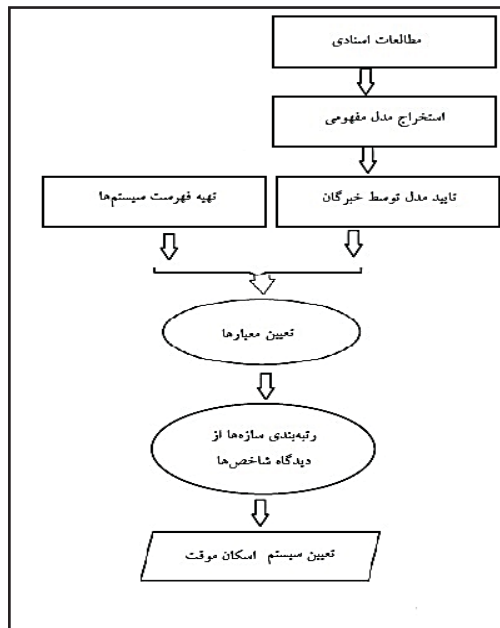
سالانه به طور متوسط سه میلیون نفر در سراسر جهان پس از بروز حوادث طبیعی بی‌خانمان می‌شوند، حدود ۸۱ درصد از این تعداد مربوط به افرادی است که در اثر وقوع زلزله خانه‌هایشان ویران شده است. آثار تخریب حوادثی نظیر زلزله و سیل در کشورهای درحال توسعه، بیشتر به دلیل ضعف در ساختارها بوده است و بنابراین، درصد افراد بی‌خانمان بالاتر خواهد بود (Disaster reduction, ۲۰۰۵). ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی خود همواره در معرض حوادث بسیاری به‌ویژه سیل و زلزله بوده است. وقوع حداقل سه یا چهار حادثه شدید در طول سال، عدم انجام پیش‌بینی‌های لازم برای کاهش آثار این حوادث و نیز روند رو به رشد جمعیت، منتهی به میزان بالایی از خسارت در کشور می‌شود.

به طور معمول پس از وقوع یک سانحه در ابعاد گسترده و وسیع، مناطق مسکونی موجود به نوعی غیر قابل استفاده می‌گردند و آسیب‌دیدگان و بازماندگان فاجعه، بعد از مرحله امداد و نجات و مراقبت‌های درمانی، ناگزیر نیاز به سکونت در مکانی غیر از خانه‌های خود تا زمان تأمین اسکان دائم می‌شوند. ازدست دادن سرپناه، باعث شکست روحیه و پراکندگی انسان‌ها می‌گردد. به همین دلیل پس از چنین حوادثی، اولین موضوعی که تا حدی در افراد آسیب‌دیده ایجاد امنیت و آرامش می‌نماید، داشتن سرپناه مناسب و جمع شدن خانواده است.

در این پژوهش تلاش شده است تا ضمن تلفیق ایده‌های صنعتی و شرایط بومی، سرپناه موقت پیشنهادی دربرگیرنده طیف حداکثری از معیارهای مطرح شده باشد. علاوه بر این، قابلیت انعطاف‌پذیری نسبت به وضعیت مکان سانحه را دارا باشد. از این رو پژوهش حاضر به دنبال یافتن طرحی برای اسکان موقت است تا بتواند بیشترین کارایی را ضمن استفاده از مصالح بازیافتی با عمر بالا و وزن کم برای سانحه‌دیدگان داشته باشد، در عین حال کمترین آسیب را به محیط زیست وارد کند و بسته‌بندی و حمل آن نیز آسان باشد، همچنین سریع‌النصب و اقتصادی باشد. لازم به ذکر است که در تهیه این طرح تلاش شده است دیدگاهی ماورای اسکان موقت در طراحی‌ها دیده شود تا در صورت لزوم بتواند تا حدودی اقسام دیگر اسکان را نیز پوشش دهد.

## روش

تحقیق حاضر از نظر ماهیت، کاربردی و به لحاظ روش اجرا، توصیفی و تحلیلی می‌باشد. بنا بر ضرورت تحقیق، ترکیبی از بررسی ادبیات فنی شامل کاوش در کتب و مقالات موجود و جستجوهای اینترنتی در سایت‌های معتبر، انجام مصاحبه با خبرگان دست‌اندرکار ساخت کانکس و ساختمان‌های پیش‌ساخته و سانحه‌دیدگان گذشته، دریافت داده‌های موجود و گزارش بازدیدهای میدانی پیشین انجام شده است. در نهایت ضمن مطالعه شاخص‌ها و معیارهای موجود با ارزیابی نمونه‌های موردی سرپناه‌های پیش‌ساخته پیشین و مقایسه راه‌کارهای توصیه شده تحقیقات گذشته و الگوهای پیشنهاد شده پیشین، با استفاده از الگوی معرفی‌شده بهینه در پژوهش بابک امیدوار و محسن خرم در سال، ۱۴۰۰ سعی بر ارائه طرحی کارآمد منطبق با اهداف تعریف شده بوده است.



شکل ۱. فرآیند پژوهش حاضر

## یافته‌ها

با توجه به اهمیت بسیار بالای مقوله مسکن و سرپناه برای بشر، پیش‌بینی و اجرای مکان‌هایی برای اسکان موقت آسیب‌دیدگان حوادث، امری اجتناب‌ناپذیر بلکه دارای تقدم و اولویت اساسی می‌باشد (داداش پور، ۱۳۹۱). یکی از موارد مهم در سوانح، پیش‌بینی‌های جدی برای اسکان اضطراری و موقت است، چرا

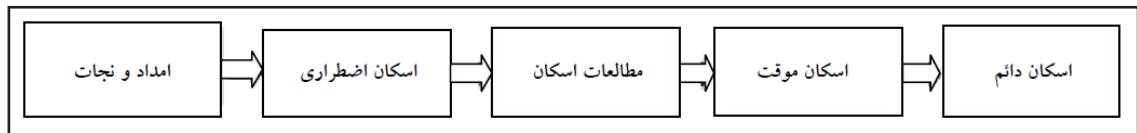
تاب آور کردند. با این وجود می‌توان این‌طور برداشت نمود که در طراحی سرپناه موقت، یکی از بهترین راه‌کارها، شناخت و بهینه‌سازی راه‌حل‌های بومی می‌باشد. با توجه به گزینه‌های استفاده شده به عنوان مسکن موقت پس از سوانح، نمونه‌های مختلفی تا به امروز طراحی شده‌اند که گزینه‌های صنعتی و بومی را شامل می‌شوند که هر کدام مزایا و البته معایب مربوط به خود را دارند. مشکلات روش‌های سرپناه موقت موجود را می‌توان؛ عدم حفظ کامل حریم خصوصی، نفوذ زیاد سرما و گرما، ابعاد نامناسب و غیر استاندارد چادرها و کانکس‌های موجود ذکر کرد. اسکان‌های موقت شامل کانکس‌ها، قابلیت نصب سریع را ندارند و وزن زیادی به دلیل اسکلت‌های سازه‌ای خود دارند. علاوه بر این، اسکان‌های موقت به دلیل عدم وجود مکانیزم‌های نوین، در موقع انبارداری و حمل، مشکلاتی را ایجاد می‌کنند. در این راستا، سیستم‌های مختلف ساختمانی - که پتانسیل تأمین معیارهای کلی اسکان موقت شامل کیفیت محیطی و داخلی، امنیت، زیبایی، اجتماعی، فرهنگی، راندمان فضا با مفهوم حداقل پرتی فضا و قابلیت پارتیشن‌بندی و ارتقاء پایداری و قابلیت اجرایی را داشته باشند- تعیین شده است. سپس این سیستم‌های ساختمانی مورد ارزیابی قرار گرفته است که در نهایت بر این اساس، «سیستم سازه گابیون و پارچه» به عنوان سیستم برتر انتخاب و معرفی شده است (امیدوار، ۱۴۰۰).

اسکان پس از سانحه: با وقوع سوانح بزرگ و غیرمترقبه مانند زلزله که منجر به ویرانی خانه و به طور کلی محیط زندگی می‌شود، افراد از جنبه‌های مختلف دچار مشکل می‌گردند. این مشکل از طرفی شامل از دست دادن موارد کالبدی و خدماتی از جمله سرپناه، خدمات شهری، موارد بهداشتی، تغذیه‌ای و غیره، از سوی دیگر شامل عوامل عاطفی و روانی مانند از دست دادن عزیزان و بستگان می‌باشد. از دست دادن سرپناه، نخستین ضایعه کالبدی و روحی و روانی است که بروز پیدا می‌کند و بازماندگان را به سختی متأثر می‌سازد (حسینی، ۱۳۸۳). بنابراین شاید بتوان گفت که برطرف کردن و پاسخگویی به نیاز سرپناه در بین سانحه‌دیدگان، مهمترین و از جمله مشکل‌ترین اقدامات مقابله با بحران و مدیریت بعد از آن است، که به همین دلیل باید به عواملی مانند زمان، مکان وقوع و نوع و همچنین دیگر عوامل تأثیرگذار توجه ویژه‌ای داشت. تأمین

که انسان آسیب‌دیده و داغ‌دیده بدون سرپناه متعارف، در آستانه آسیب‌های جدی جسمی، روحی و روانی می‌باشد. در صورت عدم پیش‌بینی صحیح و به‌موقع در این زمینه، جامعه آسیب‌دیده شاهد عواقب منفی و غیر قابل جبران برای نسل‌های سانحه‌دیده فعلی و نسل‌های آتی خواهد بود (امیدوار، ۱۴۰۰). پرداختن به مشکلات اسکان‌های موجود و ارائه راه‌کار برای رسیدن به شرایط مطلوب در این زمینه امری بسیار مهم می‌باشد. بررسی تاریخچه و علوم مرتبط با پدیده و سوانح طبیعی و انسان‌ساخت نشان می‌دهد که معنای عمومی سرپناه و سکونت‌گاه موقت، فراتر از فقط محل زندگی می‌باشد و مفاهیمی از قبیل موضوعات معیشتی، آرامش خاطر، راحتی روانی و ... را در بر می‌گیرد. باید به این نکته کلیدی توجه داشت که افراد پس از سانحه بی‌خانمان و بی‌ساختمان می‌شوند و این به آن معنا است که خانوار در اثر وقوع یک سانحه، هستی و اندوخته مادی و معنوی سالیان خود را به یک‌باره نابود شده می‌بیند. بنابراین، سرپناه به عنوان فضایی برای ایجاد آرامش، امنیت، اطمینان خاطر و بازتوانی روحی و روانی فرد آسیب‌دیده باید مورد توجه جدی قرار گیرد. آثار نامطلوب بی‌خانمانی حاصل از سوانح غیر مترقبه، جستجوی شیوه‌های سریع و مناسب اسکان در شرایط اضطرار و موقت را به یکی از مهم‌ترین مراحل بازسازی مبدل نموده است. اسکان موقت دوره‌ای از زمان بازسازی تا استقرار دائم است، لیکن غفلت از کیفیت زندگی سانحه‌دیدگان می‌تواند عواقب گاه جبران‌ناپذیری بر آسیب‌دیدگان داشته باشد. توجه به کیفیت فضای کالبدی به عنوان بستر زندگی و ارتقاء کیفیت آن به‌ویژه برای آسیب‌دیدگان که گرفتار آلام و صدمات ناشی از سوانح می‌باشند، موضوعی است که باید جدی مورد توجه قرار گیرد (بذرافکن، ۱۳۹۲). مشاهدات و بررسی‌های انجام شده نشان داده است که اسکان‌های موقت پیشین به اندازه کافی پاسخگوی نیازهای بازماندگان سانحه نمی‌باشند و متناسب با فرهنگ و نیازهای آنها طراحی نشده‌اند. برای طراحی مسکن موقت، یکی از اولین گزینه‌ها بررسی معماری بومی و یا الگوهای محلی تأمین سرپناه توسط مردم آن منطقه است که می‌تواند راهنمای مناسبی برای طراحی اسکان موقت باشد. لیکن با توجه به اشکالاتی که از منظر سازه‌ای و پایداری لرزه‌ای به برخی از مساکن بومی وارد می‌شود، بایستی گزینه‌های بومی پایدارسازی و

بکوشد تا نیازهای مختلف جامعه آسیب دیده از جمله آزمون روانی، سلامت روحی و جسمی و امنیت معیشتی بازماندگان را برآورده سازد (فلاحی، ۱۳۸۶).

سرپناهی مناسب در مراحل مختلف بازتوانی جامعه آسیب دیده، به منظور تأمین حداقل امنیت و آسودگی در شرایط دشوار پس از سانحه، امری ضروری می باشد. بدین منظور، سکونت گاه موقت پس از سانحه به عنوان بخشی از فرآیند دوران سامان دهی می بایست



ناچیز نمی باشد و عمدتاً بار سنگینی را علاوه بر هزینه های بازسازی بر دولت تحمیل می کند. لذا برنامه های اسکان موقت، بیشتر در مواردی مطرح می شوند که محدوده بسیار وسیعی آسیب دیده باشد و دولت تشخیص می دهد که بازسازی واحدهای آسیب دیده به لحاظ مدیریت، امکانات، مصالح و غیره چند سال به طول خواهد انجامید (کانی، ۱۳۶۹).

با توجه به تعاریف، در واقع می توان مرحله برپایی سکونتگاه موقت را به مجموعه ای از فعالیت ها، اعم از جمع آوری و شناسایی افراد سانحه دیده و بی خانمان، نقل و انتقال افراد به سرپناه ها و ایجاد شرایط زندگی امن و بهداشتی تا زمان بازگشت آن ها به سرپناه های دائمی شان دانست. بنابراین مدت زمان اسکان موقت برحسب شرایط، نوع بحران و امکانات از ۶ ماه تا ۲ سال تخمین زده می شود (فلاحی، ۱۳۸۶).

بر اساس تجربیات بین المللی تاکنون بیش از ۲۰ الگو برای سیستم سرپناه موقت معرفی شده است. به عنوان هفت تیپ اولیه از این الگوها می توان به: سازه ابرخشت، سازه گنبدی، سازه مسطح، سازه بادی، سازه گابیون و پارچه ضد آب، سازه هشت ضلعی و همچنین سازه ترکیبی کانکس و چادر اشاره نمود.

**اسکان دائم (Permanent housing):** مرحله اسکان دائم را مرحله بازگشت به شرایط عادی پیش از وقوع سانحه می گویند که در آن با اتمام زمان بازسازی، ایجاد زیر ساخت ها و ساخت واحدهای ساختمانی پایدار و مقاوم، ترک سکونتگاه های موقت و اقامت در واحدهای مسکونی دائمی اتفاق می افتد (شریفی رسایی، ۱۳۹۲).

پیش ساخته سازی: پیش سازی ساختمان به معنی تولید محصولات ساختمان در کارخانه است که در آن اجزای ساختمانی، تحت شرایط تولید به بهترین صورت تولید می شوند. برتری اصلی

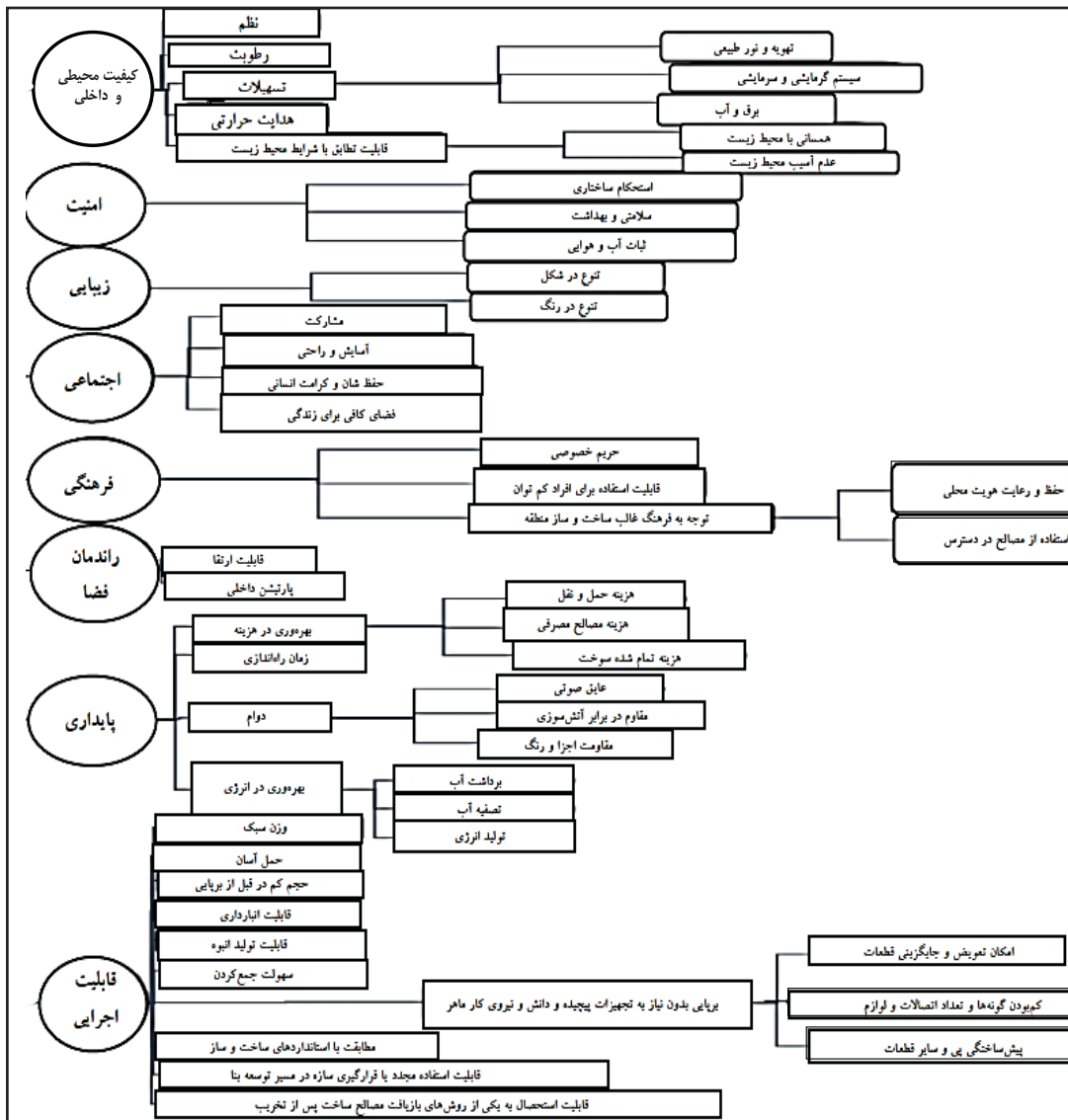
اسکان پس از سانحه به سه مرحله مختلف اسکان اضطراری، اسکان موقت و دائم تقسیم می شود:

**اسکان اضطراری (Emergency housing):** بعد از سانحه، در کوتاه ترین زمان ممکن به عنوان بخشی از مرحله امداد و نجات اضطراری بازماندگان جهت در امان ماندن از شرایط جوی و برآوردن امنیت، سرپناهی حداقل تحت عنوان اسکان اضطراری ایجاد می گردد. در برپایی این نوع از سرپناه عمدتاً از چادر استفاده می شود. لیکن از آنجا که این نوع از سرپناه به منظور محافظت اولیه از آسیب دیدگان در زمان بسیار کوتاه برپا می گردد و ناتوان از ارائه شرایط آسایش نسبی در زمان و محدوده ساماندهی پس از سانحه می باشد، می بایست به برپایی سرپناهی مناسب تر تا تأمین سرپناه دائم پرداخته شود. در هر حال نباید نقش سرپناه اضطراری در دوران بسیار کوتاه (یک هفته) پس از سانحه را نادیده انگاشت. در این راستا در نظر گرفتن چند مورد لازم به نظر می رسد:

الف- محافظت در مقابل سرما، باد، باران و گرما. ب- انبار کردن اثاث و حفظ آنچه از سانحه سالم مانده است. ج- ایجاد امنیت عاطفی و تأمین محیطی خصوصی د- اسکان افراد در محدوده ای که امکان دسترسی به محل کارشان برای آن ها وجود داشته باشد (شادی طلب، ۱۳۷۲).

**اسکان موقت (Temporary housing):** اسکان موقت در واقع به اسکان و سرپناه دادن خانواده های سانحه دیده در مدت زمان بین وقوع سانحه تا تأمین سرپناه دائم اطلاق می گردد. در ادبیات بازسازی و سوانح اسکان موقت، واحدهای مسکونی ارزان قیمتی معرفی می شود که با سرعتی بالا و قیمتی بسیار اندک و یا حتی رایگان تا فراهم شدن خانه های دائمی بازماندگان برپا می گردد. لیکن در واقع در بسیاری از موارد، هزینه های اسکان موقت چندان هم

ساختمان با اجزای پیش ساخته در مقایسه با روش ساختمانی سنتی، کیفیت بالاتر و پایداری بیشتر است. در این شرایط هم در زمان ساخت و هم در هزینه صرفه جویی می شود. پیش سازی در ساختگاه و کارخانه های تولید بسیار: کارخانه های تولید اجزای پیش ساخته به ندرت در جوار سایت پروژه یافت می شوند. بنابراین اغلب انتقال اجزا به محل نصب ضروری می باشد. در صورتیکه توان مالی و زمان اجازه دهد، تولید اجزای ساختمان در کارخانه های سیار میسر است که به طور موقت در نزدیکی محل ساختمان در مدت اجرا برپا می شوند (ایشتایب و همکاران، ۱۳۸۹).  
تعریف سازه های پیش ساخته: پیش ساخته، پیش مونتاژ، دستمزد، مصالح، زمان و پول به کار می رود.



شکل ۳. معیارهای کلی و زیرمعیارهای اصلی و فرعی اسکان موقت (امیدوار، ۱۴۰۰)



جدول ۱. معیارهای تعریف شده طراحی سرپناه موقت (<https://Sheltercluster.org>)

شاخص‌ها	معیارهای تعریف شده
اندازه	۱۸ مترمربع برای یک خانواده ۵ نفره (۳.۵ مترمربع برای هر نفر) طرح پلان ترجیحاً مربع یا مستطیل
دوره زمانی	۱۲ تا ۱۸ ماه
ساختمان	حداکثر ۱۰۰ خانوار در هر هکتار و امکان توسعه پذیری ساختمان باشد
طرح آماده سازی	پاک کردن محل از آوار و مصالح بجا مانده (ساختمان انتخابی باید تمیز بدون هیچ زباله و آوار باشد).
روند ساخت و ساز	برای تسریع روند پیش ساخته سازی توسعه می‌شود.
فونداسیون	استفاده از پایه به ارتفاع حداقل ۲۰ سانتی متر
ارتفاع کف	حتماً از سطح زمین حداقل ۱۰ سانتی متر فاصله داشته باشد.
سازه	استفاده از سازه‌های سبک، اطمینان از اینکه قاب (چوبی یا فلزی) می‌تواند بار را تحمل کند. همچنین به تخلیه آب از پشت بام توجه شود. اسکان موقت باید قابلیت جداسازی و استفاده مجدد را داشته باشد.
ارتفاع تا سقف	سقف مسطح: ارتفاع ۲/۷۵ متر سقف شیبدار: شیب سقف ۲۰٪ با حداقل ارتفاع ۲/۱ متر
موقعیت و دسترسی سرویس بهداشتی	طبق استاندارد اسفیر (Sphere Standards, ۲۰۱۸) سرویس‌های بهداشتی و حمام‌ها، می‌توانند در خارج از فضای اصلی زندگی و میان چند خانواده که با یکدیگر روابط خویشاوندی دارند، به صورت مشترک مورد استفاده قرار گیرند.

خارج از محله که به ساختمان منتقل می‌شود تا برای تشکیل یک ساختار کامل مونتاژ گردد.

۳. ساخت پیش ساخته هیبریدی (نیمه حجمی)<sup>۳</sup>: ترکیبی از هر دو پانل و مدولار. واحدهای مدولار فشرده (غلاف) برای خدمات بسیار زیاد و موارد دیگر استفاده می‌شود. جاهای قابل تکرار مانند آشپزخانه و حمام، با باقیمانده ساختمان و با استفاده از پانل‌ها یا مدول‌ها ساخته شده است.

مدولارسازی: هنگامی که یک ایده معماری یا یک طرح توسعه یافته به دفتر یک سازنده پیش ساخته می‌رسد، اولین فعالیت طراحی که رخ می‌دهد، مدولار کردن پلان‌های طبقات است. این موضوع برای یک پلان مستطیل شکل یا یک پلان مربع می‌تواند به سادگی تقسیم‌بندی اتفاق بیفتد. که اندازه‌ها نشانگر اجرای مدولار یا پانلی می‌باشد. با این حال، هر فعالیت مدولارسازی نیاز به در نظر گرفتن اولویت‌ها و تعداد پارامترهای کلیدی برای رسیدن به ابعاد مدولار یا پانل‌های قابل اجرا دارد. برخی از این پارامترهای کلیدی در زیر فهرست شده‌اند:

۱- محدودیت‌های معماری: مدیریت فضای معماری تعیین می‌کند که کجا قطعه‌های مدولار را می‌توان برای یک طرح مدولار یا فلت‌پک<sup>۴</sup> رسم کرد. به همین ترتیب، مکان‌ها و ابعاد اجزای معماری

این فرآیند می‌تواند اجزای سازه‌ای را با اندازه‌های استاندارد تولید نماید. اجزاء پیش ساخته عمدتاً از فولاد و چوب ساخته شده‌اند، لیکن برخی موارد خاص بتن، بتن مسلح، کامپوزیت‌های آلومینیومی و پلاستیک وجود دارد که این پیش ساخته‌ها عمدتاً برای سازه‌های سبک وزن ترجیح داده می‌گردد و استفاده می‌شود.

مزیت‌های سیستم‌های پیش ساخته: ۱- اجزاء سازه‌ها پیش ساخته هستند و نیازی به نصب داریست و ... نمی‌باشد. ۲- سازگاری در اجزا سازه. ۳- سرعت ساخت و ساز بالا. ۴- استفاده از افراد محلی در ساخت و ساز. ۵- سازگاری با محیط زیست. ۶- مقاومت و دوام بالا در برابر شرایط آب و هوایی. ۷- از نظر اقتصادی به صرفه‌تر است. ۸- قابلیت استفاده دوباره. ۹- استفاده از نیروی کمتر از اجزا. انواع سیستم‌های سازه‌ای پیش ساخته: با بهره‌گیری از ساختمان‌سازی پیش ساخته، ساختمان‌ها می‌توانند به وسیله عناصر خطی، صفحه‌ای و فضایی ساخته شوند. بنابراین انواع سیستم‌های سازه‌ای پیش ساخته در سطح جهان به شرح زیر است.

۱. ساخت و ساز مدولار (حجمی)<sup>۱</sup>: ساخت واحدهای کاملاً مستقل در مکانی خارج از ساختمان که باید به ساختمان منتقل شود تا برای تشکیل یک سازه کامل مونتاژ گردد.

۲. ساخت و ساز پانل<sup>۲</sup>: ساخت واحدهای صفحه تخت در مرکزی

3. Hybrid prefab construction  
4. Flat pack

1. Modular construction  
2. Panelized construction



**جدول ۲. شاخص و معیارهای طراحی سرپناه موقت (https://Sheltercluster.org)**

معیار	شاخص	اصول طراحی
اب و هوا	تهویه آسایش حرارتی سرمایش گرمایش تابش جهت قرارگیری در برابر باد غالب دوست‌دار محیط زیست	سرپناه باید دارای تهویه و عایق‌بندی مناسب برای کاهش دمای داخلی باشد. طراحی باید متناسب شرایط آب و هوا (زاویه قرارگیری در برابر تابش خورشید و جهت باد غالب) باشد. راه‌کارهایی برای بهبود (مثلاً گنجاندن بازشوهای بیشتر) توجه به ظرفیت تجهیزات سرمازا و گرمازا و وجود اجاق‌ها در داخل سرپناه ضروری است و باید متناسب با فضای آن در نظر گرفته شود. همچنین سیستم باید به گونه‌ای باشد که در برابر آتش سوزی مقاوم باشد.
اجتماعی / اقتصادی	راشه طراحی که موقع حمل و نقل کم جا باشد می‌تواند رفت و آمد اضافی کم کند. حمل آنها توسط انواع وسائل نقلیه باربری امکان پذیر باشد. استفاده از مصالح شناخته شده و تکنیک‌های نصب راحت و ساده می‌تواند باعث مشارکت بیشتر سازه دیدگان و افراد محلی شود که این سرعت ساخت را بالا می‌برد. سرپناه‌ها باید گزینه‌هایی را برای دسترسی راحت معلولین به آن فراهم کنند.	- مصالح به صورت محلی در دسترس باشد و ساخت آن با استفاده از تکنیک‌های آشنای محلی صورت گیرد. - گزینه‌هایی برای بهبود بیشتر. - دسترسی. - توسط نیروهایی با مهارت‌های فنی ساده و حتی افراد محل، قابل اجرا بوده و نصب آن با استفاده از کتاب راهنما قابل آموزش باشد. - مواد مصرفی باید به گونه‌ای باشد که اثر نامطلوبی بر اقتصاد محل نداشته باشد. - تمامی قطعات قابل جایگزینی باشد و بتوان آن‌ها را به راحتی انبار نمود.
فرهنگ	طراحی براساس فعالیت‌های خانگی. احترام و توجه به حریم خصوصی افراد.	- طراحی براساس فعالیت‌های افراد نیازمند شناخت فرهنگ آن منطقه می‌باشد. - توجه به حریم خصوصی. - ایجاد امنیت فکری و روانی برای ساکنان با نصب درب با قابلیت قفل شدن - که احساس امنیت و ایمن بودن را برای افراد و متعلقات آن‌ها تأمین می‌نماید- - امکان پذیر باشد.
مصالح	استفاده از مصالح باقیمانده از آوار امکان استفاده مجدد از مصالح. انتخاب مصالحی با کمترین آسیب به محیط زیست.	- استفاده از مصالح باقیمانده زمانی جایز است که مصالح در شرایط خوب و قابل استفاده باشند. - تا حد امکان همه اجزای تشکیل دهنده آن‌ها و یا بخشی از آن‌ها قابل استفاده مجدد باشد. - قابلیت تعویض و جایگزینی و انبار مصالح وجود داشته باشد. - سیستمی مدولار باشد که از قابلیت تکرار و گسترش در جهات مختلف و تنوع‌پذیری در طرح‌ها برخوردار باشد.
موقعیت مناسب	موقعیت. مالکیت زمین.	- نزدیک به خانه‌های سازه دیدگان. - مالکیت آن معلوم باشد.
کاهش خطر	طوفان (مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، ۱۳۹۲) زلزله (استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش چهارم، ۱۳۹۳) باران و سیل (مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، ۱۳۹۲)	- باید در برابر زلزله، سیل، طوفان و ... به ترتیب مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران و مبحث ششم مقررات ملی ساختمان مقاومت داشته باشد. زهکشی اطراف سرپناه مورد بررسی قرار گرفته شود. - توجه به مهار و انتقال آب باران.

مانند پنجره‌ها، بازشوها، نماها و ... تعیین می‌کنند که کجا مرزهای پانل می‌تواند قرار گیرد.

۲- محدودیت‌های حمل و نقل: توانایی کامیون‌های خاص دسترسی سازنده پیش‌ساخته به حداکثر طول یک مدول یا پانل را تعیین می‌کند. در حالی که به عنوان نمونه در استرالیا حداکثر طول مجاز برای حمل و نقل ۳۰ متر است اکثر کامیون‌ها می‌توانند مدول‌ها و پانل‌ها را تا طول حدود ۱۶ متر حمل کنند. عرض خطوط شبکه

راه حداکثر عرض برای حمل و نقل را مشخص می‌کند که البته نگرانی زیادی برای حمل پانل‌ها نمی‌باشد، زیرا آن‌ها به طور معمول به صورت عمودی حمل می‌شوند. مسائلی مانند شرایط جاده‌های دسترسی، موانع نزدیک و سایر مقررات و محدودیت‌های اجرایی (به عنوان نمونه، سازه‌های میراث فرهنگی که قابل تخریب نیستند) می‌توانند در ابعاد واحدهای پیش‌ساخته شرایطی برقرار کنند که به طور مشابه، اگر قرار است واحدهای پیش‌ساخته با کشتی ارسال

همکاری معماران و مهندسين تاسیسات و سازه بررسی گردد.



شکل ۴. سرپناه بین المللی روستایی (https://Inhabitat.com)

پارامترهای فوق الذکر در یک فعالیت مدولار سازی بر تصمیم نهایی که به این پارامترها بستگی دارند تأثیر کلیدی می گذارند. هزینه و اقلام لجستیکی مانند نیروی کار و الزامات تجهیزات مربوط به فرآیند تولید، بلند کردن و جابجایی، حمل و نقل و هر بخش دیگری از پروژه به نتایج فعالیت مدولار سازی بستگی دارد (Jayasinghe et al, ۲۰۲۱).

#### نمونه هایی از سرپناه های پیش ساخته

سرپناه روستایی بین المللی: این سرپناه ها به صورت مسطح بسته بندی شده اند و قیمت هر کدام فقط حدود سیصد دلار است. آن ها از کاغذ مقاومی ساخته شده اند که مقاومت کافی در برابر آب و حتی آتش را دارند. برابر دستورالعمل در حدود ۱۵ دقیقه می توان آن ها را به هم متصل کرد. مزیت بزرگ دیگر استفاده از سرپناه های دهکده جهانی این است که می توان از آن ها مجدداً استفاده کرد. سرپناه، عمری حدود ۱۲ ماه دارد، لیکن اگر شش ماه به آن نیاز وجود داشت، می توان دوباره آن را جمع کرد و در جای دیگری مستقر نمود. از مزایای بالا بودن سرعت نصب بدون نیاز به افراد متخصص، قابلیت بازیافت می باشد و به دلیل بسته بندی تخت آن می توان تعداد زیادی را به محل سانحه فرستاد. مشکل اساسی این سیستم، عمر بسیار کوتاه آن می باشد و در بازسازی دائم کاربرد ندارد (Fehrenbacher, ۲۰۰۶).

شوند، علاوه بر محدودیت های حجمی و وزنی، محدودیت های کشتی نیز اعمال شود. محدودیت های حمل و نقل برای کشورها یا مناطق مختلف نیز باید در نظر گرفته شود.

۳- محدودیت بلند کردن و جابجایی قطعات: واحدهای پیش ساخته باید به ابعاد و وزن هایی طراحی شوند که بلند کردن و یا جابجایی تنها چه در کارخانه چه در ساختگاه مورد نظر راحت باشد. همچنین مشخص شود که زوایای بلند کردن و فواصل، وزن هر مدول و پانل باید چقدر محدود باشد.

۴- نصب در محل: توالی نصب و مکان ها و دسترسی به اتصالات سازه پارامترهای مهمی هستند که باید در هنگام تقسیم بندی ساختار به مدول یا پانل در نظر گرفته شوند. یکی از اهداف اصلی سازه پیش ساخته این است که نیاز به نیروی ماهر در محل مانند جوشکار، کاهش یابد. اتصالات نیز باید به طور ایمن و راحت در دسترس باشد.

۵- فرایند تولید: فعالیت مدولار سازی باید ابعاد بخش های فعالیتی مختلف کارخانه تولیدی و توالی آن را در نظر بگیرد. قطعات واحدهای پیش ساخته باید از یک بخش به بخش دیگر در اطراف کارخانه بدون نیاز به آسیب زدن و یا تخریب هیچ یک از آن ها و بدون مانع، عملکرد عادی حرکت خود را در کارخانه داشته باشند.

۶- مکان های اولیه از ستون ها و اتصالات سازه ای: ایده اولیه طراحی سازه ای مورد نیاز باید در طول مدولار سازی در نظر گرفته شود. موقعیت ستون ها و اتصالات سازه ای آن ها یک جنبه حیاتی و از معیارهای اصلی مدولساز می باشد. بر خلاف طراحی سازه ای سنتی، مکان ستون های سازه ای نه تنها به ساختار نهایی مربوط می شوند، بلکه به یکپارچگی ساختاری یک واحد پیش ساخته معین در طول مراحل حمل و نقل، بلند کردن و جابجایی آن - به دلیل این که اتصال دهنده های بالابر باید به طور ایده آل بر روی ستون های سازه قرار گیرند- مربوط می شوند.

۷- مکان ها و ابعاد اولیه فضاهای خدماتی: ایده اولیه از فضاهای مورد نیاز برای خدمات برقی و لوله کشی مانند داکت ها، سقف ها و مکان های خیس توالی و آشپزخانه باید در مرحله مدولار سازی مشخص شود. ضروری است تقسیم مدول ها و پانل ها بر این اساس انجام شود و هرگونه تغییرات لازم می باید از طریق یک پلتفرم با



و راحت را فراهم کنند. کانکس می‌تواند ده‌ها سال دوام بیاورد، دوستدار محیط زیست است و مونتاژ آن آسان و سریع می‌باشد، امکان تفکیک فضا وجود دارد. هنگامی که سانه‌دیدگان به آن نیاز نداشته باشند، می‌توان از مصالح کانتینرها برای ساختمان‌های دیگر پروژه‌ها استفاده کرد. متریال کانتینر برای اردوگاه پناهندگان از قبل در کارخانه می‌تواند تولید شود، تمام اجزای آن به‌صورت استاندارد طراحی می‌شود تا بتواند در مدت زمان کوتاهی تولید بیشتری داشته باشد. بنابراین زمان تحویل بسیار کوتاهی خواهد داشت. علاوه بر این، مراحل اجرایی کمتری در ساختگاه انجام خواهد شد و افراد می‌توانند خانه کانتینر را به سرعت بر اساس راهنمای ارائه شده، نصب و جمع‌آوری کنند. سازه و مواد فلزی قابلیت بازیافت و استفاده مجدد را دارند، لیکن فوم موجود در ساندویچ پانل دیوارها به سختی قابل بازیافت است که باید با استفاده از کاتالیزور به محصولی مشابه تبدیل شود. حمل آن به دلیل حجم زیاد سخت می‌باشد.

**سرپناه قابل مونتاژ ایکیا (IKEA):** یک سرپناه ابتکاری است که در نتیجه تحقیق و توسعه در قالب پروژه‌ای توسط سرپناه بهتر سوئد و آژانس بین‌المللی پناهندگان<sup>۱</sup> با حمایت بنیاد ایکیا انجام شده است. این سرپناه از چندین عنصر اساسی، از جمله یک قاب فولادی سبک وزن، یک سیستم نوآورانه جهت نصب و محکم شدن آسان و سریع به زمین، پانل‌های سقف و دیوار، در و پنجره‌ها، پوشش کف و سیستم انرژی خورشیدی (لامپ و شارژر تلفن) تشکیل شده است. طول عمر این سرپناه تقریباً سه سال تخمین زده شده است. برای نصب، نیاز به ۴ نفر است و در مدت زمان ۵-۶ ساعت قابل برپایی می‌باشد. این سرپناه، مدولار و مناسب برای تمام اقلیم‌ها است. برای سیستم روشنایی و برق نیز در این سیستم از پانل‌های خورشیدی استفاده شده است. قاب فلزی و دیوارها قابلیت بازیافت دارند. از معایب این طرح می‌توان به عدم وجود پایه یا سکو برای مقاومت در برابر سیل و فاقد امکان اضافه کردن حریم‌های شخصی در فضای داخل اشاره کرد. البته پایه با ارتفاع حداقل ۳۰ سانت که سرپناه بر روی آن قرار گیرد، یکی از معیارهای اصلی طراحی سرپناه موقت می‌باشد.

**سیستم ابرخشت:** ابرخشت از خاک و مواد آلی ساخته شده است و با کمک آهک تقویت می‌شود و سپس در کیسه‌هایی از جنس پلی پروپیلن بسته‌بندی می‌شود. این کیسه‌ها روی یکدیگر سوار می‌شوند و در میان لایه‌های سنگین سیم‌خاردار قرار می‌گیرند. با این کار، کیسه‌ها در محل خود تثبیت شده و دیوارهایی مستحکم را تشکیل می‌دهند. این سازه‌ها در عین ارزانی در برابر سوانح طبیعی از خود مقاومت خوبی نشان داده‌اند. مصالح این سازه می‌تواند گرما را طی روز جذب کرده و آن را در طول شب آزاد کند. طی شب نیز این روند معکوس خواهد شد؛ یعنی سرمای هوای شب در خشت‌ها جذب می‌شود و در نتیجه، طی روز می‌توان هوایی خنک و مطبوع را تجربه کرد. با این حال، مشکل بزرگ آن، بسیار زمانبر بودن اجرا می‌باشد. از معایب دیگر آن می‌توان به نداشتن پی مستحکم، عدم امکان طبقات بیشتر و عدم مقاومت در برابر سیل اشاره کرد. این سیستم بیشتر برای مناطق کویری و نیمه‌کویری مناسب می‌باشد و برای همه مناطق قابل استفاده نیست.



شکل ۵. سیستم ابرخشت (www.Freeformland.com)

**کانکس و کانتینر:** از متداول‌ترین اسکان‌های موقت می‌باشد. ساسی فولادی در کنار دیوارهای ساندویچ پانلی به دلیل مقاومت نسبتاً مناسب در برابر نیروهای جانبی و مخاطرات جوی و هزینه مناسب، از دلایل استقبال خوب از این نوع سازه‌ها می‌باشد. به طور معمول قابل قبول‌تر از طرح‌های دیگر برای سانه‌دیدگان می‌باشد. کانتینرها با سازه فولادی در اردوگاه‌ها می‌توانند محیطی بادوام



شکل ۸. سرپناه‌های شش ضلعی (McKnight, ۲۰۱۶)



شکل ۶. کانکس (https://Conexonline.com/product)



شکل ۷. نمایی از سرپناه ایکیا (https://Regenerativedesign.world)

طراحی اسکان مدولار و جزئیات آن ضوابط کالبدی و معیارهای طراحی: در طرح پیشنهادی ضوابط تعریف شده در استانداردهای بین‌المللی شامل موارد زیر رعایت شده است.

در اقلیم گرم حداقل فضا برای یک نفر  $3/5$  مترمربع و برای اقلیم سرد بین  $4/5$  تا  $5/5$  مترمربع می‌باشد که با توجه به اقلیم غالب مناطق ایران در طرح پیشنهادی به‌طور میانگین فضا برای یک نفر  $4/5$  متر در نظر گرفته شده است (UNHCR, ۲۰۱۵).

حداقل یک سرویس بهداشتی برای حداکثر ۲۰ نفر باید در نظر گرفته شود. در این طرح حداکثر برای ۶ خانواده با جمعیت ۲۰ نفر دو سرویس بهداشتی و حمام در نظر گرفته شده است (Sphere Standards, ۲۰۱۸).

حداقل ارتفاع قابل قبول  $1/80$  متر می‌باشد (ShelterCenter,

۲۰۰۹) که در طرح پیشنهادی  $2/4$  متر در نظر گرفته شده است.

حداقل یک آشپزخانه برای حداکثر ۴ خانواده باید در نظر گرفته شود (ShelterCenter, ۲۰۰۹) که در این تحقیق ۳ خانواده

در نظر گرفته شده است و با توجه به قابلیت این سرپناه و نیاز سانه‌دیدگان در مناطق شهری یا روستایی می‌توان چیدمان آن را تغییر داد و از فضاهای آن، کم و یا به آن اضافه نمود. البته مدیریت بحران در صورت امکان می‌تواند خانواده‌هایی که با یکدیگر روابط خویشاوندی دارند را در مجموعه‌ای با یک آشپزخانه اسکان دهد.

با توجه به پانلهای استفاده شده در طرح با ابعاد  $2 \times 1/4$  مترمربع که بازشوها در کارخانه بر روی آن نصب می‌شود، امکان جابجایی هر یک از پانل‌ها وجود دارد که بنابر نیاز سانه‌دیدگان بحث محرمیت قابل کنترل می‌باشد.

با توجه به ابعاد  $3 \times 3$  مترمربع هسته اولیه مدولار طرح و همچنین

خانه شش ضلعی: گروهی از معماران امریکایی به نام AFS ساختمانی برای سرپناه موقت سانه دیدگان طراحی کردند. نمونه اولیه خانه بر اساس تکنولوژی پانل فلزی عایق شکل با پایه‌های فولادی گرفته است. سرپناه شش‌گوش با تفکیک به پنج فضا و آشپزخانه در آن با در نظر گرفتن تهویه، مدولار بودن، کم‌هزینه بودن، پایدار بودن، عمر بلند و با دوام بودن در نظر گرفته شده است. حمل آسان به دلیل بسته‌بندی و پیش‌ساختگی همه قطعات می‌باشد که توسط کاربران نهایی در زمان کم مونتاژ می‌شود. اجزای اصلی ساختمان از جمله لوله فولادی گالوانیزه برای پایه، پانل فلزی عایق سازه‌ای برای دیوارها، کف و سقف می‌توانند با پرداخت هزینه بیشتر سفارشی‌سازی شوند. ورق‌های فولادی قابلیت بازیافت دارند. پانل خورشیدی برای برق و روشنایی، مخزن ذخیره آب باران و همچنین قابلیت تصفیه آب، کف چوبی و مصالح دیوارها نیز قابلیت بازگشت به محیط زیست را دارند.



وجود یک پنجره و یک درب ورودی بر اساس ضوابط موجود در «Sheltercluster.org» تهویه این فضا به خوبی انجام می‌شود. دیوارها کف و سقف: مهمترین دلیل استفاده از ساندویچ پانل در طرح، علاوه بر عمر بالا، در دسترس بودن این مصالح است که امروزه بسیاری از کارخانه‌ها در ایران مانند کبیر پانل و ماموت به تولید ساندویچ پانل مشغول می‌باشند و مشکل در دسترس بودن مصالح برای ساخت سرپناه وجود نخواهد داشت، از این رو برای استفاده در دیوار، کف و سقف سرپناه گزینه مناسبی است. مصالح دیوارها از ساندویچ پانل با فوم پلی‌یورتان با پوشش ورق الوزینک می‌باشد که برای دیوارهای خارجی با توجه به بررسی‌های انجام شده ضخامت ۸۰ میلیمتر (که با توجه به اقلیم غالب، در بیشتر نقاط ایران پاسخگو می‌باشد) و برای دیوارهای داخلی ضخامت ۴۰ میلیمتر در نظر گرفته شده است. پانل‌های دیوار قابلیت اتصال به یکدیگر و همچنین به تیرها و ستون‌ها به صورت کشویی را دارا می‌باشند. برای اینکه بتوان ساندویچ پانل‌های دیوار و کف را به تیرهای کف و سقف اتصال داد، در اطراف هر یک از این ساندویچ پانل‌ها پروفیل‌های گالوانیزه‌ای طراحی شده است که در کارخانه به پانل‌ها متصل می‌شود. همچنین یک لایه پی وی سی به ضخامت یک میلی‌متر بر روی پروفیل‌ها قرار داده شده است تا از انتقال رطوبت و حرارت از بین پانل‌ها جلوگیری شود. به دلیل اینکه پلی‌یورتان، عایق بسیار خوبی در برابر رطوبت و حرارت است - که استفاده از آن در کف نیز می‌تواند کمک قابل توجهی نماید - برای کف نیز عایق پلی‌یورتان با پوشش نئوپان و روکش پی‌وی‌سی در نظر گرفته شده است.

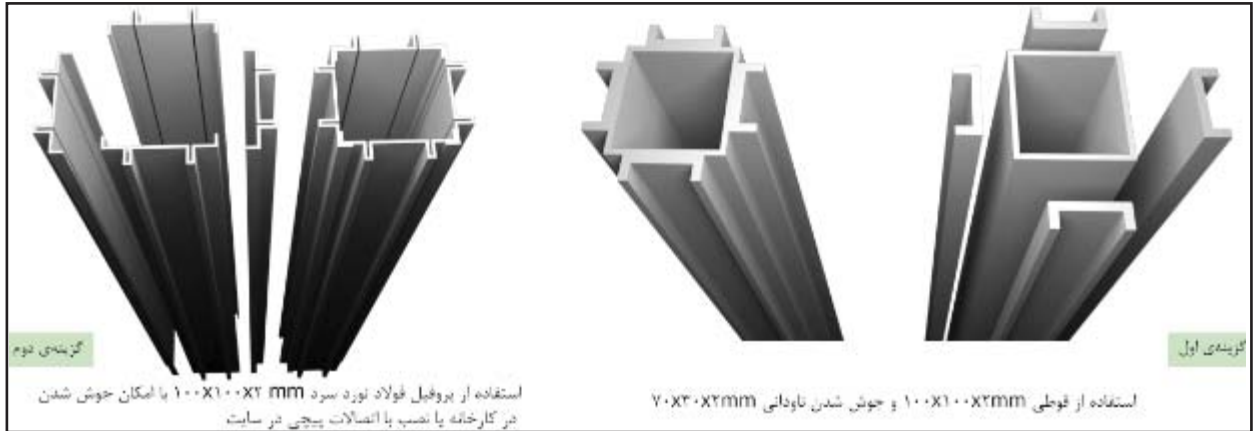
### جدول ۳. معیارهای در نظر گرفته شده در طرح پیشنهادی

قابلیت توسعه	قابلیت تعمیر و توسعه را در آینده داشته باشد (Hakan, ۲۰۰۷).
قابلیت جابجایی	در صورت لزوم بتوان سرپناه‌ها را به محل‌های دیگر جابجا کرد (Hakan, ۲۰۰۷).
قابلیت استفاده مجدد	توان از اسکان‌های موقت به عنوان عملکردهای دیگر استفاده کرد (Hakan, ۲۰۰۷).
قابلیت فروش مجدد	پس از اتمام دوره بهره‌برداری بتوان اجزا را جدا نمود و آن را به مردم کم بضاعت با تخفیف واگذار کرد یا به کشورهای دیگر فروخت (Hakan, ۲۰۰۷).
قابلیت بازیافت	قابلیت جداسازی اجزا وجود داشته باشد تا بتواند مجدد با کاربری دیگر مورد استفاده قرار گیرد که به این صورت در چرخه ساخت باقی می‌ماند (Hakan, ۲۰۰۷).
استفاده از نیروهای محلی در ساخت	بصورت ساده قابل نصب باشد تا با دستورالعمل و نقشه ساده حتی افراد محلی بتوانند آن را بسازند که این امر به‌طور غیرمستقیم نیز به بازتوانی روحی سانحه‌دیدگان کمک شایان می‌کند.
حمل آسان	کم بودن وزن و حجم تا با بسته بندی‌های کم حجم بتوان تعداد بیشتری از این واحدها را با وسایل نقلیه باربری به مکان منتقل کرد.
ساخت آسان	سریع الاحداث باشد و با مصالح داخلی بتوان آن را ساخت.
مقاوم در برابر تغییرات جوی	در برابر آتش سوزی و ... مقاوم باشد.
تهویه	امکان نصب سیستم سرمایشی و گرمایشی همچنین استفاده از بازشو
نور و برق	استفاده از پانل‌های خورشیدی یا ژنراتور سیار (McKnight, ۲۰۱۶)
مدولار	امکان گسترش واحدها برای خانواده‌های بزرگتر

اتصالات: در نظر داشتن چند نکته در طراحی اتصالات ضروری است: طراحی اتصالات باید قابل فهم برای افراد باشد تا در زمان کم و بدون ابزار خاصی نصب شود. تا حد امکان از اتصالات پیچیده باید پرهیز شود. تنوع اجزا کم باشد تا از سردرگمی افراد کاسته شود و سرعت نصب بالا رود. اتصالات باید به گونه‌ای باشد که بتوان آن را در آینده، گسترش داد و یا جمع کرد.

در طراحی اتصالات طرح پیشنهادی سعی شده است که نیاز به پیچ و مهره به حداقل برسد و بیشتر اتصالات به صورت کشویی باشد. برای اتصال پایه‌ها، ستون‌ها و تیرها و با در نظر گرفتن سکونت‌گاهی مدولار که بتوان آن را بر اساس نیازهای خانواده‌ها گسترش داد، از قطعه‌های اتصال دهنده شامل سه تیپ دو طرفه، سه طرفه و چهارطرفه (از فولاد گالوانیزه نورد سرد) استفاده شده است.

اتصالات: در نظر داشتن چند نکته در طراحی اتصالات ضروری است: طراحی اتصالات باید قابل فهم برای افراد باشد تا در زمان کم و بدون ابزار خاصی نصب شود. تا حد امکان از اتصالات پیچیده باید پرهیز شود. تنوع اجزا کم باشد تا از سردرگمی افراد کاسته شود و سرعت نصب بالا رود. اتصالات باید به گونه‌ای باشد که بتوان آن را در آینده، گسترش داد و یا جمع کرد.



شکل ۹. جزئیات طرح پیشنهادی تیر و ستون با مقاطع سر نورد شده (نگارنده)

به ضخامت دو میلی‌متر جوابگوی طرح خواهد بود. انتخاب مقطع گزینه دوم هم، به دلیل هزینه و هم امکان راحتی در حمل و نقل و هم امکان مونتاژ آسان حتی توسط افراد بدون مهارت خاص در این زمینه منطقی تر می‌باشد. البته برای ساخت پروفیل‌هایی با این فرم هندسی نیاز به ساخت قالب متناسب با این فرم و شکل برای نورد سرد می‌باشد که با توجه به اهمیت موضوع و تیراژ بالای پروفیل‌های مورد نظر برای ساخت سازه‌های اسکان موقت قابل استفاده در ۶۰ درصد مناطق کشور و احتمال بسیار وقوع سوانح و موارد استفاده فراوان در کشور، ساخت این نوع قالب، توجیه پذیر می‌باشد. ابعاد مقطع قوطی اتصالات،  $2 \times 90 \times 90$  mm و مقطع قوطی تیر و ستون‌ها  $2 \times 100 \times 100$  mm در نظر گرفته شده است.

ستون‌ها و تیرها از مقاطع فولادی گالوانیزه نورد سرد می‌باشد و با توجه به نری و مادگی ساندویچ پانل‌ها طراحی شده است که به صورت کارخانه‌ای ساخته می‌شوند و امکان اتصال کشویی به اتصالات و همچنین پانل‌های دیوار و کف بدون نیاز به ابزار خاصی را دارند. اتصال پانل‌های دیواری نیز به صورت کشویی می‌باشد. در اطراف ساندویچ پانل‌های کف و دیوار، پروفیل‌های گالوانیزه استفاده شده است که در کارخانه به پانل‌ها متصل می‌شود و امکان اتصال به تیر کف و سقف را فراهم می‌کند. همچنین یک لایه پی‌وی‌سی به ضخامت یک میلی‌متر برای جلوگیری از انتقال حرارت و رطوبت از بین پانل‌ها بر روی پروفیل‌ها قرار داده شده است.

با توجه به استعلام‌هایی که از شرکت‌های سازنده کانکس شده است، همچنین بررسی‌های سازه‌ای انجام شده، استفاده از پروفیل

### فرم کلی طرح پیشنهادی



شکل ۱۰. پرسپکتیوی از یک واحد هسته اولیه مدولار طرح پیشنهاد شده سرپناه موقت (نگارنده)





شکل ۱۱. پرسپکتیوی از یکی از الگوهای پیشنهاد شده برای سرپناه موقت (نگارنده)



اتصال تیر به اتصالات و اتصالات به پایه (۱)



اتصال ستون به پایه (۲)



قرارگیری پانل‌های کف بر روی تیر (۳)



قرارگیری پانل‌های دیوار بعد از نصب پانل‌های داخلی (۴)



قرارگیری پانل‌های سقف بر روی تیرهای شیب‌دار و نصب فلاشینگ لبه و وسط (۵)



اضافه کردن چادر (۶)

شکل ۱۲. مراحل شش‌گانه اجرای طرح پیشنهادی سرپناه موقت (نگارنده)

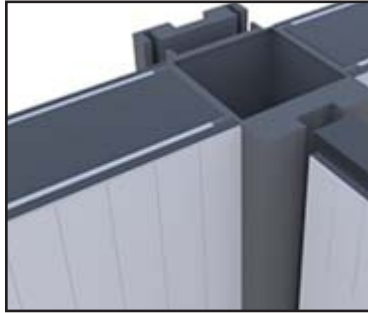


نصب عایق‌های نواری بر روی ستون میانی با اتصالات پرچی

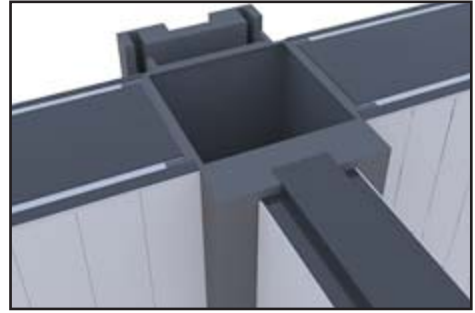


نصب عایق‌های نواری بر روی ستون کناری با اتصالات پرچی

شکل ۱۳. جزئیاتی از طرح پیشنهادی سرپناه موقت (نگارنده)



نحوه اتصال پانل‌های داخلی به ستون



نحوه اتصال پانل‌های داخلی به ستون

ادامه شکل ۱۳. جزئیاتی از طرح پیشنهادی سرپناه موقت (نگارنده)



شکل ۱۴. پلان پیشنهادی برای دو خانواده ۴ نفره با آشپزخانه مشترک به مساحت ۴۵ متر مربع (نگارنده)



شکل ۱۵. پلان پیشنهادی برای دو خانواده ۴ نفره با نشیمن جدا و آشپزخانه مشترک مساحت ۶۳ متر مربع (نگارنده)



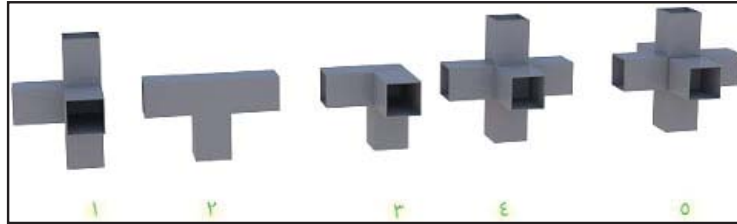


شکل ۱۶. پلان پیشنهادی برای دو خانواده ۴ نفره و دو خانواده ۲ نفره با آشپزخانه مشترک به مساحت ۶۳ متر مربع (نگارنده)

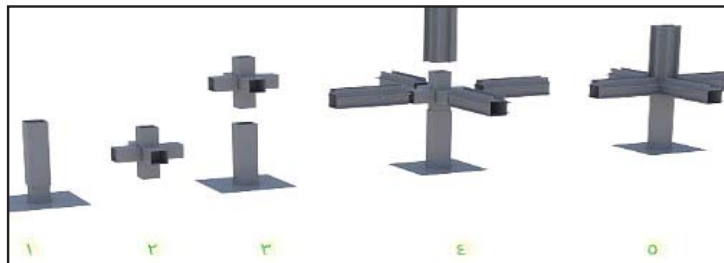


شکل ۱۷. پلان پیشنهادی برای دو خانواده ۴ نفره و یک خانواده ۲ نفره با آشپزخانه مشترک مساحت ۵۴ مترمربع (نگارنده)

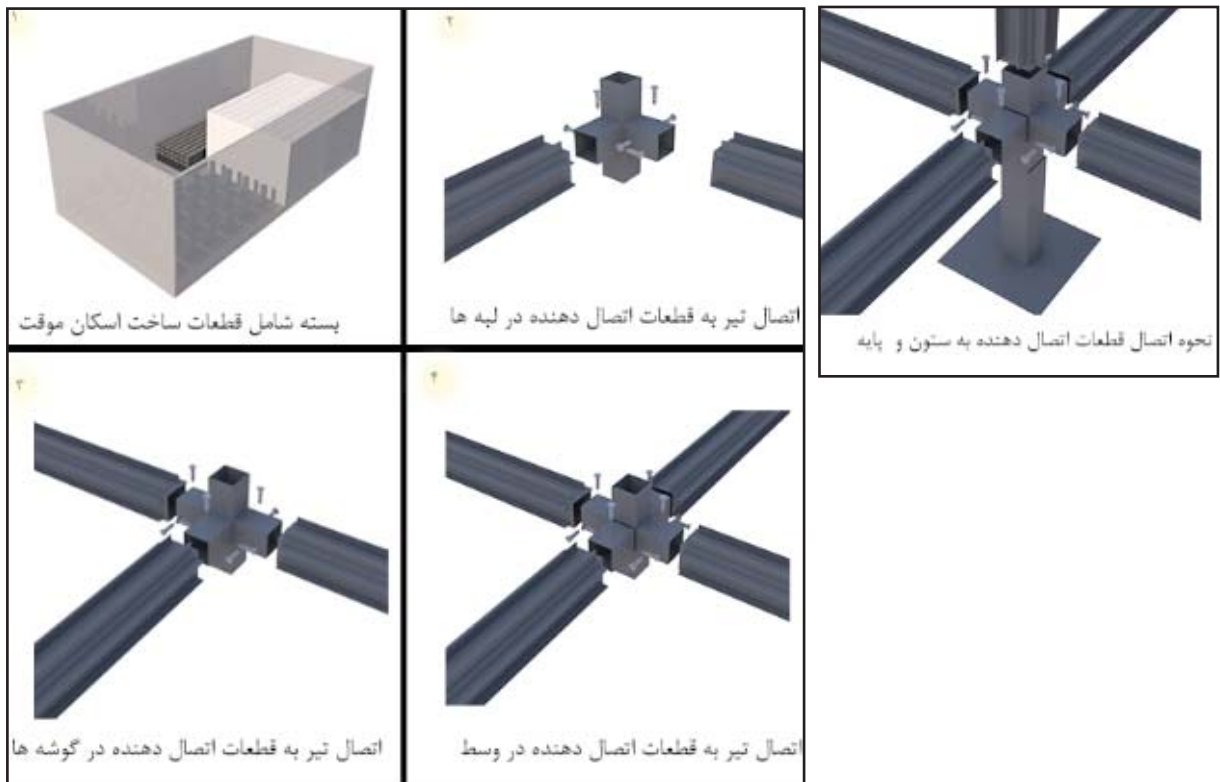
فرم‌های طراحی شده اتصالات (دو طرفه، سه طرفه، چهار طرفه):



شکل ۱۸. انواع اتصالات مورد استفاده در طرح پیشنهادی (نگارنده)



شکل ۱۹. اتصال تیرها، ستون‌ها و پایه‌ها به یکدیگر (نگارنده)



بسته شامل قطعات ساخت اسکان موقت

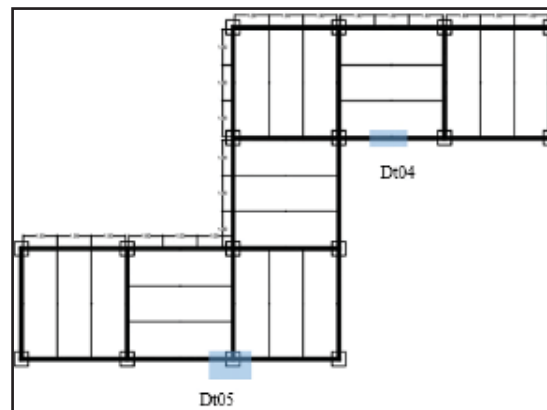
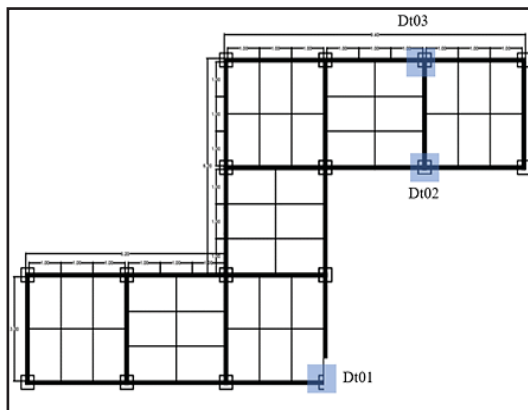
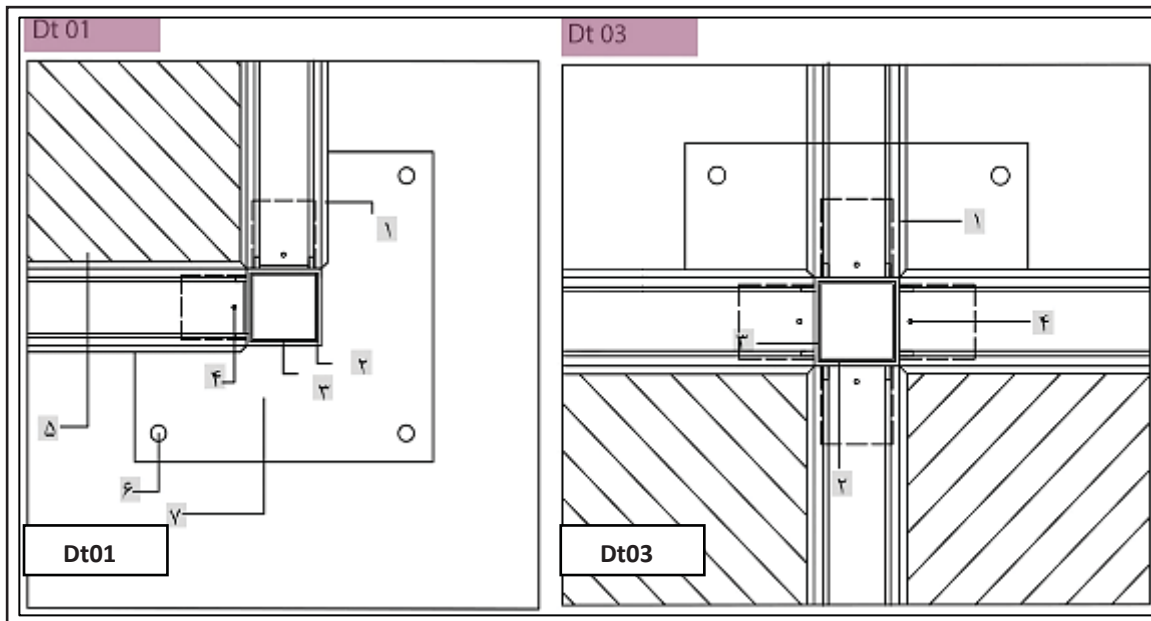
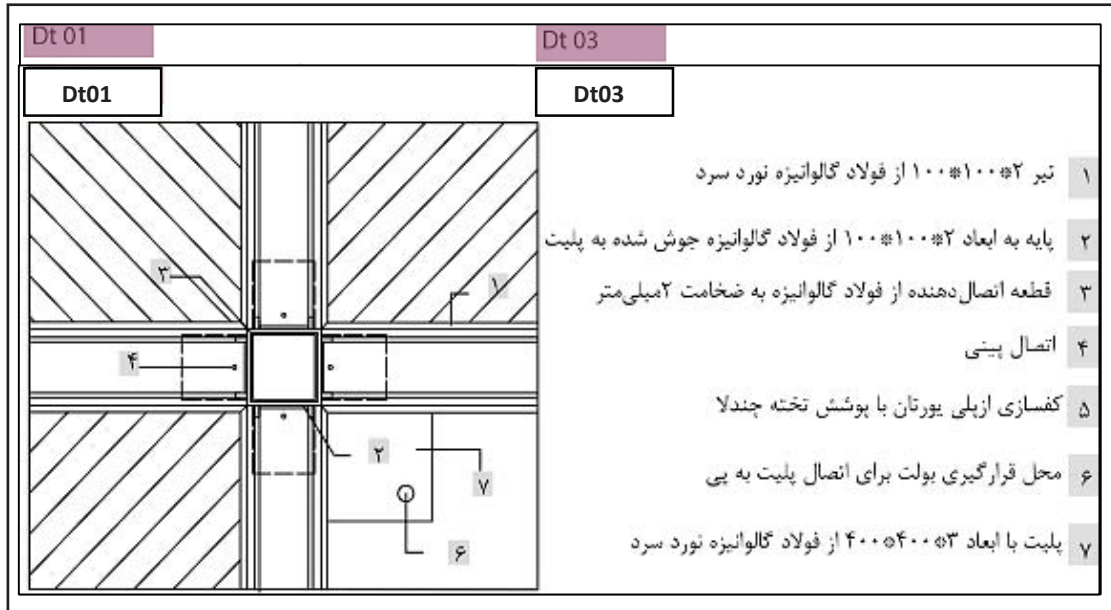
اتصال تیر به قطعات اتصال دهنده در لبه‌ها

نحوه اتصال قطعات اتصال دهنده به ستون و پایه

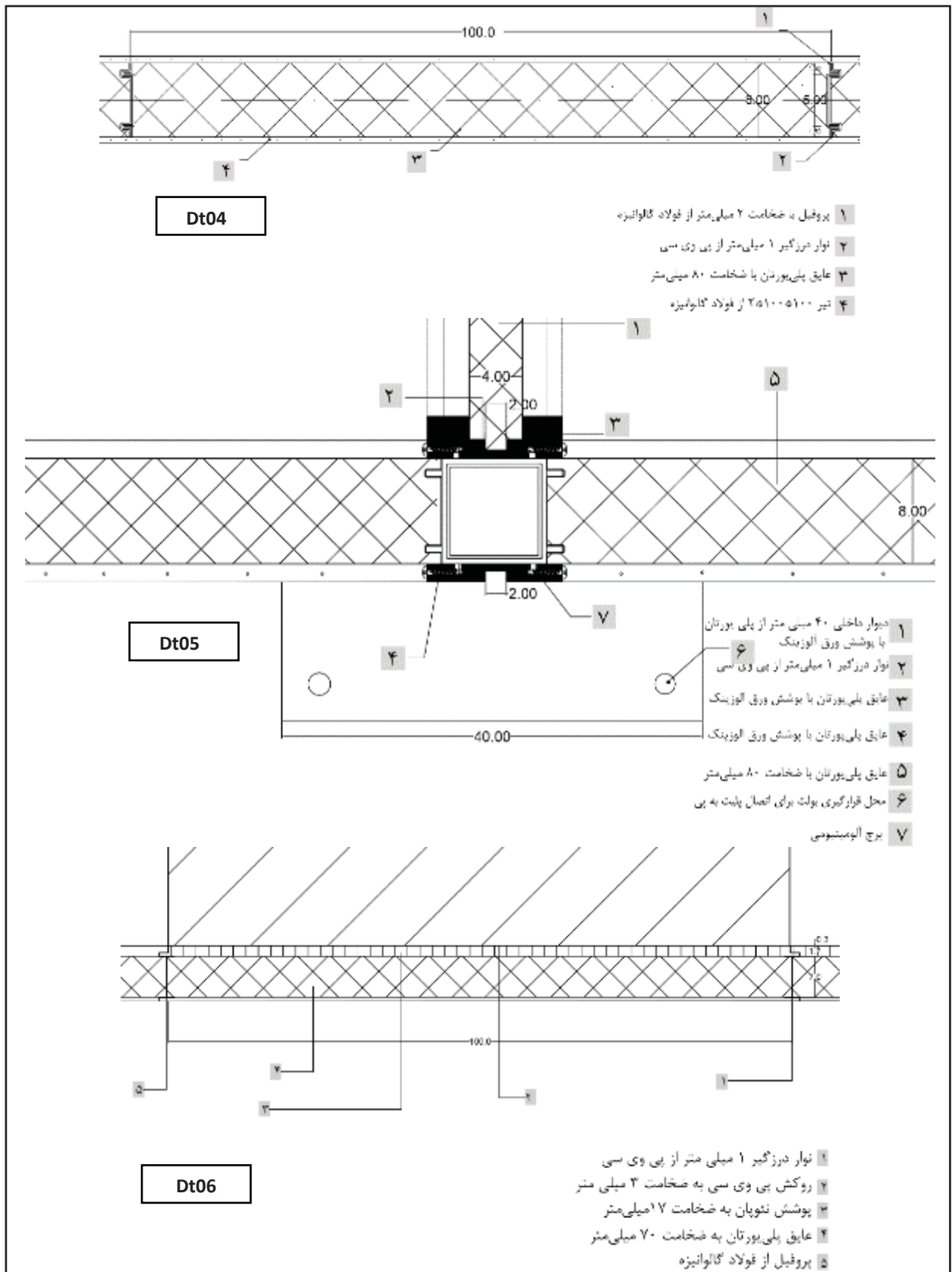
اتصال تیر به قطعات اتصال دهنده در گوشه‌ها

اتصال تیر به قطعات اتصال دهنده در وسط

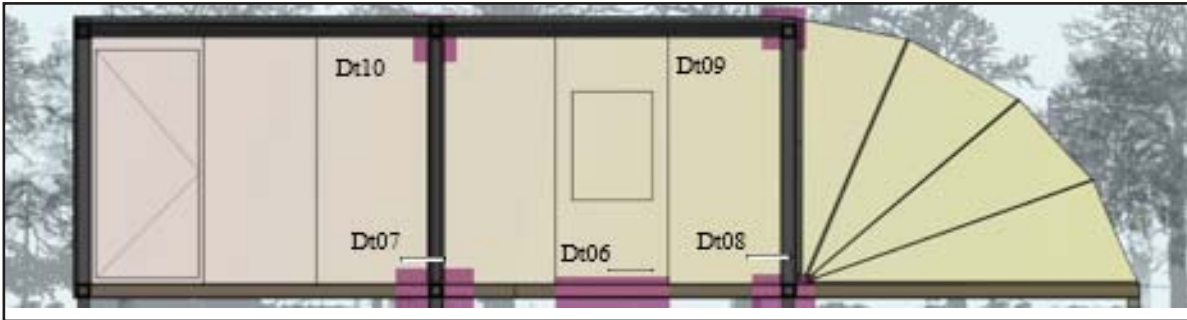
شکل ۲۰. شیوه اجرای اتصالات در طرح پیشنهادی (نگارنده)



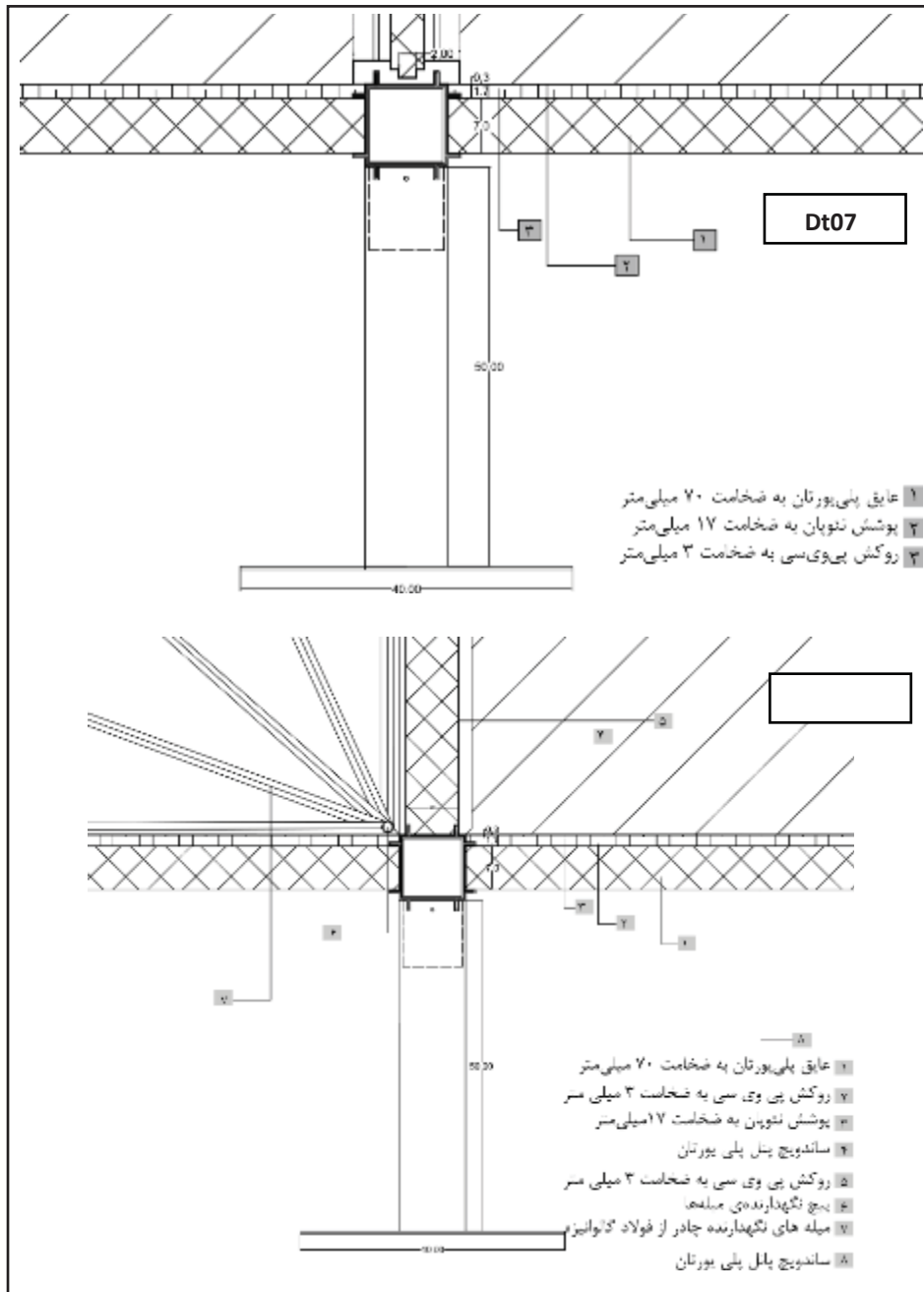
شکل ۲۱. پلان و جزئیات شماره ۱ الی ۳ (کفسازی طرح پیشنهادی سرپناه موقت)



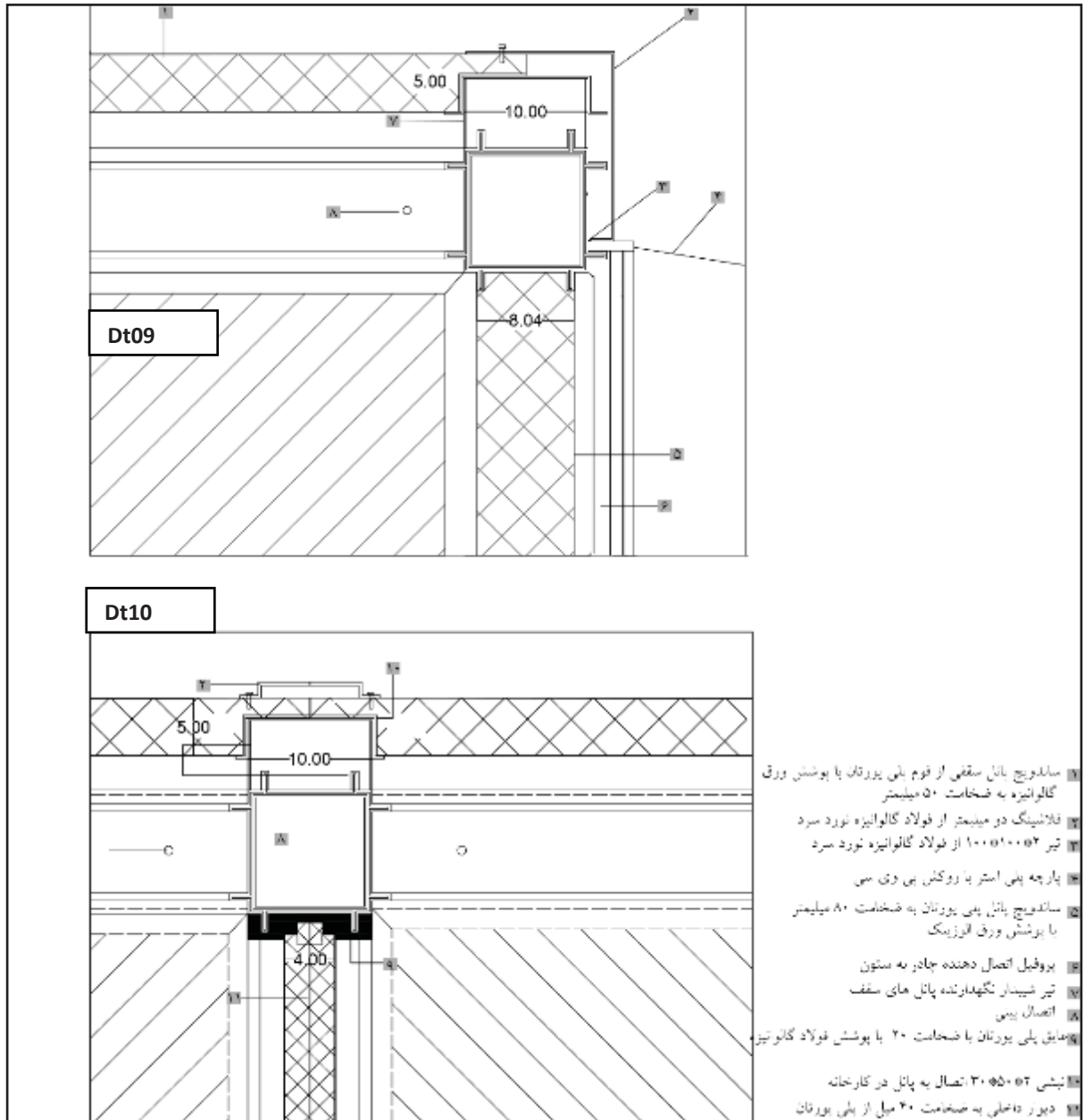
شکل ۲۲. جزئیات شماره ۴ الی ۶



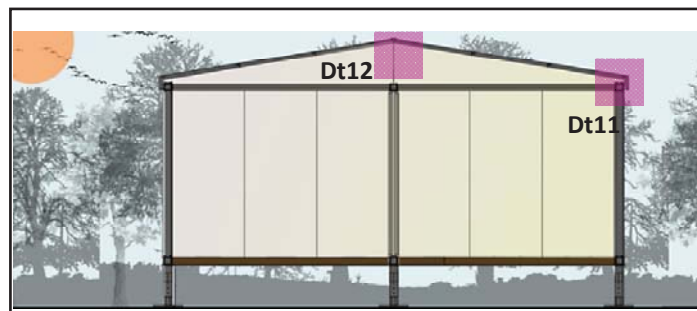
شکل ۲۳. بُرشی از طرح پیشنهادی سرپناه موقت



شکل ۲۴. جزئیات شماره ۷ و ۸ (اتصال کف و دیوار و قسمت

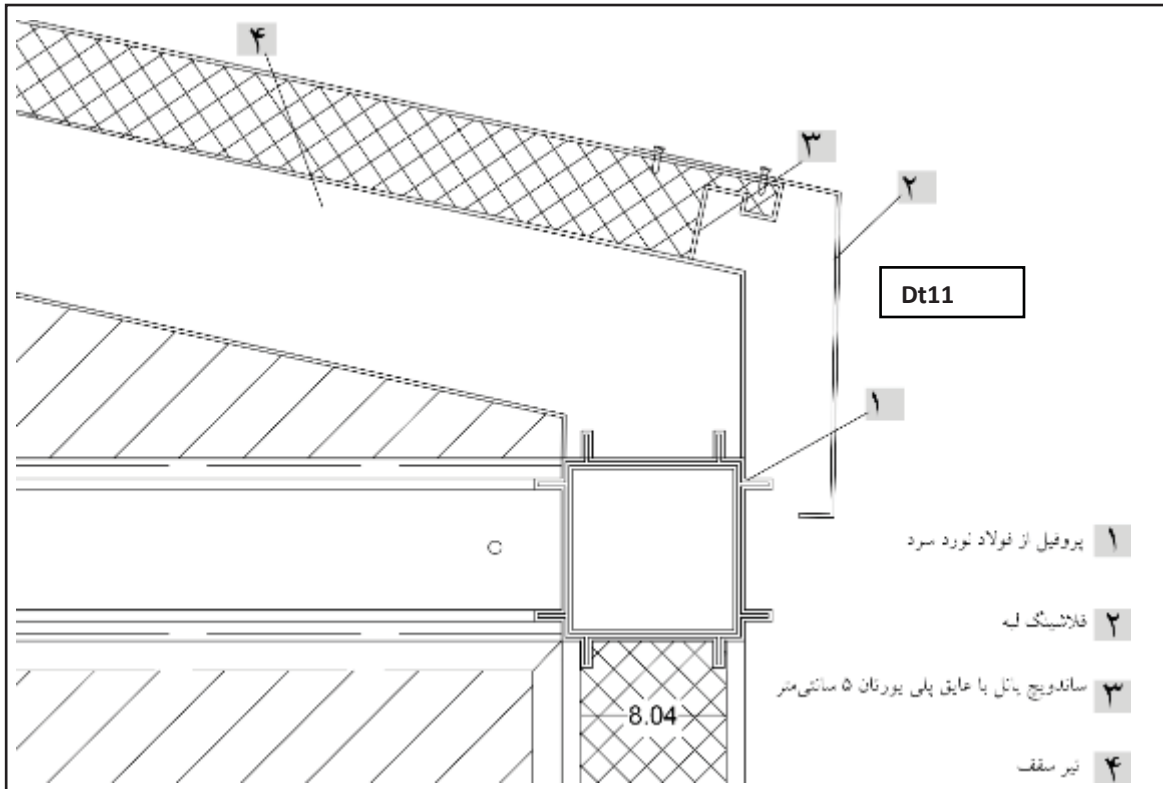


شکل ۲۵. جزئیات شماره ۹ و ۱۰

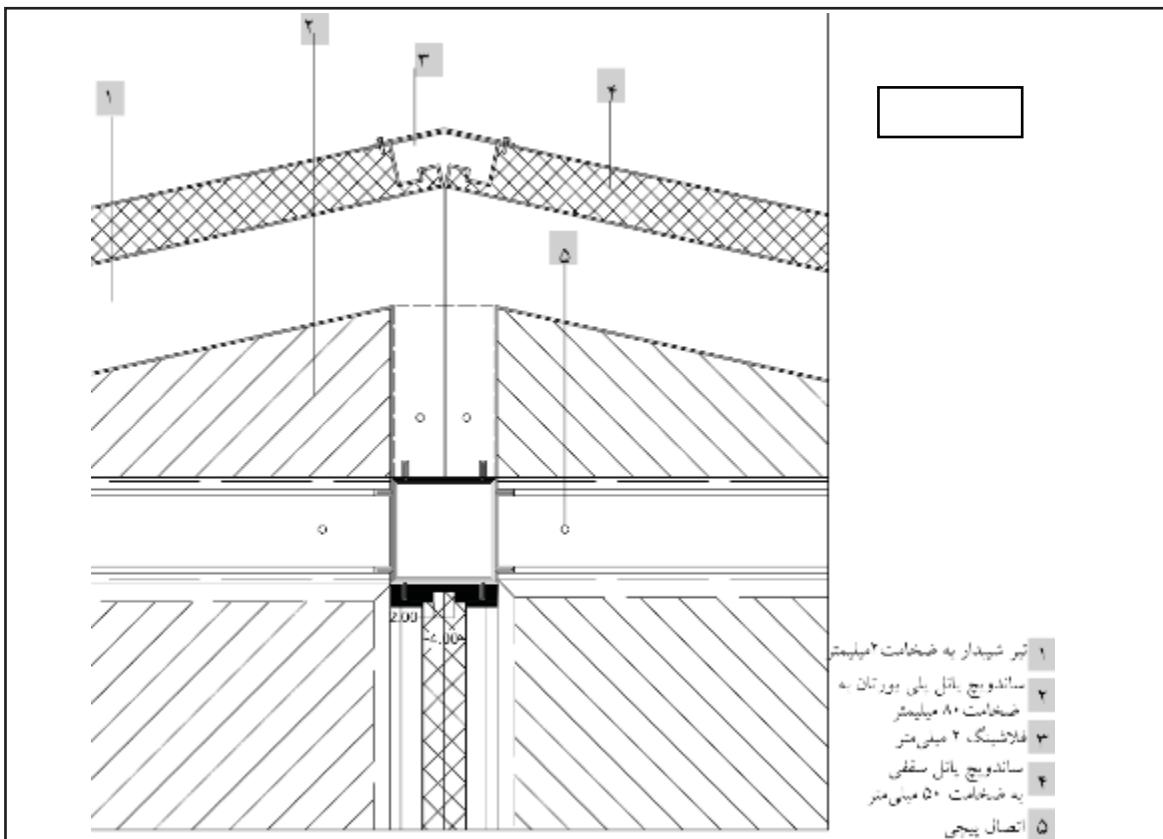


شکل ۲۶. بُرش عرضی از طرح پیشنهادی





شکل ۲۷. جزئیات شماره ۱۱ (جزئیات اتصال سقف شیبدار به تیرو ستون و فلاشینگ لبه)



شکل ۲۸. جزئیات شماره ۱۲ (اتصال ستون و تیروها در تاج سقف شیبدار)



جدول ۴. B.O.M. ' در طرح پیشنهادی هسته اولیه مدولار سرپناه (نگارنده)

ردیف	نام قطعه	تعداد	مصالح	روش ساخت	دلیل استفاده
۱	ورق ۲میل فولاد به ابعاد ۲۸x۲۴۰	۱۶	فولاد	برش ورق-رول فرمینگ	به عنوان ستون
۲	ورق ۲میل فولاد به ابعاد ۲۸ x ۳۰۰	۳۲	فولاد	برش ورق-رول فرمینگ	به عنوان تیر
۳	ساندویچ پانل پلی یورتان با روکش نئوپان (ابعاد ۳۰۰ x ۱۰۰)	۳	فوم پلی یورتان و نئوپان	ساخت فوم و چسباندن نئوپان روی آن	کف
۴	پی وی سی کفپوش	۳	پی وی سی	کلندرینگ	پوشش کف
۵	نوار درزگیر از پی وی سی	۴	پی وی سی	کلندرینگ	کف
۶	ساندویچ پانل پلی یورتان با پوشش ورق الوزینک به ضخامت ۸۰ میل (ابعاد ۲۴۰ x ۱۰۰)	۱۰	فوم پلی یورتان و ورق الوزینک	ساخت فوم و پرس ورق	دیوارهای اصلی
۷	ساندویچ پانل پلی یورتان با پوشش ورق الوزینک تیپ درب خور (ابعاد ۲۴۰ x ۱۰۰)	۱	فوم پلی یورتان و ورق الوزینک	ساخت فوم و پرس ورق و نصب درب	درب
۸	ساندویچ پانل پلی یورتان با پوشش ورق الوزینک تیپ پنجره خور (ابعاد ۲۴۰ x ۱۰۰)	۱	فوم پلی یورتان و ورق الوزینک	ساخت فوم و پرس ورق و نصب پنجره	پنجره
۹	قطعه اتصال دهنده ۴طرفه	۸	فولاد	برش ورق-رول فرمینگ-جوشکاری	اتصال تیر و ستون
۱۰	پیچ m10x25	۶۴	فولاد	ماشین کاری	اتصال موقت بین قطعات
۱۱	ساندویچ پانل ۵۰ میل با پوشش ورق گالوانیزه (ابعاد ۳۰۰ x ۱۰۰)	۳	فوم پلی یورتان و ورق گالوانیزه	ساخت فوم و پرس ورق	سقف
۱۲	پانل خورشیدی	۱	-	-	-
۱۳	تیر شیدار سقف	۲	فولاد	برش ورق-رول فرمینگ	تیر
۱۴	پله تاشو	۱	-	-	-
۱۵	رمپ تاشو	۱ (در صورت لزوم)	-	-	-

### نتیجه گیری

گرفت استفاده از پیش ساخته سازی به دلیل سرعت بالا، خطای کمتر و همچنین عدم نیاز به نیروهای بسیار ماهر در نصب می تواند کمک فراوانی به مدیریت بحران در مناطق سانحه دیده بنماید و در صورتی می توان به میزان موفقیت آن افزود که پیش از بحران و رخداد سانحه، برنامه ریزی ها و اقدامات لازم جهت تولید انجام شود.

با توجه به وقوع حوادث غیر مترقبه و بی خانمانی تعداد زیادی از افراد، مسئله اسکان موقت اهمیت زیادی پیدا می کند. لذا ارائه طرحی کارآمد و مطابق با استانداردهای بین المللی می تواند بسیاری از مشکلات پس از سانحه را کاهش دهد. به طور کلی می توان نتیجه ۱. Bill of Material (فهرست مواد اولیه ساخت، تولید یا تعمیر یک محصول می باشد که در آن محصول به تمام اجزای تشکیل دهنده تقسیم می شود.)

جابجایی آن، می‌توان قطعات پیش ساخته را جدا و در محل‌های دیگر با کاربری‌های حتی متفاوت تا پایان عمر مفید قطعات مورد استفاده قرار داد. همچنین این قابلیت وجود دارد که به خانواده‌های کم‌درآمد آن را اجاره داد و یا به کشورهای دیگر فروخت.

### منابع

- آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰ ایران، ویرایش چهارم (۱۳۹۳)؛ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران. بازیابی از: <http://www.nezammohandesi.ir/uploads/2800-v4.pdf>
- اسمعیلی، ر. (۱۳۹۸). بررسی سیستم ساختمانی قاب‌های فولادی سبک سرد نورد شده LSF. سومین کنفرانس بین‌المللی نوروژی و تحقیق در علوم مهندسی. بازیابی از: <https://civilica.com/doc/916114>
- ایشتایب، گ.، دورهور، آ.، & روزنتال، م. (۱۳۸۹). تکنولوژی طراحی و ساخت سازه‌های صنعتی و مدولار. ترجمه مازیار آصفی. بازیابی از: <https://www.gisoom.com/book/1740545>
- امیدوار، ب.، & خرم، م. (۱۴۰۰). اولویت‌بندی سیستم‌های ساختمانی نوین اسکان موقت پس از وقوع زلزله براساس شرایط بومی کشور ایران؛ مطالعه موردی: استان مرکزی. مسکن و محیط روستا، شماره ۱۷۴، صفحات ۳ الی ۱۴. بازیابی از: [http://jhre.ir/files/site1/user\\_files\\_9b70c9/mohsenkhoram-A-10-4961-1-cc26289.pdf](http://jhre.ir/files/site1/user_files_9b70c9/mohsenkhoram-A-10-4961-1-cc26289.pdf)
- بذرافکن، ک.، بهبهانی، ر.، & احمدی، ح. (۱۳۹۲). طراحی فضای اسکان موقت پس از زلزله با استفاده از مصالح ساختمانی پایدار؛ نمونه موردی: شهرستان لامرد. بازیابی از: <https://elmnet.ir/article/10669056-41781>
- داداش‌پور، ه.، & روشنی، ص. (۱۳۹۱). شناسایی عوامل مؤثر بر کیفیت محیط مسکونی در محله‌های قدیمی؛ مطالعه موردی: محله سنگلج تهران. مطالعات شهر ایرانی اسلامی. بازیابی از: <https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=218746>
- سبط، م. ح.، حسینی، م.، & صدیقی، م. ع. (۱۳۸۵). امکان سنجی اسکان موقت پس از زلزله و ارائه راه حل بهینه جهت منطقه‌ای از تهران. دومین سمینار ساخت‌وساز در پایتخت. بازیابی از: <https://civilica.com/doc/7217>
- شادی طلب، ژ. (۱۳۷۲). جامعه‌شناسی فاجعه تجربه زلزله رودبار و منجیل، مجله مسکن و محیط روستا، شماره ۵۶، صفحات ۱۸ الی ۲۴. بازیابی از: <https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=80408>
- عطائیان، م.، & اسدی‌ملک‌جهان، ف. مقایسه تطبیقی روش صنعتی‌سازی ساختمان با روش سنتی با تاکید بر زمان، هزینه و کیفیت. (۱۳۹۸). فصلنامه معماری شناسی، دوره ۲، شماره ۱۱. بازیابی از: <http://ensani.ir/fa/article/419438>
- فلاحی، ع. (۱۳۸۸). معماری سکونتگاه‌های موقت پس از سوانح. مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی. بازیابی از: <https://www.gisoom.com/book/1477544>
- کانی، ف. (۱۳۶۹). سرپناه اضطراری. ترجمه اکبر زرگر، دانشکده معماری و شهرسازی، تهران. بازیابی از: <https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=545952>

به این دلیل، طرح پیشنهادی با توجه به اینکه در قالب بسته‌هایی کم حجم قابلیت نگهداری و تولید دارد، می‌تواند قبل از بحران طراحی و انبار شود که این اقدام می‌تواند بسیار کارآمد باشد. علاوه بر این، استفاده از طرح پیشنهادی باعث می‌شود سرپناه از نظر هزینه مقرون به صرفه باشد و ظاهری متفاوت نسبت به کانکس پیدا کند. علاوه بر این، قبل از ورود به مرحله اسکان موقت، در مرحله اسکان اضطراری نیز می‌تواند کاربرد داشته باشد. نتیجه اصلی این پژوهش ارائه طرح سرپناهی سریع الاحداث، مدولار با استفاده از مصالح پایدار و دوست‌دار محیط‌زیست می‌باشد که قابلیت استفاده از انرژی‌های پایدار و تجدیدپذیر را نیز دارا می‌باشد. در این طرح سعی بر انتخاب مصالحی سبک، قابل بازیافت و در دسترس بوده است. از مهمترین ویژگی این سرپناه، قابلیت تقسیم فضا و مدولار بودن آن است. هسته این سرپناه که ۹ مترمربع می‌باشد برای یک خانواده دو نفره در نظر گرفته شده است که با این ویژگی می‌توان سرپناه را متناسب با تعداد جمعیت هر خانواده گسترش داد. نکته مهم دیگری که می‌توان به آن اشاره کرد طراحی سرپناهی با قابلیت نصب سریع به همراه قابلیت سادگی اتصالات آن می‌باشد که بدون هرگونه پیچیدگی با استفاده از کاتالوگ‌هایی که در اختیار افراد قرار داده می‌شود، می‌توان به راحتی آن را برپا کرد. از این‌رو از مشارکت جامعه سانه دیده به بهترین شکل ممکن و در کوتاه‌ترین زمان کمک گرفته می‌شود که این امر، خود راه‌کاری بسیار مؤثر جهت بازتوانی روحی و جسمی سانه‌دیدگان و توان‌بخشی پس از حادثه می‌باشد. طرح پیشنهادی سرپناه موقت در این تحقیق، قابلیت استفاده پس از رخداد پدیده‌های طبیعی مانند زلزله، طوفان، سیل را دارا می‌باشد. نکته حائز اهمیت در کاربرد این طرح، وضعیت ساختگاه مورد نظر و شرایط قرارگیری و تثبیت آن می‌باشد. طراحی سرپناه موقت پیشنهادی در این پژوهش بر اساس شرایط و نرُم غالب اقلیمی در ایران انجام شده است. بدیهی است این طرح در شرایط محیطی سخت، به‌سادگی قابلیت تقویت در برابر شرایط سخت آب و هوایی شامل گرما یا سرمای شدید، میزان بارش برف سنگین و سرعت باد بسیار زیاد را دارا می‌باشد. در آخر در طراحی اسکان پیشنهادی به این موضوع که بتوان پس از اتمام دوره بهره‌برداری از بقایای آن استفاده کرد، توجه ویژه شده است. در این طرح با توجه به قابلیت



files/tmzbd1486/files/migrated\_files/What-We-Do/docs/  
Transitional-Shelter-Guidelines.pdf  
ShelterCluster.org  
<https://spherestandards.org/handbook-2018/>  
Urbanist. (2020). Filed under Houses & Residential in the  
Architecture category. From:  
[https://weburbanist.com/2013/10/27/deconstructing-the-  
1000-ikea-flat-pack-refugee-shelter/](https://weburbanist.com/2013/10/27/deconstructing-the-1000-ikea-flat-pack-refugee-shelter/)

میث ششم مقررات ملی ساختمان، بارهای وارد بر ساختمان، ویرایش سوم  
(۱۳۹۲)؛ دفتر مقررات ملی ساختمان، تهران. بازیابی از:  
<http://inbr.ir/wp-content/uploads/2016/08/mabhas-6.pdf>  
میرقاسمی، م. طراحی الگوی اسکان موقت پس از زلزله احتمالی در شهر قم.  
نشریه معماری اقلیم گرم و خشک. (۱۳۹۸). سال هفتم، شماره دهم.  
بازیابی از:  
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=560461>

Hakan, A. (2007). Re-design, re-use and recycle of temporary  
houses. *Building and Environment*, 22, 1, 400-406. From:  
[https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/  
S0360132305003197](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132305003197)

Cagayan de Oro, Mindanao, co-chair by DSWD and IOM. (2011).  
Temporary shelter and material supplies technical working  
groups. From: [https://www.sheltercluster.org/sites/default/  
files/docs/Technical\\_Guidance\\_120131.pdf](https://www.sheltercluster.org/sites/default/files/docs/Technical_Guidance_120131.pdf)

Center, A. D. R. (2005). Total Disaster Risk Management, In:  
Good Practices. Asian Disaster Reduction Center.  
<https://conexonline.com/product/>

Drew, Z. (2019). Can flatpack refugee housing be safer, faster,  
and more durable? From:  
[https://www.archpaper.com/2019/10/flatpack-refugee-  
housing-safer-faster-durable/](https://www.archpaper.com/2019/10/flatpack-refugee-housing-safer-faster-durable/)

IKEA shelter. (2015). Better Shelter, a flat-pack temporary  
emergency refugee shelter project supported by IKEA  
Foundation. From: [https://regenerativedesign.world/  
ikea-shelter/?utm\\_source=rss&utm\\_medium=rss&utm\\_  
campaign=ikea-shelter](https://regenerativedesign.world/ikea-shelter/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=ikea-shelter)

Innovative temporary shelters around the world, RTF. (2020).  
Rethinking the future. From:  
[https://www.re-  
thinkingthefuture.com/rtf-fresh-  
perspectives/a1553-15](https://www.re-thinkingthefuture.com/rtf-fresh-perspectives/a1553-15)

FEMA. (2012). National disaster housing. From: [http://www.  
fema.gov/pdf/emergency/disasterhousing/NDHS-core.pdf](http://www.fema.gov/pdf/emergency/disasterhousing/NDHS-core.pdf).

UNHCR (United Nations High Commissioner for Refugees).  
(2007). Hand book for Emergencies, Geneva, 3rd Edition.  
From: <https://www.refworld.org/pdfid/46a9e29a2.pdf>

Fehrenbacher, J. (2006). PREFAB FRIDAY: Global Village Shelters.  
From:  
<https://inhabitat.com/prefab-friday-global-village-shelters/>  
[https://www.freeformland.com/en/freeformland/12/No.9\\_-\\_  
Nader\\_Khalili](https://www.freeformland.com/en/freeformland/12/No.9_-_Nader_Khalili)

Jayasinghe, T. Gunawardena, T. Mendis, P. (2021). Advancements  
in concrete technology for offsite manufactured buildings  
and infrastructure systems. In proceedings of the CONCRETE.  
From:  
[http://www.ciaconference.com.au/concrete2021/pdf/full-  
paper\\_181.pdf](http://www.ciaconference.com.au/concrete2021/pdf/full-paper_181.pdf)

McKnight, J. (2016). Architects for Society designs low-cost  
hexagonal shelters for refugees. From:  
[https://www.dezeen.com/architects-for-society-low-cost-  
hexagonal-shelter-housing-refugees-crisis-humanitarian-  
architecture/](https://www.dezeen.com/architects-for-society-low-cost-hexagonal-shelter-housing-refugees-crisis-humanitarian-architecture/)

ShelterCentre. (2009). From: <https://www.iom.int/sites/g/>