

بهینه‌سازی عملکرد پوشش نهایی از منظر تبادل حرارتی برای سرپناه موقت پس از سانحه در اقلیم سرد، مورد مطالعاتی: شهر کرمانشاه*

غزاله عباسیان^۱ - نیلوفر نیک‌قدم^{۲*} - محمود حسینی^۳

۱. دانشجوی دکتری معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران.
۲. دانشیار گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
۳. دانشیار پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۲۳ تاریخ اصلاحات: ۱۴۰۰/۰۶/۲۸ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۱۰/۱۱ تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۲/۲۹

چکیده

سالانه میلیون‌ها نفر با وقوع حوادث طبیعی بی‌خانمان می‌شوند. در پی رخ دادن هرگونه سانحه‌ای که منجر به تخریب فضای زیستن افراد شده، لازم است در اسرع وقت نسبت به تأمین سرپناهی مناسب اقدام شود. راهکارهای تأمین سرپناه در روزهای نخست نشان می‌دهد که عملکرد دمایی درون سرپناه نامناسب ارزیابی شده است. در نتیجه افراد یا تغییراتی در سرپناه به وجود می‌آورند و یا این فضاها را ترک می‌کنند. در این پژوهش تلاش می‌شود تا از طریق پیشنهاد پوشش مناسب برای سرپناه، شرایط نسبی مناسب دمایی برای سانحه‌دیدگان فراهم شود. پژوهش پیش رو از نوع کاربردی بوده و ماهیت آن در بخش مطالعات تئوری کیفی است و در آن سعی شده است با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر و شبیه‌سازی و آزمون شرایط دمای داخلی به هدف اصلی پیشنهاد سرپناه اقلیمی بهینه برای اقلیم سرد دست یافت. نتایج حاصل نشان می‌دهد که پوشش فایبرگلاس و مقوا بر روی فرم گنبدی، شرایط دمایی مناسب‌تری را فراهم می‌آورند. هم‌چنین جهت استفاده از مصالح بومی و حفظ شرایط دمایی درون سرپناه، به‌کار گرفتن مصالح غیرمحلّی اجتناب‌ناپذیر است.

واژگان کلیدی: سوانح طبیعی، زلزله، سرپناه اقلیمی، پوشش، اقلیم سرد، نرم‌افزار دیزاین بیلدر.

* این مقاله مستخرج از رساله دکتری نویسنده اول تحت عنوان «تیین الگوی پاسخگو به اقلیم سرد برای سرپناه موقت پس از سانحه» است که با راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشکده هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب در سال ۱۳۹۹ انجام شده است.

** E-mail: n_nikghadam@azad.ac.ir

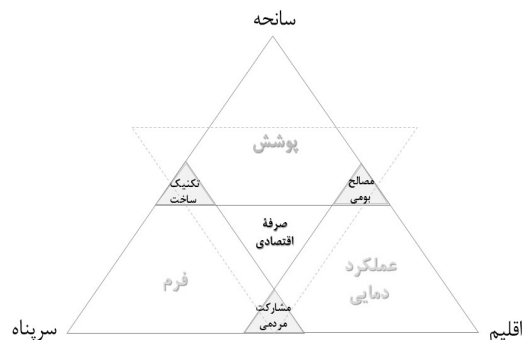
۱. مقدمه

در دستاوردهای این پژوهش اشاره شده که هر دو مصالح بومی و جهانی در تولید راه‌حل‌های پایدار می‌توانند به کار گرفته شوند به طوری که مصالح بومی پتانسیل بالایی برای تأثیر محیطی کم و هزینه پایین دارد، در حالی که مصالح جهانی پتانسیل بالایی برای تولید عملکرد تکنیکی بهتر دارد (Escamilla 2015). یو^۱ و همکارانش در مقاله‌ای با عنوان "بررسی عملکرد دمایی سرپناه‌های موقت" در سال ۲۰۱۶ سه نمونه سرپناه ایجادشده با بامبو را در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار دادند و به عنوان راه‌حل این پژوهش، استفاده از مصالح محیطی پیشنهاد شد که در آن مصالح به راحتی نصب شده و برچیده می‌شوند (Yu 2016). وال باوم^۲ نیز در سال ۲۰۱۲ طی تحقیقی (Wallbaum 2012)، چوب و بامبو را مصالحی مناسب در ایجاد خانه‌های ارزان قیمت دانست.

۳. چارچوب نظری

تأثیر اقلیم بر شرایط آسایش انسان غیرقابل انکار است. در خانه‌های معاصر، طراحی و اجرای یکسانی در اقلیم‌های مختلف شده که با بستر محیطی خود هماهنگ نیستند (Nikqadam 2015) که این ویژگی مشابه، در مورد سرپناه‌های پس از سانحه نیز دیده می‌شود. با وجود راهکارهای ارائه‌شده پس از سانحه، همچنان مشکلات متعددی در این حوزه وجود داشته و سرپناه تأمین‌شده پاسخگوی نیازهای سانحه‌دیدگان نیست (Fallahi 2012). در کنار پرداختن به ضرورت تأمین سرپناه مناسب برای سانحه‌دیدگان، معرفی سرپناهی که تحت اقلیمی خاص جوابگوی کاربران آن، گاهی تا اسکان دائم باشد، هدف اصلی پژوهش بوده است. در نتیجه عامل اقلیم برای انواع فرم‌ها و مصالح ثابت فرض شده و با این فرض، فرم‌ها و مصالح مختلف برای دستیابی به فرم و پوشش بهینه مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. (شکل ۱).

شکل ۱: چارچوب نظری استخراج‌شده حاصل از مبانی نظری در ایجاد سرپناه پس از سانحه



لزوم استفاده از مصالح بادوام و همسو با نیازهای بومی مورد مطالعات گسترده‌ای واقع شده است (Twigg 2006; Gulahane 2012). پژوهش‌هایی نیز مصالح مختلف را جهت ارزیابی عملکرد دمایی مورد ارزیابی و نقد قرار داده

سوانح طبیعی از جمله زلزله همواره زندگی انسان‌ها را تهدید کرده و خسارات فراوانی را بر جای می‌گذارد. مطالعات حاکی از عملکرد دمایی نامناسب سرپناه‌های معمول است. در این مورد، شرایط متداولی از سرپناه‌هایی وجود دارند که صرفاً پس از اعمال تغییراتی به وسیله استفاده‌کنندگان استفاده شده یا هرگز استفاده نشده‌اند (El-Masri and Kellett 2001; Barenstein 2006; Sener and Altum 2009). دلیل این امر استفاده از یک سرپناه واحد در تمامی مناطق با اقلیم‌های متفاوت است. در حقیقت دستیابی به شرایطی برای سرپناه که بتواند با پوشش مناسب خود، در پاسخ به اقلیم مدنظر عمل کند، از اهداف این پژوهش خواهد بود.

۲. پیشینه پژوهش

در تعریف انواع سرپناه، کوارانتلی^۱ چهارگونه مجزا از اسکان پس از بحران را فراتر از تأمین یک سرپناه صرفاً در شرایط اضطرار مطرح و پیشنهاد کرد (Quarantelli 1995). در تأمین سرپناه، دیویس^۲ به‌درستی باور دارد که سرپناه باید مکانی باشد که "به افراد احساس خوش‌آمد، راحتی و ایمنی دهد. این که یک فرد به آن‌ها اهمیت داده و آن‌ها شایسته این نگرانی هستند" (Davis 2004). هووارد و اسپایس^۳ در سال ۱۹۸۹، در مطالعات مربوط به مصالح سرپناه، از پی‌وی‌سی برای سازه و ورقه‌های پلی‌اتیلن به عنوان پوشش سرپناه بهره گرفتند که به عنوان راهکار برای عملکرد دمایی پایین، فایبرگلاس یا چوب معدنی را در میان دو لایه پلی‌اتیلن برای بهبود عملکرد دمایی ورقه‌های پلاستیکی پیشنهاد دادند (Howard 1989). گریلا^۴ و همکارانش در سال ۲۰۰۷ دو نوع از ساختمان‌های چوبی و بتن مسلح را بررسی و بیان داشتند که ساختمان‌های بتن مسلح تأثیر محیطی مخرب (تولید کربن معادل بیش‌تر و عدم امکان بازیافت در چرخه عمر ساختمان) بیش‌تری نسبت به ساختمان‌های چوبی دارند (Gerilla 2007). سازمان هلال احمر و صلیب سرخ^۵ در سال ۲۰۱۳ در کتاب "سرپناه پس از سانحه: ۱۰ طرح" چک لیستی برای ایجاد سرپناه مطلوب به همراه به‌کارگیری مصالح مختلف ارائه دادند (IFRC 2013)، که شامل مرور فنی ۱۰ طرح سرپناه بین سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۱ و تحلیل عملکردی آن‌هاست و مصالحی شامل بتن مسلح، چوب، آجر، تخته چندلایه، ورق‌های آهنی موجدار، کاشی، تخته چندلایه، گل و ملات، پلاستیک، چادر و بامبو و غیره در آن‌ها به کار گرفته شده است.

فلیکس^۶ در سال ۲۰۱۴ طرح‌های محلی را به جای راهکارهای وارداتی ارجح دانست (Fe'lix 2014). اسکامیلا^۷ در ضرورت اولویت استفاده از مصالح بومی یا مصالح جهانی طی پژوهشی در سال ۲۰۱۵ به شناسایی ۲۰ سرپناه در ۱۱ نقطه متفاوت در جهان پرداخته است.

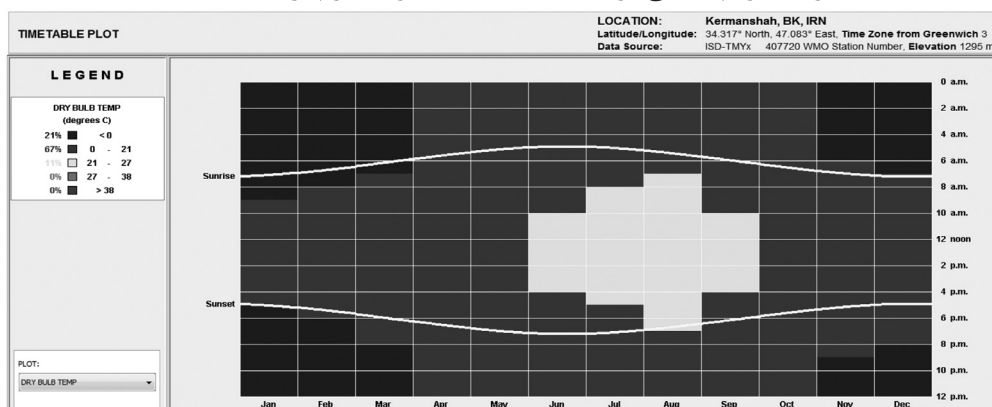
کرمانشاه توسط نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت^۱ نسخه ۶.۱ صورت گرفته و ماه‌های مناسب برای بررسی عملکرد سرپناه در آن انتخاب شد. از آن‌جا که شبیه‌سازی کامپیوتری ساختمان‌ها به عنوان یک استراتژی قابل اعتماد برای ارزیابی عملکرد ساختمان‌ها مورد توجه قرار گرفته است (Adekunle 2019) و همچنین مطالعات نسبتاً کمی بر اساس مدلسازی انرژی سرپناه‌ها انجام شده است (Lee et al. 2021)، مدنظر بوده تا شبیه‌سازی در نسخه ۶.۱.۴.۰۰۶ برنامه دیزاین بیلدر^{۱۱} و مدل حرارتی اشری^{۱۲} با فایل اقلیمی کرمانشاه صورت گرفته و مصالح متنوع بر روی مدل‌های مختلف اعمال شده و تحلیل دمایی وضعیت داخل سرپناه‌ها در ماه‌های سرد مورد بررسی قرار گیرد. خاطر نشان می‌شود که مصالح به کار رفته در مطالعات پیشین که در مبانی نظری این پژوهش نیز به آن‌ها اشاره شده شامل فایبرگلاس، چوب، پلاستیک، پی‌وی‌سی، آجر، تخته چندلا، بتن مسلح، ورق آهنی موجدار، چادر، ملات و بامبو بوده که مبنای انتخاب ما در شروع مدل‌سازی و ارزیابی خواهد بود. با توجه به نمودار تقویم اقلیمی (شکل ۲)، در ماه‌های آپریل، می و اکتبر در تمام طول شبانه روز و با احتمال ۶۷ درصد دمای خشک بین ۰ تا ۲۱ درجه سانتیگراد متغیر خواهد بود. این شرایط در ماه نوامبر در بازه زمانی ۶ صبح تا ۹ شب و در ماه دسامبر از ۷ صبح تا ۸ شب خواهد بود و در سایر زمان‌ها دما با احتمال ۲۱ درصد زیر صفر است.

(Wang et al. 2010) و پیشنهاداتی در انتخاب پوشش مناسب برای سرپناه ارائه داده‌اند (Howard 1989). از جمله اهداف همیشگی، تلاش برای ایجاد فضایی مناسب با کم‌ترین هزینه برای حمایت از اقشار کم درآمد است (Kaminski 2013) که استفاده از مصالح در دسترس با عملکرد دمایی مطلوب به عنوان پوشش سرپناه راهکاری مؤثر است. همچنین در استفاده از مصالح بومی، به دلیل آشنایی مردم منطقه به این نوع مصالح، می‌توان از نیروهای مردمی با مهارت فنی ساده‌تری استفاده نمود (Nikravan 2007) که تمامی این موارد، در تحلیل‌های مربوط به مقرون به صرفه بودن ایجاد سرپناه قابل توجیه خواهد بود.

۴. روش پژوهش

به دلیل حوادث لرزه‌ای متعدد رخ داده در کرمانشاه، تمرکز پژوهش حاضر بر این منطقه خواهد بود. پژوهش پیش رو به لحاظ هدف، از نوع کاربردی و توسعه‌ای می‌باشد که با هدف بهینه‌سازی سیستم‌های موجود سرپناه انجام می‌پذیرد. ماهیت پژوهش به این صورت است که با توجه به یافته‌های حاصل از پژوهش‌های پیشین صورت گرفته، فرم‌ها و مصالحی که به عنوان سرپناه مورد استفاده قرار گرفته استخراج شده (جنبه کیفی پژوهش) و از میان گزینه‌های جمع‌آوری شده، برای تعیین مطلوب‌ترین گزینه از تحلیل نرم‌افزاری استفاده شده است (جنبه کمی پژوهش). برای این منظور در ابتدا مطالعات اقلیمی

شکل ۲: نمودار تقویم اقلیمی کرمانشاه، بدست آمده توسط نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت



سرپناه پیشنهاد شد (شکل ۳).

لازم به ذکر است با بررسی انواع فرم‌های اجرا شده در تجارب گذشته وقوع سوانح، ۱۱ فرم ممکن برای طرح

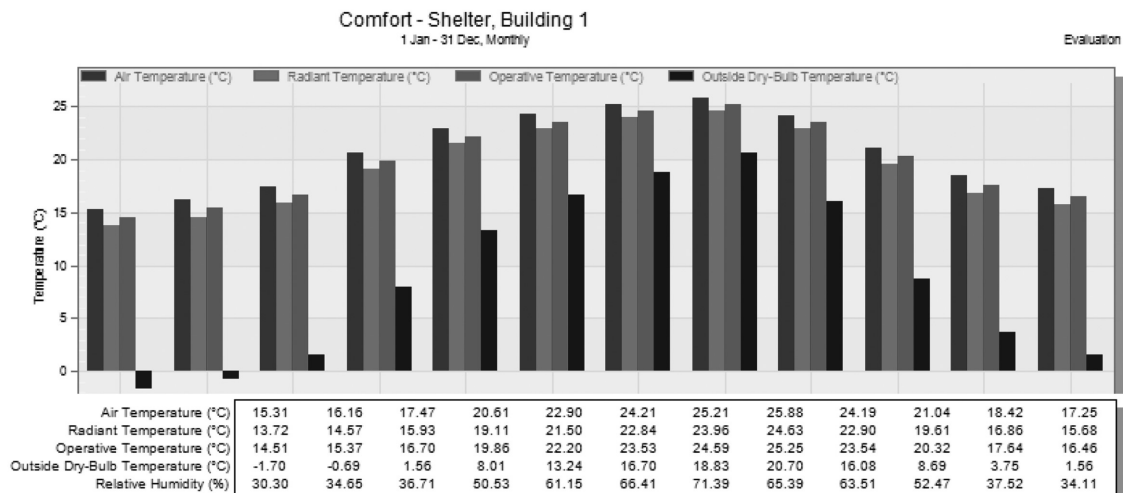
شکل ۳: فرم‌های مورد مطالعه سرپناه جهت ارزیابی دمایی با اعمال پوشش‌های متنوع

Form	Dimension
A	a=3, b=4, h=2.2
B	a=3, b=4, h=1.9, 2.7
C	a=3, b=4, h=1.8, 2.8
D	a=3, b=4, h=2.5
E	r=2.35
F	r=1.9, h=2.4
G	r=1.9, h=1.1, 1.9
H	r=1.87, h=1.07, 2.1
I	a=2.15, h=2.25
J	a=2.12, h=1.63, 1.84
K	a=4.14, b=6.9, h=6.5

در تمام انواع طرح‌ها حداقل سطح بر اساس ضوابط ارائه شده توسط هلال احمر و صلیب سرخ به میزان 27 m^2 برای هر فرد انتخاب شد. یک باز شو در جبهه جنوبی برای بهره‌مندی از مزایای تابش نور جنوب تعبیه شده و همچنین ورودی در جبهه شرقی برای محافظت از تأثیر بادهای غربی قرار دارد. وضعیت کف سرپناه برای تمام فرم‌ها، وضعیت موجود زمین است و پوشش سقف نیز برای تمام انواع سقف‌ها ثابت و با ضریب انتقال حرارت w/m^2-k ۰.۲۵ لحاظ شده است. همچنین فرض می‌شود سرپناه، برای یک خانواده چهارنفره مورد استفاده قرار می‌گیرد که با توجه به ضوابط مطرح شده برای حداقل سطح برای هر نفر، این میزان 12 m^2 بوده که در حالت پایه (مدل A)، مکعبی به ابعاد ۳ متر در راستای شمالی- جنوبی و چهار متر در راستای شرقی- غربی برای جذب بیشتر انرژی تابشی خورشید خواهد بود. ارتفاع سرپناه طبق ضوابط کمیساریای عالی سازمان ملل برای پناهندگان حدود دو متر تعیین شده، ولی در مدل پایه این ارتفاع در حداقل ارتفاع مسکونی ۲.۲۰ متر در نظر گرفته می‌شود. در نتیجه حجم سرپناه برای تمامی فرم‌ها برابر، و حدود

۲۷ m^3 تعیین می‌شود. از آنجا که شرایط پس از سانحه ایجاب می‌کند که افراد به‌طور مستمر درون این فضاها باقی بمانند، لذا این اسکان تمام طول هفته را به صورت معمول شبانه‌روزی شامل می‌شود. با توجه به این امر که فضاهایی که در اختیار افراد قرار می‌گیرند حداقل فضای ممکن می‌باشند، لذا فعالیت فیزیکی به‌خصوصی نمی‌توان برای آن‌ها درون سرپناه متصور بود. در نهایت این فعالیت به خوردن و خوابیدن محدود می‌شود. تراکم اشغال بر فرض وجود چهار نفر در سرپناه ۰.۳۳ و میزان پوشش لباس برای زمستان ۱ یعنی پوشش کامل گرم انتخاب شده است. همچنین نرخ تعویض هوا بر اساس استاندارد اشری ۶۲.۱ و ۶۲.۲ برابر ۰.۷ در نظر گرفته شد. خاطر نشان می‌شود که در این حالت وضعیت سیستم روشنایی و تجهیزات مکانیکی غیرفعال بوده است (جدول ۱). از آنجایی که اهمیت دارد تا سرپناه در ماه‌های سرد بتواند شرایط دمایی داخل را تعدیل کند، لذا صرفاً ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه را در ارزیابی‌ها مدنظر قرار می‌دهیم (شکل ۴).

شکل ۴: خروجی نرم‌افزار دیزاین بیلدر از میانگین دمای ماهیانه داخل سرپناه با اعمال یک لایه مصالح به عنوان پوشش



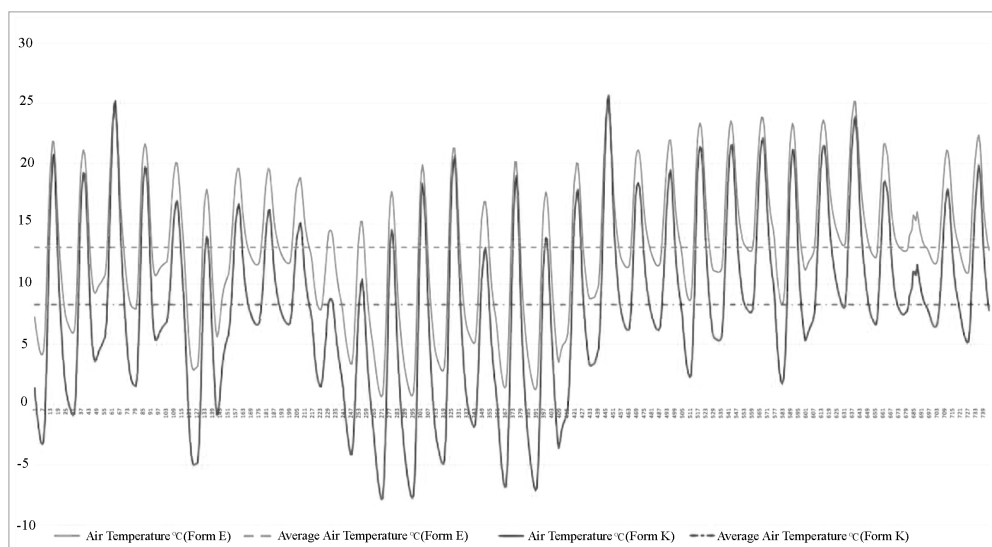
جدول ۱: ورودی نرم افزار دیزاین بیلدر جهت تعیین دمای داخل سرپناه

Occupancy density (people/m ²)	0.33	opening	Glazing template
Winter clothing (clo)	1	Lighting	None
Summer clothing (clo)	0.5	HVAC	None
Airtightness- constant rate (ac/h)	0.7	Natural Ventilation	On

میانگین" است، در نتیجه برای مقایسه نمونه‌های مورد بررسی در روند انجام پژوهش، دمای میانگین لحاظ می‌شود (شکل ۵).

همچنین عملکرد دمایی دو فرم از سرپناه‌ها با پوشش تخته چندلا به صورت ساعتی و میانگین دمایی در ماه ژانویه ارزیابی شد. از آنجایی که در این دو مدل نمونه الگوی تغییرات "دمای ساعتی" همسان با تغییرات "دمای

شکل ۵: مقایسه دمای ساعتی و دمای میانگین در ماه ژانویه برای دو فرم سرپناه با پوشش تخته چندلا



شد و نتایج دمایی آن به مدت یک هفته در همین بازه زمانی و با اقلیم مشابه ارزیابی گردیده است. بر اساس نتایج استخراج شده از شبیه‌سازی فرم حاوی چوب‌پنبه، به طور کلی میانگین دما در طی یک هفته در وضعیت شبیه‌سازی، برای مدل حاوی چوب‌پنبه $12/37^{\circ}\text{C}$ بوده است در حالی که این دما برای مدل حاوی یونولیت $11/54^{\circ}\text{C}$ است. یعنی در مدلی که از چوب‌پنبه استفاده شده است میانگین دما حدود $0/8^{\circ}\text{C}$ بالاتر از حالت دیگر است. نتایج اندازه‌گیری شده در نمونه میدانی نشان می‌دهد که مدل حاوی چوب‌پنبه، میانگین دمای $12/06^{\circ}\text{C}$ و مدل حاوی یونولیت میانگین دمای $11/1^{\circ}\text{C}$ دارد. این نتایج با یافته‌های حاصل از شبیه‌سازی مبنی بر عملکرد بهتر چوب‌پنبه نسبت به یونولیت مطابقت دارد که اختلاف دمای این دو مدل $0/96^{\circ}\text{C}$ است.

۴-۱- اعتبارسنجی پژوهش

جهت اعتبارسنجی یافته‌های پژوهش، دو مکعب چوبی به ابعاد 30×45 سانتیمتر، ارتفاع ۲۰ و ضخامت ۱.۵ سانتیمتر ساخته شد. طبق جدول حاوی دو لایه از مصالح، در یکی از جعبه‌ها چوب‌پنبه و در دیگری یونولیت با ضخامت ۱ سانتیمتر قرار داده شد. کف هر دو مدل ۱.۵ سانتیمتر چوب و مقوای ۵ میلیمتری بوده و سقف آن نیز تخته چوبی ۱.۵ سانتیمتر است. روند اندازه‌گیری دمایی توسط دیتالاگر هاتول مدل ۲۰۶۰ به صورت ساعتی و به مدت یک هفته از ۱۰ ژانویه تا ۱۶ ژانویه در تهران در نظر گرفته شد (شکل ۶). طبق مطالعات اقلیمی، ماه ژانویه سردترین ماه سال برای اقلیم کرمانشاه بوده و ملاک ارزیابی مطالعه میدانی و شبیه‌سازی پژوهش است. شرایط مشابهی نیز در نرم‌افزار دیزاین بیلدر شبیه‌سازی

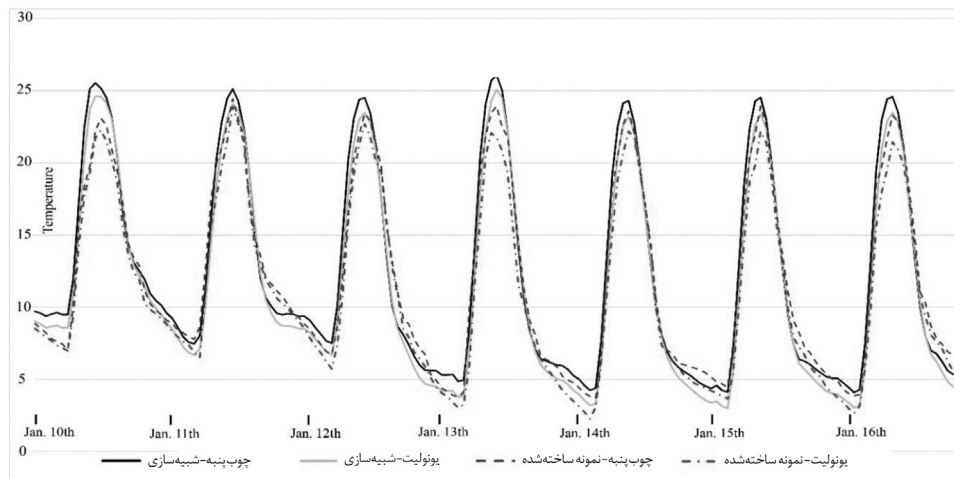
شکل ۶: ساخت نمونه‌های میدانی جهت آزمایش نتایج دمایی توسط دیتالاگر



دمای بالاتری نسبت به نتایج نمونه میدانی دارد. همچنین این اختلاف دمایی در مدل‌های حاوی یونولیت 0.44°C به نفع حالت شبیه‌سازی شده است که طبق مطالعه‌ای که در این حوزه صورت گرفته و اختلاف 0.5°C را در مقایسه نمونه‌های اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی قابل قبول می‌داند (Taveres-Cachat 2020). می‌توان این پژوهش را دارای اعتبار لازم دانست.

مطابق شکل ۷، نمودار دمایی حالت‌های شبیه‌سازی شده و نمونه میدانی برای ترکیبات حاوی چوب‌پنبه و یونولیت نمایش داده شده که مشاهده می‌شود در دو حالت شبیه‌سازی و ساخت نمونه واقعی، استفاده از چوب‌پنبه باعث بهبود عملکرد دمایی در حجم مورد نظر شده است. ارزیابی نتایج دمایی نشان می‌دهد که فرم حاوی چوب‌پنبه در حالت شبیه‌سازی شده 0.31°C میانگین

شکل ۷: مقایسه دمای ساعتی نمونه‌های شبیه‌سازی شده و میدانی به مدت یک هفته



نرم‌افزار دیزاین بیلدر مدل شده و ۱۷ نوع پوشش متصور به عنوان پوشش دیواره‌های سرپناه بر روی آن اعمال و نتایج دمایی فضای داخل ارزیابی گردید. از آنجایی که اقلیم سرد مدنظر قرار گرفته، لذا ملاک عمل ماه‌های سرد دسامبر تا فوریه می‌باشد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد (جدول ۲)، در مدل A، پوشش فایبرگلاس بهترین عملکرد را داشته است. برای مثال در شرایطی که میانگین ماهیانه دمای خارج در ژانویه -1.7°C درجه سانتیگراد است، دمای داخل سرپناه 15.3°C درجه سانتیگراد خواهد بود. پس از آن مقوا با پوشش پلاستیکی روی آن در فضای خارج مناسب ارزیابی شده و میانگین دمای داخل سرپناه با این نوع پوشش به ضخامت پنج سانتیمتر در ماه‌های سرد بین 13°C تا 16°C درجه سانتیگراد خواهد بود.

۵. یافته‌ها و بحث

تأمین سرپناه با انتخاب مناسب عوامل دخیل در شکل‌گیری طرحی موفق می‌تواند ارتقاء یابد. در این صورت توجه به مواردی چون حفظ ایستایی طرح نهایی در کنار عملکرد مناسب دمایی آن حائز اهمیت است که نتیجه حاصل، ایجاد شرایط مطلوب نسبی برای سانه‌دیدگان خواهد بود.

۵-۱- ارزیابی دمایی مدل پایه با اعمال پوشش‌ها در حالت تک‌لایه

برای انجام پروسه پژوهش، ابتدا مدل ساده طرح سرپناه مکعب شکل (فرم A) که به عنوان مدل پایه یاد می‌شود با اعمال شرایط تعیین‌شده در سناریوی کاربرد فضایی در

جدول ۲: میانگین دمای ماهیانه در ماه‌های سرد بر روی فرم پایه سرپناه با اعمال پوشش‌های تک‌لایه

اولویت پوشش‌ها	میلگین دمای ماهیانه فضای خارج در ماه Jan	میلگین دمای ماهیانه Feb °C	میلگین دمای ماهیانه Jan °C	میلگین دمای ماهیانه Dec °C	ضریب انتقال حرارت (u-value)	ضخامت (m)	پوشش جداره‌ها در مدل A ۲.۲*۴*۳
۱۷	-۱.۷	۷.۵	۶.۴۳	۹.۶۲	۳.۶	۰.۰۰۵	روکش سبک فلزی
۶	-۱.۷	۱۱.۳۷	۱۰.۲۵	۱۳.۵۱	۲.۳۱	۰.۲۲	آجر
۳	-۱.۷	۱۳.۲۷	۱۲.۲۸	۱۴.۸۳	۱.۴۳	۰.۱	بلوک سیمانی
۱	-۱.۷	۱۶.۱۶	۱۵.۳	۱۷.۲۴	۰.۷۶	۰.۰۴	فایبرگلاس
۱۷	-۱.۷	۱۰.۸۶	۹.۸۱	۱۲.۸۱	۲.۹۷	۰.۰۳	بالشتک هوا
۱۴	-۱.۷	۹.۱۳	۸.۰۵	۱۱.۴۷	۵.۳۷	۰.۰۰۴	نایلون
۱۲	-۱.۷	۹	۸.۱۹	۱۱.۸	۵.۸۸	۰.۰۰۴	الومینیوم
۱۵	-۱.۷	۸.۲۷	۷.۴۶	۱۰.۹۳	۵.۸۷	۰.۰۰۴	فلز ضدزنگ
۱۱	-۱.۷	۱۰.۳۳	۹.۲۲	۱۲.۷۳	۳.۷۱	۰.۰۵	بالشتک آب
۲	-۱.۷	۱۴.۷۴	۱۳.۷۸	۱۶.۱۲	۱.۱۴	۰.۰۵	مقوا
۵	-۱.۷	۱۱.۷۹	۱۰.۷۷	۱۳.۵	۲.۱۲	۰.۰۳	نی
۴	-۱.۷	۱۲.۲۶	۱۱.۲۱	۱۴.۱۵	۲.۲۹	۰.۰۴	تخته چندلا
۹	-۱.۷	۱۰.۵۱	۹.۴۷	۱۲.۴۲	۲.۹۷	۰.۰۱	فرش
۱۳	-۱.۷	۸.۹۵	۸.۱۲	۱۱.۷۷	۵.۸۸	۰.۰۱	مس
۱۰	-۱.۷	۱۰.۴۵	۹.۳۶	۱۲.۵۹	۳.۴۴	۰.۰۳	PTFE
۸	-۱.۷	۱۰.۶۴	۹.۵۷	۱۲.۶۳	۲.۸۸	۰.۰۳	لاستیک
۱۶	-۱.۷	۷.۸۴	۶.۷۷	۹.۷۷	۳.۹۴	۰.۰۳	شن

میانگین دمای ماهیانه داخل سرپناه در فرم A در فصول سرد بین 16.78°C تا 18.54°C درجه سانتیگراد و قابل قبول است. با دقت در ۱۰ پوشش برتر دوجداره برای سرپناه مشخص می‌شود که مصالح مؤثر در تعدیل دمایی فضای داخل سرپناه از میان گزینه‌های مورد بررسی، چوب‌پنبه و فایبرگلاس است که در کاهش ضریب انتقال حرارت و در نتیجه کاهش تبادل حرارت با فضای خارج عملکرد مطلوبی دارند (جدول ۳).

۵-۲- ارزیابی دمایی مدل پایه با اعمال پوشش‌ها در حالت دو لایه

همین روند از کنار هم قرار دادن مصالح جدول ۱ و ایجاد پوشش دو لایه و بررسی نتایج دمایی آن صورت گرفت. نتایج زیر نشان می‌دهد که از بین این مصالح، ترکیب چوب‌پنبه در جداره خارجی و فرش برای جداره داخلی سرپناه با ضخامت کلی ۱۶ میلیمتر با ضریب انتقال حرارت $0.54 \text{ w/m}^2\text{-k}$ بهترین عملکرد دمایی را داشته و

جدول ۳: میانگین دمای ماهیانه در ماه‌های سرد بر روی فرم پایه سرپناه با اعمال پوشش‌های دو لایه

اولویت پوشش‌ها	میلگین دمای ماهیانه فضای خارج در ماه Jan	میلگین دمای ماهیانه Feb °C	میلگین دمای ماهیانه Jan °C	میلگین دمای ماهیانه Dec °C	ضریب انتقال حرارت (u-value)	ضخامت (m)	پوشش جداره‌ها در مدل A ۲.۲*۴*۳
۳۲	-۱.۷	۹.۵۷	۸.۴۸	۱۱.۷۶	۳.۸۱	۰.۰۴	گرانیت/ PVC
۲۶	-۱.۷	۱۱.۸۷	۱۰.۷۵	۱۳.۷۹	۱.۷۹	۰.۲۳	آجر/ گچ
۱۱	-۱.۷	۱۴.۵۸	۱۳.۶۴	۱۵.۹۳	۱.۰۹	۰.۰۶	تخته چندلا/ چوب‌پنبه
۱۳	-۱.۷	۱۳.۲۵	۱۲.۲۵	۱۴.۸۱	۱.۴۹	۰.۰۶	تخته چندلا/ PVC
۱۶	-۱.۷	۱۲.۹۲	۱۱.۹۱	۱۴.۶۹	۱.۵۷	۰.۱۱	آجر/ چوب‌پنبه

اولویت پوشش‌ها	میلگین دمای ماهیانه فضای خارج در ماه Jan	میلگین دمای ماهیانه Feb °C	میلگین دمای ماهیانه Jan °C	میلگین دمای ماهیانه Dec °C	ضریب انتقال حرارت (u-value)	ضخامت (m)	پوشش جداره‌ها در مدل A ۲.۲*۴*۳
۲۱	-۱.۷	۱۲.۳۹	۱۱.۳۲	۱۴.۳۵	۲.۰۴	۰.۰۰۸	نایلون / PTFE
۳۱	-۱.۷	۱۰.۳۷	۹.۲۶	۱۲.۵۶	۲.۹۱	۰.۱۳	ملات / آجر
۸	-۱.۷	۱۶.۷۸	۱۵.۹۷	۱۷.۸۴	۰.۶۱	۰.۰۸	چوب پنبه / مقوا
۳۰	-۱.۷	۱۰.۴۴	۹.۳۴	۱۲.۶	۲.۸۵	۰.۱۳	ملات سیمان / آجر
۲۹	-۱.۷	۱۰.۵۱	۹.۴۲	۱۲.۶۳	۲.۹۱	۰.۰۸	ملات / شن
۲	-۱.۷	۱۷.۵۴	۱۶.۷۸	۱۸.۵۱	۰.۵۲	۰.۰۷	نایلون / فایبرگلاس
۱۸	-۱.۷	۱۲.۶۳	۱۱.۷۶	۱۴.۸۳	۱.۷۵	۰.۰۷	آلومینیوم / تخته چندلا
۷	-۱.۷	۱۶.۹۱	۱۶.۲۱	۱۸.۱۶	۰.۵۹	۰.۰۷	آلومینیوم / چوب پنبه
۲۰	-۱.۷	۱۲.۴۳	۱۱.۵۷	۱۴.۶۷	۱.۸۳	۰.۰۷	آلومینیوم / یونولیت
۴	-۱.۷	۱۷.۳	۱۶.۶۲	۱۸.۴۶	۰.۵۳	۰.۰۷	آلومینیوم / فایبرگلاس
۳	-۱.۷	۱۷.۳۲	۱۶.۶۵	۱۸.۴۸	۰.۵۳	۰.۰۶۵	مس / فایبرگلاس
۱۷	-۱.۷	۱۲.۶۵	۱۱.۸	۱۴.۸۴	۱.۷۵	۰.۰۶۵	مس / تخته چندلا
۶	-۱.۷	۱۶.۹۴	۱۶.۲۳	۱۸.۱۸	۰.۵۹	۰.۰۶۵	مس / چوب پنبه
۱۹	-۱.۷	۱۲.۴۶	۱۱.۶	۱۴.۶۹	۱.۸۳	۰.۰۶۵	مس / یونولیت
۱۰	-۱.۷	۱۵.۷	۱۴.۸۱	۱۶.۹۱	۰.۸۵	۰.۰۶	فایبرگلاس / پلی کربنات
۵	-۱.۷	۱۷.۱۸	۱۶.۴	۱۸.۱۵	۰.۵۶	۰.۰۶	فایبرگلاس / چوب پنبه
۱۴	-۱.۷	۱۳.۲۲	۱۲.۱۸	۱۵.۰۱	۱.۷۹	۰.۰۶	تخته چندلا / یونولیت
۹	-۱.۷	۱۶.۲۵	۱۵.۳۷	۱۷.۴۷	۰.۸۱	۰.۰۶	تخته چندلا / فایبرگلاس
۲۵	-۱.۷	۱۱.۸۶	۱۰.۸۴	۱۳.۵۷	۲.۰۹	۰.۰۳۲	نی / نایلون
۱۲	-۱.۷	۱۳.۷۷	۱۲.۷۹	۱۵.۲۲	۱.۳۳	۰.۰۵	نی / مقوا
۲۴	-۱.۷	۱۱.۸۶	۱۰.۸۴	۱۳.۵۶	۲.۱۲	۰.۰۳۵	نی / آلومینیوم
۲۳	-۱.۷	۱۱.۸۷	۱۰.۸۵	۱۳.۵۹	۲.۱۲	۰.۰۳۵	نی / مس
۲۷	-۱.۷	۱۱.۰۴	۹.۹۹	۱۲.۹۶	۲.۹	۰.۰۱۲	نایلون / فرش
۱	-۱.۷	۱۷.۵۶	۱۶.۷۸	۱۸.۵۴	۰.۵۴	۰.۰۱۶	چوب پنبه / فرش
۲۸	-۱.۷	۱۰.۶۸	۹.۸۷	۱۳.۱۶	۲.۹۷	۰.۰۱۵	آلومینیوم / فرش
۲۲	-۱.۷	۱۲.۳۸	۱۱.۳	۱۴.۲۳	۱.۶۲	۰.۲۱	آجر / فرش
۱۵	-۱.۷	۱۳.۰۳	۱۲	۱۴.۷۵	۱.۸۶	۰.۰۴	تخته چندلا / فرش

استخراج شدند. نتایج به دست آمده در جدول بالا حاکی از این امر است که ترکیبات شامل فایبرگلاس، تخته چندلا و پلی‌اورتان به عنوان لایه عایق مابین جداره‌ها بهترین عملکرد را داشته و دمای فضای داخل سرپناه را در ماه‌های سرد در محدوده مناسبی حفظ می‌کنند (جدول ۴).

۵-۳- ارزیابی دمایی مدل پایه با اعمال پوشش‌ها در حالت سه لایه

ترکیب سه لایه پوشش جداره سرپناه نیز از مصالح موجود شامل ۴۱ ترکیب متنوع بوده که تک تک بر روی مدل پایه (A) اعمال شده و سپس خروجی‌های آن به جهت دمایی

جدول ۴: میانگین دمای ماهیانه در ماه‌های سرد بر روی فرم پایه سرپناه با اعمال پوشش‌های سه لایه

اولویت پوشش‌ها	میلگین دمای ماهیانه فضای خارج در ماه Jan	میلگین دمای ماهیانه Feb °C	میلگین دمای ماهیانه Jan °C	میلگین دمای ماهیانه Dec °C	ضریب انتقال حرارت (u-value)	ضخامت (m)	پوشش جداره‌ها در مدل A ۳*۴*۲.۲
۴۱	-۱.۷	۱۰.۰۸	۸.۹۷	۱۲.۳۴	۳.۱۶	۰.۱۳	سنگ آهک/ ملات/ آجر
۴۰	-۱.۷	۱۰.۹۵	۹.۸۷	۱۲.۹۴	۲.۴۴	۰.۱۳	سنگ آهک/ لایه هوا/ آجر
	-۱.۷	۱۴.۹۶	۱۴.۰۴	۱۶.۳۷	۰.۹۸	۰.۱	ملات سیمان/ آجر/ چوب پنبه
۳۸	-۱.۷	۱۱.۶۶	۱۰.۶	۱۳.۶	۲.۱۴	۰.۱	ملات سیمان/ آجر/ تخته چندلا
۳۹	-۱.۷	۱۱.۵۵	۱۰.۴۹	۱۳.۵۱	۲.۱	۰.۱	ملات سیمان/ آجر/ PVC
	-۱.۷	۱۵.۳۶	۱۴.۴۷	۱۶.۷۱	۰.۸۸	۰.۱	ملات سیمان/ آجر/ فایبر گلاس
	-۱.۷	۱۷.۴	۱۶.۶۲	۱۸.۴۱	۰.۵۴	۰.۰۸۳	نایلون/ چوب پنبه/ مقوا
	-۱.۷	۱۴.۸۷	۱۳.۹۲	۱۶.۳۴	۱.۰۹	۰.۰۸۳	نایلون/ یونولیت/ مقوا
	-۱.۷	۱۶.۴۸	۱۵.۶۲	۱۷.۶	۰.۶۹	۰.۰۵۸	نایلون/ چوب پنبه/ آلومینیوم
	-۱.۷	۱۲.۴۶	۱۱.۴۲	۱۴.۲۸	۲.۰۲	۰.۰۵۸	نایلون/ یونولیت/ آلومینیوم
۵	-۱.۷	۱۸.۰۱	۱۷.۳	۱۸.۹۲	۰.۴۳	۰.۰۸۳	نایلون/ چوب پنبه/ فایبر گلاس
	-۱.۷	۱۶.۳۸	۱۵.۵۳	۱۷.۶۱	۰.۷۴	۰.۰۸۳	نایلون/ یونولیت/ فایبر گلاس
	-۱.۷	۱۷.۲۲	۱۶.۴۲	۱۸.۳	۰.۵۹	۰.۰۹	تخته چندلا/ پشم شیشه/ تخته چندلا
	-۱.۷	۱۳.۳۴	۱۲.۳۲	۱۵.۰۳	۱.۷	۰.۰۶	تخته چندلا/ هوا/ تخته چندلا
۴	-۱.۷	۱۸.۰۵	۱۷.۳۲	۱۹.۰۱	۰.۴۵	۰.۰۹	تخته چندلا/ پلی‌اورتان/ تخته چندلا
	-۱.۷	۱۷.۲۲	۱۶.۴۲	۱۸.۳	۰.۵۹	۰.۰۹	تخته چندلا/ پشم سنگ/ تخته چندلا
	-۱.۷	۱۴.۳۳	۱۳.۳۲	۱۵.۹۷	۱.۳۳	۰.۰۹	تخته چندلا/ یونولیت/ تخته چندلا
	-۱.۷	۱۶.۸۳	۱۵.۹۹	۱۷.۹۴	۰.۶۴	۰.۰۷۵	تخته چندلا/ پشم شیشه/ آلومینیوم
۸	-۱.۷	۱۷.۷۷	۱۷.۰۱	۱۸.۷۵	۰.۴۷	۰.۰۷۵	تخته چندلا/ پلی‌اورتان/ آلومینیوم
	-۱.۷	۱۶.۸۳	۱۶	۱۷.۹۴	۰.۶۴	۰.۰۷۵	تخته چندلا/ پشم سنگ/ آلومینیوم
	-۱.۷	۱۳.۵۷	۱۲.۵۴	۱۵.۳۱	۱.۶۲	۰.۰۷۵	تخته چندلا/ یونولیت/ آلومینیوم
	-۱.۷	۱۷.۹۵	۱۷.۲۴	۱۸.۸۵	۰.۴۱	۰.۱	فایبر گلاس/ پشم شیشه/ تخته چندلا
۱	-۱.۷	۱۸.۴۹	۱۷.۸۳	۱۹.۳۳	۰.۳۳	۰.۱	فایبر گلاس/ پلی‌اورتان/ تخته چندلا
۷	-۱.۷	۱۷.۹۵	۱۷.۲۴	۱۸.۸۵	۰.۴۱	۰.۱	فایبر گلاس/ پشم سنگ/ تخته چندلا
	-۱.۷	۱۶.۳۹	۱۵.۵۲	۱۷.۵	۰.۶۷	۰.۱	فایبر گلاس/ یونولیت/ تخته چندلا
۶	-۱.۷	۱۷.۹۶	۱۷.۲۵	۱۸.۸۷	۰.۴۱	۰.۱	فایبر گلاس/ چوب پنبه/ تخته چندلا
	-۱.۷	۱۵.۷۱	۱۴.۸۲	۱۶.۹۱	۰.۸۵	۰.۰۵۳	فایبر گلاس/ نایلون/ تخته چندلا
۱۰	-۱.۷	۱۷.۶۸	۱۶.۹۴	۱۸.۶	۰.۴۳	۰.۰۸۵	فایبر گلاس/ پشم شیشه/ آلومینیوم
۲	-۱.۷	۱۸.۲۸	۱۷.۶	۱۹.۱۴	۰.۳۵	۰.۰۸۵	فایبر گلاس/ پلی‌اورتان/ آلومینیوم
	-۱.۷	۵.۹۳	۱۵.۰۴	۱۷.۱۱	۰.۷۴	۰.۰۸۵	فایبر گلاس/ یونولیت/ آلومینیوم
۹	-۱.۷	۱۷.۶۹	۱۶.۹۶	۱۸.۶۳	۰.۴۳	۰.۰۸۵	فایبر گلاس/ چوب پنبه/ آلومینیوم
	-۱.۷	۱۵.۱۱	۱۴.۱۹	۱۶.۳۴	۰.۹۶	۰.۰۳۸	فایبر گلاس/ نایلون/ آلومینیوم
	-۱.۷	۱۶.۱۶	۱۵.۳	۱۷.۲۹	۰.۷۵	۰.۰۶	فایبر گلاس/ تخته چندلا/ فرش

اولویت پوشش‌ها	میلگین دمای ماهیانه فضای خارج در ماه Jan	میلگین دمای ماهیانه Feb °C	میلگین دمای ماهیانه Jan °C	میلگین دمای ماهیانه Dec °C	ضریب انتقال حرارت (u-value)	ضخامت (m)	پوشش جداره‌ها در مدل A ۲.۲*۴*۳
۳	-۱.۷	۱۸.۰۳	۱۷.۳۳	۱۸.۹۱	۰.۴	۰.۰۹	فایبرگلاس/چوب‌پنبه/فرش
	-۱.۷	۱۶.۷۶	۱۶.۰۵	۱۸.۰۲	۰.۶۳	۰.۰۶۵	آلومینیوم/چوب‌پنبه/فرش
	-۱.۷	۱۶.۹۹	۱۶.۱۸	۱۸.۰۳	۰.۶۲	۰.۰۶۳	نایلون/چوب‌پنبه/فرش
۳۷	-۱.۷	۱۲.۲۸	۱۱.۲۵	۱۴.۰۳	۲.۰۷	۰.۰۳۳	نایلون/تخته چندلا/فرش
	-۱.۷	۱۳.۹	۱۲.۹۳	۱۵.۳۷	۱.۲۹	۰.۰۶	نی/تخته چندلا/فرش
	-۱.۷	۱۳.۱۵	۱۲.۱۶	۱۴.۶۸	۱.۵۴	۰.۰۴۳	نی/نایلون/فرش
	-۱.۷	۱۳.۶۷	۱۲.۶۶	۱۵.۴۱	۱.۴۹	۰.۰۸	تخته چندلا/فرش/PTFE
	-۱.۷	۱۷.۲۴	۱۶.۴۸	۱۸.۳۹	۰.۵۶	۰.۱۱	چوب‌پنبه/فرش/PTFE

اولویت پوشش‌ها قرار دارد و میانگین دمای داخلی ماهیانه در ماه‌های سرد دسامبر، ژانویه و فوریه در این مدل به ترتیب °C ۱۹.۶۹، ۱۸.۴۲ و ۱۹.۲۱ است. چنانچه این دماها با مدل پایه A مقایسه شود، تغییر دمای حدود ۳°C خواهد داشت که نشان‌دهنده بهبود عملکرد فرم گنبدی است. این اختلاف دما در فرم‌های B و C نیز حدوداً به همین میزان است (جدول ۵).

۵-۴- ارزیابی دمایی مدل برتر سرپناه با اعمال پوشش‌ها در حالت تک‌لایه

مدل E در طرح سرپناه می‌تواند الهام‌گرفته از سرپناه کوچ‌نشینان باشد و بررسی عملکرد پوشش‌ها در حالت‌های تک‌لایه، دو لایه و سه لایه در اقلیم سرد می‌تواند میزان تأثیرگذاری این نوع طرح را در شرایط آبی تحت تأثیر قرار دهد. یافته‌ها نشان می‌دهد، که پوشش فایبرگلاس در

جدول ۵: میانگین دمای ماهیانه در ماه‌های سرد بر روی فرم برتر سرپناه با اعمال پوشش‌های تک‌لایه

اولویت پوشش‌ها	میلگین دمای ماهیانه فضای خارج در ماه Jan	میلگین دمای ماهیانه Feb °C	میلگین دمای ماهیانه Jan °C	میلگین دمای ماهیانه Dec °C	ضریب انتقال حرارت (u-value)	ضخامت (m)	پوشش جداره‌ها در مدل E r = ۲.۳۵
۱۷	-۱.۷	۸.۳۲	۶.۹۴	۹.۶۷	۳.۶	۰.۰۰۵	روکش سبک فلزی
۶	-۱.۷	۱۳.۸۷	۱۲.۴۲	۱۵.۲	۲.۳۱	۰.۲۲	آجر
۳	-۱.۷	۱۵.۹	۱۴.۷۷	۱۶.۷۱	۱.۴۳	۰.۱	بلوک سیمانی
۱	-۱.۷	۱۹.۲۱	۱۸.۴۲	۱۹.۶۹	۰.۷۶	۰.۰۴	فایبرگلاس
۷	-۱.۷	۱۲.۶	۱۱.۲۲	۱۳.۶۴	۲.۹۷	۰.۰۳	بالشتک هوا
۱۴	-۱.۷	۱۰.۲۴	۸.۷	۱۱.۶	۵.۳۷	۰.۰۰۴	نایلون
	-۱.۷	۱۰.۲۶	۹.۲۸	۱۲.۶۱	۵.۸۸	۰.۰۰۴	آلومینیوم
۱۵	-۱.۷	۹.۳۹	۸.۴۷	۱۱.۷۲	۵.۸۷	۰.۰۰۴	فلز ضدزنگ
	-۱.۷	۱۲.۰۲	۱۰.۴۸	۱۳.۵۳	۳.۷۱	۰.۰۵	بالشتک آب
۲	-۱.۷	۱۷.۵۵	۱۶.۵۲	۱۸.۱۸	۱.۱۴	۰.۰۵	مقوا
۵	-۱.۷	۱۳.۸۶	۱۲.۶۱	۱۴.۷۵	۲.۱۲	۰.۰۳	نی
۴	-۱.۷	۱۴.۴۱	۱۳.۰۵	۱۵.۴۱	۲.۲۹	۰.۰۴	تخته چندلا
۹	-۱.۷	۱۲.۱۶	۱۰.۸۳	۱۳.۲	۲.۹۷	۰.۰۱	فرش
۱۳	-۱.۷	۱۰.۲۲	۹.۲	۱۲.۵۹	۵.۸۸	۰.۰۱	مس
۱۰	-۱.۷	۱۲.۰۷	۱۰.۶۲	۱۳.۳۲	۳.۴۴	۰.۰۳	PTFE
۸	-۱.۷	۱۲.۳۸	۱۱.۰۲	۱۳.۵۵	۲.۸۸	۰.۰۳	لاستیک
۱۶	-۱.۷	۸.۸۵	۷.۵۶	۱۰.۱۳	۳.۹۴	۰.۰۳	شن

که بار اصلی این مسئولیت در شرایط بحرانی بر عهده پوشش‌های سرپناه باشد.

در این نمونه اولویت‌های برتر پوشش‌ها به ترتیب شامل مس- فایبرگلاس، نایلون- فایبرگلاس، آلومینیوم- فایبرگلاس، چوب‌پنبه- فرش و فایبرگلاس- چوب‌پنبه بوده، که شرایط دمایی تقریباً برابری داشته و در تمام موارد فایبرگلاس و چوب‌پنبه در این روند سهم به‌سزایی دارند (جدول ۶).

۵-۵- ارزیابی دمایی مدل برتر با اعمال پوشش‌ها در حالت دو لایه

ارزیابی عملکرد سرپناه E با اعمال مصالح دو لایه بر روی آن نشان می‌دهد که تقریباً در ۸ اولویت برتر از پوشش‌های دولایه، میانگین دمای داخلی سرپناه در ماه‌های سرد حداقل 20°C بوده که این امر بسیار مطلوب می‌باشد چرا که در شرایط سرپناه پس از سانحه که فقط وضعیت اسکان اولیه قربانیان مدنظر قرار می‌گیرد، امکانات گرمایشی وجود نداشته که می‌توان امیدوار بود

جدول ۶: میانگین دمای ماهیانه در ماه‌های سرد بر روی فرم برتر سرپناه با اعمال پوشش‌های دو لایه

اولویت پوشش‌ها	میلگین دمای ماهیانه فضای خارج در ماه Jan	میلگین دمای ماهیانه Feb $^{\circ}\text{C}$	میلگین دمای ماهیانه Jan $^{\circ}\text{C}$	میلگین دمای ماهیانه Dec $^{\circ}\text{C}$	ضریب انتقال حرارت (u-value)	ضخامت (m)	پوشش جداره‌ها در مدل E $r = 2.35$
۳۲	-۱.۷	۱۱.۰۲	۹.۵۶	۱۲.۳۵	۳.۸۱	۰.۰۴	گرانیت / PVC
	-۱.۷	۱۴.۶۲	۱۳.۲۸	۱۵.۸۱	۱.۷۹	۰.۲۳	آجر / گچ
	-۱.۷	۱۷.۴۲	۱۶.۴۳	۱۸.۰۶	۱.۰۹	۰.۰۶	تخته چندلا / چوب‌پنبه
	-۱.۷	۱۵.۷۹	۱۴.۶۵	۱۶.۵۸	۱.۴۹	۰.۰۶	تخته چندلا / PVC
	-۱.۷	۱۵.۵۴	۱۴.۳۶	۱۶.۵۷	۱.۵۷	۰.۱۱	آجر / چوب‌پنبه
	-۱.۷	۱۴.۷۶	۱۳.۴۳	۱۵.۹	۲.۰۴	۰.۰۰۸	نایلون / PTFE
۳۱	-۱.۷	۱۲.۲۷	۱۰.۸۲	۱۳.۶۷	۲.۹۱	۰.۱۳	ملات / آجر
۸	-۱.۷	۲۰.۴۱	۱۹.۶۶	۲۰.۸۲	۰.۶۱	۰.۰۸	چوب‌پنبه / مقوا
	-۱.۷	۱۲.۳۶	۱۰.۹۲	۱۳.۷۲	۲.۸۵	۰.۱۳	ملات سیمان / آجر
۳۰	-۱.۷	۱۲.۳۳	۱۰.۹۲	۱۳.۶۴	۲.۹۱	۰.۰۸	ملات / شن
۲	-۱.۷	۲۰.۸۶	۲۰.۲۲	۲۱.۲۷	۰.۵۲	۰.۰۷	نایلون / فایبرگلاس
	-۱.۷	۱۵.۳۲	۱۴.۴۴	۱۷.۰۱	۱.۷۵	۰.۰۷	آلومینیوم / تخته چندلا
۷	-۱.۷	۲۰.۲۹	۱۹.۷۶	۲۱.۰۶	۰.۵۹	۰.۰۷	آلومینیوم / چوب‌پنبه
	-۱.۷	۱۵.۰۸	۱۴.۱۹	۱۶.۸۱	۱.۸۳	۰.۰۷	آلومینیوم / یونولیت
۳	-۱.۷	۲۰.۷۲	۲۰.۲۲	۲۱.۴۴	۰.۵۳	۰.۰۷	آلومینیوم / فایبرگلاس
۱	-۱.۷	۲۰.۷۳	۲۰.۲۴	۲۱.۴۵	۰.۵۳	۰.۰۶۵	مس / فایبرگلاس
	-۱.۷	۱۵.۳۴	۱۴.۴۶	۱۷.۰۲	۱.۷۵	۰.۰۶۵	مس / تخته چندلا
۶	-۱.۷	۲۰.۳	۱۹.۷۷	۲۱.۰۷	۰.۵۹	۰.۰۶۵	مس / چوب‌پنبه
	-۱.۷	۱۵.۱	۱۴.۲۱	۱۶.۸۲	۱.۸۳	۰.۰۶۵	مس / یونولیت
۱۰	-۱.۷	۱۸.۷۲	۱۷.۸۶	۱۹.۲۷	۰.۸۵	۰.۰۶	فایبرگلاس / پلی کربنات
۵	-۱.۷	۲۰.۴۳	۱۹.۷۶	۲۰.۸۴	۰.۵۶	۰.۰۶	فایبرگلاس / چوب‌پنبه
	-۱.۷	۱۵.۶۹	۱۴.۴۱	۱۶.۶۲	۱.۷۹	۰.۰۶	تخته چندلا / یونولیت
۹	-۱.۷	۱۹.۳۴	۱۸.۴۹	۱۹.۸۸	۰.۸۱	۰.۰۶	تخته چندلا / فایبرگلاس
	-۱.۷	۱۳.۹۶	۱۲.۷۱	۱۴.۸۵	۲.۰۹	۰.۰۳۲	نی / نایلون
	-۱.۷	۱۶.۳۹	۱۵.۳۱	۱۷.۱	۱.۳۳	۰.۰۵	نی / مقوا
	-۱.۷	۱۳.۷۱	۱۲.۴۴	۱۴.۶	۲.۱۲	۰.۰۳۵	نی / آلومینیوم

اولویت پوشش‌ها	میلگین دمای ماهیانه فضای خارج در ماه Jan	میلگین دمای ماهیانه Feb °C	میلگین دمای ماهیانه Jan °C	میلگین دمای ماهیانه Dec °C	ضریب انتقال حرارت (u-value)	ضخامت (m)	پوشش جداره‌ها در مدل E r = ۲.۳۵
	-۱.۷	۱۳.۷۳	۱۲.۴۶	۱۴.۶۴	۲.۱۲	۰.۰۳۵	نی/مس
۲۹	-۱.۷	۱۲.۷۹	۱۱.۴۲	۱۳.۸۱	۲.۹	۰.۰۱۲	نایلون/فرش
۴	-۱.۷	۲۰.۸۳	۲۰.۱۷	۲۱.۲۱	۰.۵۴	۰.۰۱۶	چوب‌پنبه/فرش
۲۸	-۱.۷	۱۲.۷۴	۱۱.۸۴	۱۴.۷۷	۲.۹۷	۰.۰۱۵	آلومینیوم/فرش
	-۱.۷	۱۵.۲۴	۱۳.۹۸	۱۶.۳۷	۱.۶۲	۰.۲۱	آجر/فرش
	-۱.۷	۱۵.۴	۱۴.۱۲	۱۶.۲۷	۱.۸۶	۰.۰۴	تخته چندلا/فرش

۵-۶- ارزیابی دمایی مدل برتر با اعمال پوشش‌ها در حالت سه لایه

با به‌کارگیری پوشش‌های سه لایه، ترکیب فایبرگلاس- پلی‌اورتان و همین‌طور ترکیب فایبرگلاس- چوب‌پنبه و کاربرد پشم سنگ و پشم شیشه همراه با یکی از ترکیب‌های فوق، کمک شایانی به بهبود شرایط دمایی داخلی می‌کند. برای مثال طبق جدول زیر، در ترکیب

۵-۶- ارزیابی دمایی مدل برتر با اعمال پوشش‌ها در حالت سه لایه

با به‌کارگیری پوشش‌های سه لایه، ترکیب فایبرگلاس- پلی‌اورتان و همین‌طور ترکیب فایبرگلاس- چوب‌پنبه و کاربرد پشم سنگ و پشم شیشه همراه با یکی از ترکیب‌های فوق، کمک شایانی به بهبود شرایط دمایی داخلی می‌کند. برای مثال طبق جدول زیر، در ترکیب

جدول ۷: میانگین دمای ماهیانه در ماه‌های سرد بر روی فرم برتر سرپناه با اعمال پوشش‌های سه لایه

اولویت پوشش‌ها	میلگین دمای ماهیانه فضای خارج در ماه Jan	میلگین دمای ماهیانه Feb °C	میلگین دمای ماهیانه Jan °C	میلگین دمای ماهیانه Dec °C	ضریب انتقال حرارت (u-value)	ضخامت (m)	پوشش جداره‌ها در مدل E r = ۲.۳۵
۴۱	-۱.۷	۱۱.۹	۱۰.۴۲	۱۳.۳۵	۳.۱۶	۰.۱۳	سنگ آهک/ملات/آجر
۴۰	-۱.۷	۱۳.۰۱	۱۱.۶۵	۱۴.۱۹	۲.۴۴	۰.۱۳	سنگ آهک/لایه هوا/آجر
	-۱.۷	۱۷.۹۸	۱۷.۰۶	۱۸.۷۳	۰.۹۸	۰.۱	ملات سیمان/آجر/چوب‌پنبه
۳۸	-۱.۷	۱۳.۸۹	۱۲.۵۸	۱۵.۰۶	۲.۱۴	۰.۱	ملات سیمان/آجر/تخته چندلا
۳۹	-۱.۷	۱۳.۷۴	۱۲.۴۳	۱۴.۹۲	۲.۱	۰.۱	ملات سیمان/آجر/PVC
	-۱.۷	۱۸.۴۶	۱۷.۵۹	۱۹.۱۶	۰.۸۸	۰.۱	ملات سیمان/آجر/فایبرگلاس
۱۰	-۱.۷	۲۰.۷۲	۲۰.۰۵	۲۱.۱	۰.۵۴	۰.۰۸۳	نایلون/چوب‌پنبه/مقوا
	-۱.۷	۱۷.۸	۱۶.۸	۱۸.۵۵	۱.۰۹	۰.۰۸۳	نایلون/یونولیت/مقوا
	-۱.۷	۱۹.۴۴	۱۸.۶۴	۱۹.۸۹	۰.۶۹	۰.۰۵۸	نایلون/چوب‌پنبه/آلومینیوم
	-۱.۷	۱۴.۵۲	۱۳.۲	۱۵.۵۲	۲.۰۲	۰.۰۵۸	نایلون/یونولیت/آلومینیوم
۶	-۱.۷	۲۱.۴	۲۰.۸۲	۲۱.۷۵	۰.۴۳	۰.۰۸۳	نایلون/چوب‌پنبه/فایبرگلاس
	-۱.۷	۱۹.۵۸	۱۸.۷۹	۲۰.۱۶	۰.۷۴	۰.۰۸۳	نایلون/یونولیت/فایبرگلاس
	-۱.۷	۲۰.۵۳	۱۹.۸۱	۲۰.۹۳	۰.۵۹	۰.۰۹	تخته چندلا/پشم شیشه/تخته چندلا
	-۱.۷	۱۵.۸۳	۱۴.۵۸	۱۶.۶۷	۱.۷	۰.۰۶	تخته چندلا/هوا/تخته چندلا
	-۱.۷	۲۱.۴۴	۲۰.۸۴	۲۱.۷۸	۰.۴۵	۰.۰۹	تخته چندلا/پلی‌اورتان/تخته چندلا
	-۱.۷	۲۰.۵۳	۱۹.۸۱	۲۰.۹۴	۰.۵۹	۰.۰۹	تخته چندلا/پشم سنگ/تخته چندلا

میلگین دمای ماهیانه فضای خارج در ماه Jan	میلگین دمای ماهیانه Feb °C	میلگین دمای ماهیانه Jan °C	میلگین دمای ماهیانه Dec °C	ضریب انتقال حرارت (u-value)	ضخامت (m)	پوشش جداره‌ها در مدل E r = ۲.۳۵	
-۱.۷	۱۷.۱۶	۱۶.۰۲	۱۸.۰۲	۱.۳۳	۰.۰۹	تخته چندلا/ یونولیت/ تخته چندلا	
-۱.۷	۱۹.۸۸	۱۹.۱۲	۲۰.۳۱	۰.۶۴	۰.۰۷۵	تخته چندلا/ پشم شیشه/ آلومینیوم	
۹	-۱.۷	۲۰.۹۸	۲۰.۳۴	۲۱.۳۲	۰.۴۷	۰.۰۷۵	تخته چندلا/ پلی‌اورتان/ آلومینیوم
-۱.۷	۱۹.۸۸	۱۹.۱۲	۲۰.۳۲	۰.۶۴	۰.۰۷۵	تخته چندلا/ پشم سنگ/ آلومینیوم	
-۱.۷	۱۵.۹۴	۱۴.۶۸	۱۶.۸۸	۱.۶۲	۰.۰۷۵	تخته چندلا/ یونولیت/ آلومینیوم	
-۱.۷	۲۱.۴	۲۰.۸۳	۲۱.۷۳	۰.۴۱	۰.۱	فایبر گلاس/ پشم شیشه/ تخته چندلا	
۱	-۱.۷	۲۱.۹۹	۲۱.۴۸	۲۲.۲۷	۰.۳۳	۰.۱	فایبر گلاس/ پلی‌اورتان/ تخته چندلا
۵	-۱.۷	۲۱.۴	۲۰.۸۳	۲۱.۷۴	۰.۴۱	۰.۱	فایبر گلاس/ پشم سنگ/ تخته چندلا
-۱.۷	۱۹.۶۳	۱۸.۸۴	۲۰.۱۴	۰.۶۷	۰.۱	فایبر گلاس/ یونولیت/ تخته چندلا	
۴	-۱.۷	۲۱.۴۲	۲۰.۸۴	۲۱.۷۵	۰.۴۱	۰.۱	فایبر گلاس/ چوب‌پنبه/ تخته چندلا
-۱.۷	۱۸.۷۱	۱۷.۸۶	۱۹.۲۴	۰.۸۵	۰.۰۵۳	فایبر گلاس/ نایلون/ تخته چندلا	
۸	-۱.۷	۲۰.۹۶	۲۰.۳۷	۲۱.۳۳	۰.۴۳	۰.۰۸۵	فایبر گلاس/ پشم شیشه/ آلومینیوم
۲	-۱.۷	۲۱.۶۶	۲۱.۱۲	۲۱.۹۷	۰.۳۵	۰.۰۸۵	فایبر گلاس/ پلی‌اورتان/ آلومینیوم
-۱.۷	۱۸.۸۸	۱۸.۰۴	۱۹.۴۴	۰.۷۴	۰.۰۸۵	فایبر گلاس/ یونولیت/ آلومینیوم	
۷	-۱.۷	۲۱	۲۰.۳۷	۲۱.۳۲	۰.۴۳	۰.۰۸۵	فایبر گلاس/ چوب‌پنبه/ آلومینیوم
-۱.۷	۱۷.۷۷	۱۶.۸۲	۱۸.۳۵	۰.۹۶	۰.۰۳۸	فایبر گلاس/ نایلون/ آلومینیوم	
-۱.۷	۱۹.۲۵	۱۸.۴۶	۱۹.۷۵	۰.۷۵	۰.۰۶	فایبر گلاس/ تخته چندلا/ فرش	
۳	-۱.۷	۲۱.۴۵	۲۰.۹	۲۱.۷۸	۰.۴	۰.۰۹	فایبر گلاس/ چوب‌پنبه/ فرش
-۱.۷	۲۰.۱	۱۹.۵۶	۲۰.۸۹	۰.۶۳	۰.۰۶۵	آلومینیوم/ چوب‌پنبه/ فرش	
-۱.۷	۲۰.۲	۱۹.۴۸	۲۰.۶۲	۰.۶۲	۰.۰۶۳	نایلون/ چوب‌پنبه/ فرش	
۳۷	-۱.۷	۱۴.۴۷	۱۳.۱۸	۱۵.۳۸	۲.۰۷	۰.۰۳۳	نایلون/ تخته چندلا/ فرش
-۱.۷	۱۶.۵۸	۱۵.۵۱	۱۷.۳۲	۱.۲۹	۰.۰۶	نی/ تخته چندلا/ فرش	
-۱.۷	۱۵.۶۳	۱۴.۴۸	۱۶.۳۸	۱.۵۴	۰.۰۴۳	نی/ نایلون/ فرش	
-۱.۷	۱۶.۳۶	۱۵.۲	۱۷.۳۴	۱.۴۹	۰.۰۸	تخته چندلا/ فرش/ PTFE	
-۱.۷	۲۰.۶۶	۱۹.۹۹	۲۱.۲۲	۰.۵۶	۰.۱۱	چوب‌پنبه/ فرش/ PTFE	

۵-۷- مقایسه دمایی ۱۱ فرم سرپناه با اعمال پوشش‌های برتر دو لایه در ماه‌های سرد

طبق نتایج حاصل از میانگین دمایی مصالح مختلف جداول قبلی که در مورد تمام ۱۱ فرم با حجم برابر صورت گرفت، پوشش‌های برتر این جداول انتخاب شده و وضعیت دمایی آن‌ها در ماه ژانویه که سردترین ماه سال است سنجیده می‌شود. در شرایط پوشش‌های دولایه از جمله برترین پوشش‌ها به جهت عملکرد دمایی، پوشش چوب‌پنبه-

فرش است. مقایسه دمایی مدل‌های مختلف سرپناه با اعمال این پوشش نشان می‌دهد که مدل E با میانگین دمایی °C ۲۰.۱۷ در ماه ژانویه بالاترین عملکرد دمایی را دارد. پس از آن مدل J با میانگین دمایی °C ۱۸.۳۴ در جایگاه دوم قرار گرفته است. در جایگاه سوم نیز مدل D با پایه مکعب و سقف طاقی شکل با میانگین دمایی °C ۱۷.۵۲ قرار دارد (جدول ۸).

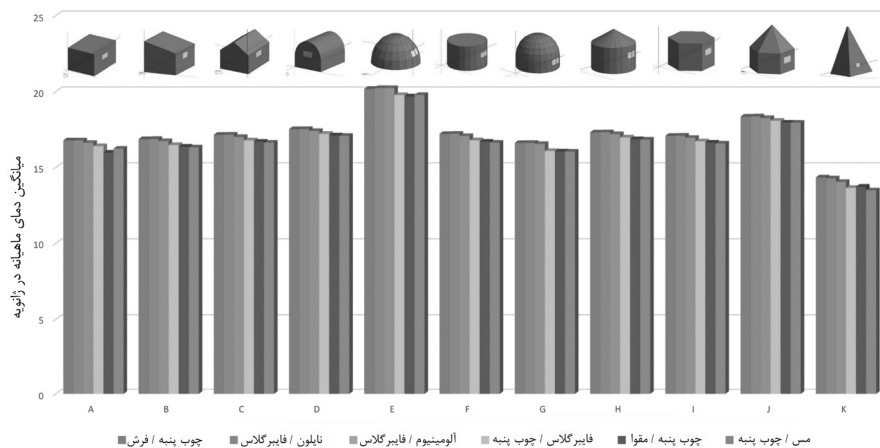
جدول ۸: مقایسه دمایی ۱۱ فرم سرپناه با پوشش‌های برتر دو لایه

چوب‌پنبه / فرش											مصالح
K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A	مدل سرپناه
۱۶.۴۷	۱۹.۸۱	۱۸.۸۰	۱۸.۹۵	۱۸.۳۰	۱۸.۸۵	۲۱.۲۱	۱۹.۰۹	۱۸.۸۲	۱۸.۶۲	۱۸.۵۴	ماه دسامبر
۱۴.۳۴	۱۸.۳۴	۱۷.۰۸	۱۷.۳۰	۱۶.۶۱	۱۷.۲۰	۲۰.۱۷	۱۷.۵۲	۱۷.۱۴	۱۶.۸۶	۱۶.۷۸	ماه ژانویه
۱۵.۳۱	۱۹.۰۲	۱۷.۸۴	۱۸.۰۵	۱۷.۴۸	۱۷.۹۶	۲۰.۸۳	۱۸.۳۳	۱۷.۹۲	۱۷.۶۴	۱۷.۵۶	ماه فوریه
نایلون / فایبرگلاس											مصالح
۱۶.۳۴	۱۹.۸۱	۱۸.۷۸	۱۸.۹۴	۱۸.۲۶	۱۸.۸۳	۲۱.۲۷	۱۹.۰۷	۱۸.۷۹	۱۸.۶۰	۱۸.۵۱	ماه دسامبر
۱۴.۲۸	۱۸.۳۶	۱۷.۰۸	۱۷.۳۲	۱۶.۶۱	۱۷.۲۱	۲۰.۲۲	۱۷.۵۳	۱۷.۱۵	۱۶.۸۷	۱۶.۷۸	ماه ژانویه
۱۵.۲۲	۱۹.۰۲	۱۷.۸۳	۱۸.۰۵	۱۷.۴۴	۱۷.۹۵	۲۰.۸۶	۱۸.۳۳	۱۷.۹۰	۱۷.۶۴	۱۷.۵۴	ماه فوریه
آلومینیوم / فایبرگلاس											مصالح
۱۶.۳۳	۱۹.۷۹	۱۸.۷۴	۱۸.۹۱	۱۸.۳۷	۱۸.۸۰	۲۱.۴۴	۱۹.۰۴	۱۸.۷۴	۱۸.۵۸	۱۸.۴۶	ماه دسامبر
۱۴.۰۴	۱۸.۲۵	۱۶.۹۴	۱۷.۱۹	۱۶.۵۴	۱۷.۰۶	۲۰.۲۲	۱۷.۴۰	۱۷.۰۰	۱۶.۷۳	۱۶.۶۲	ماه ژانویه
۱۴.۸۲	۱۸.۸۵	۱۷.۶۱	۱۷.۸۴	۱۷.۲۰	۱۷.۷۱	۲۰.۷۲	۱۸.۱۳	۱۷.۶۷	۱۷.۴۰	۱۷.۳۰	ماه فوریه
فایبرگلاس / چوب‌پنبه											مصالح
۱۵.۷۳	۱۹.۵۴	۱۸.۴۴	۱۸.۶۲	۱۷.۷۵	۱۸.۴۴	۲۰.۸۴	۱۸.۷۸	۱۸.۴۵	۱۸.۲۲	۱۸.۱۵	ماه دسامبر
۱۳.۶۵	۱۸.۰۷	۱۶.۷۲	۱۶.۹۷	۱۶.۰۸	۱۶.۷۹	۱۹.۷۶	۱۷.۲۱	۱۶.۷۸	۱۶.۴۷	۱۶.۴۰	ماه ژانویه
۱۴.۶۱	۱۸.۷۵	۱۷.۴۹	۱۷.۷۲	۱۶.۹۳	۱۷.۵۵	۲۰.۴۳	۱۸.۰۳	۱۷.۵۶	۱۷.۲۵	۱۷.۱۸	ماه فوریه
چوب‌پنبه / مقوا											مصالح
۱۶.۰۵	۱۹.۵۳	۱۸.۴۸	۱۸.۶۳	۱۷.۸۸	۱۸.۴۹	۲۰.۸۲	۱۸.۷۹	۱۸.۴۹	۱۸.۲۶	۱۷.۸۴	ماه دسامبر
۱۳.۷۳	۱۷.۹۵	۱۶.۶۳	۱۶.۸۶	۱۶.۰۵	۱۶.۶۹	۱۹.۶۶	۱۷.۱۰	۱۶.۶۹	۱۶.۳۷	۱۵.۹۷	ماه ژانویه
۱۴.۷۵	۱۸.۶۶	۱۷.۴۴	۱۷.۶۵	۱۶.۹۸	۱۷.۵۰	۲۰.۴۱	۱۷.۹۵	۱۷.۵۰	۱۷.۱۹	۱۶.۷۸	ماه فوریه
مس / چوب‌پنبه											مصالح
۱۵.۹۳	۱۹.۵۶	۱۸.۴۷	۱۸.۶۵	۱۷.۹۹	۱۸.۴۷	۲۱.۰۷	۱۸.۸۰	۱۸.۴۷	۱۸.۲۷	۱۸.۱۸	ماه دسامبر
۱۳.۴۹	۱۷.۹۵	۱۶.۵۷	۱۶.۸۳	۱۶.۰۴	۱۶.۶۳	۱۹.۷۷	۱۷.۰۷	۱۶.۶۳	۱۶.۳۲	۱۶.۲۳	ماه ژانویه
۱۴.۳۰	۱۸.۵۷	۱۷.۲۶	۱۷.۵۱	۱۶.۷۴	۱۷.۳۱	۲۰.۳۰	۱۷.۸۲	۱۷.۳۳	۱۷.۰۱	۱۶.۹۴	ماه فوریه

در پوشش فایبرگلاس - چوب‌پنبه نیز با قیاس نتایج دمایی در بین فرم‌های مختلف در می‌یابیم که طرح سرپناه E که فرم گنبدی دارد در میان طرح‌های سرپناه، برتر عمل کرده است. طرح J پس از آن در جایگاه دوم قرار دارد که

اختلاف دمایی در حدود بیش از 1.5°C با مدل E دارد. توجه می‌شود که اختلاف دمایی ۵ پوشش برتر فرم E در حالت دولایه حدود 0.5°C خواهد بود (شکل ۸).

شکل ۸: نمودار ارزیابی فرم‌های سرپناه در به‌کارگیری دو لایه پوشش



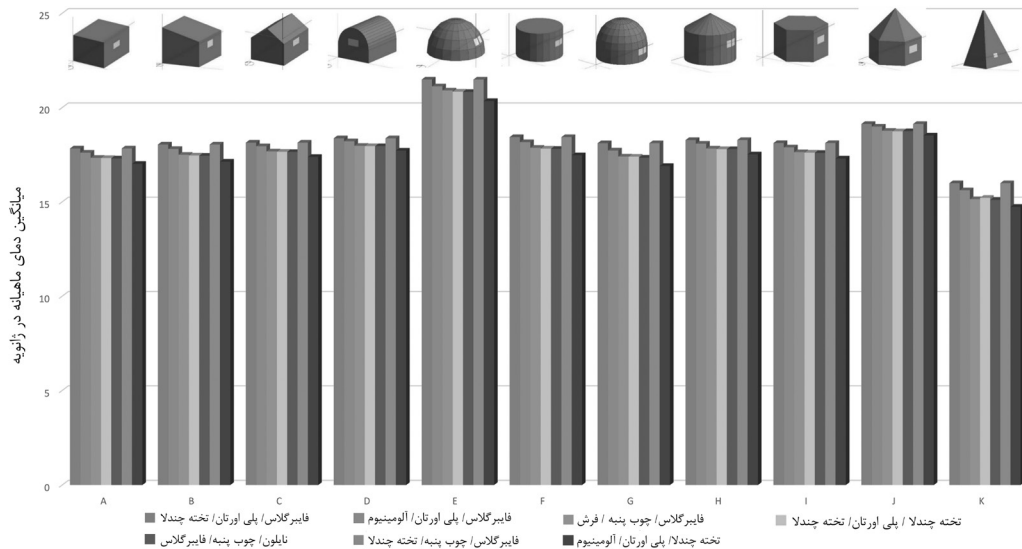
جدول بوده است و مدل J در جایگاه دوم قرار می‌گیرد. مدل J نسبت به مدل‌های مشابه H و I با اختلاف دمایی حدود 1°C عملکرد دمایی مناسب‌تری دارد. بررسی طرح‌های مشابه F, G و H با سقف‌های متفاوت در پوشش فایبرگلاس- پلی‌اورتان- آلومینیوم نشان می‌دهد که دو مدل F و H شرایط دمایی حدوداً مشابهی دارند یعنی در پلان دایره فرم‌های با سقف مخروطی یا تخت، تفاوت دمایی خاصی ایجاد نمی‌کنند. شرایط دمایی مدل‌های با پلان دایره در پوشش فایبرگلاس- چوب‌پنبه- فرش مانند G, F و H نشان می‌دهد که وضعیت دمایی دو مدل F و H یکسان بوده است. پس اجرای فرم مخروطی برای سقف با پلان دایره در حالت سه لایه تأثیری بر کیفیت دمایی داخلی نخواهد داشت (شکل ۹).

در مقایسه فرم‌های سرپناه با اعمال پوشش‌های سه لایه، آن‌چه که مشهود است این است که در انتخاب یکی از برترین پوشش‌ها یعنی ترکیب فایبرگلاس- پلی‌اورتان- تخته چندلا، میانگین دمایی ماه‌های سرد در تمام طرح‌ها به جز فرم K در محدوده قابل قبولی می‌باشند. پس نکته مهمی که در این جا وجود دارد این است که با افزایش لایه‌های پوشش سرپناه با هر نوع فرم، به شرایط دمایی مطلوبی می‌رسیم. طبق جدول دمایی بالا و در اعمال تمامی پوشش‌ها، مدل E مناسب‌ترین وضعیت دمایی را دارد. در درجه دوم مدل J قرار دارد. در پوشش فایبرگلاس- پلی‌اورتان- آلومینیوم مدل E با میانگین دمای داخلی 12.21°C هم‌چنان در صدر جدول است (جدول ۹). مطابق جدول مقایسه فرم‌ها با این پوشش، مدل E فرم برتر

جدول ۹: مقایسه دمایی ۱۱ فرم سرپناه با پوشش‌های برتر سه لایه

مصالح	فایبرگلاس/ پلی‌اورتان/ تخته چندلا										
مدل سرپناه	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
ماه دسامبر	۱۹.۳۳	۱۹.۵۳	۱۹.۵۷	۱۹.۷۳	۲۲.۲۷	۱۹.۸۰	۱۹.۴۹	۱۹.۷۰	۱۹.۶۰	۲۰.۴۳	۱۷.۷۶
ماه ژانویه	۱۷.۸۳	۱۸.۰۴	۱۸.۱۴	۱۸.۳۷	۲۱.۴۸	۱۸.۴۲	۱۸.۱۰	۱۸.۲۷	۱۸.۱۱	۱۹.۱۳	۱۵.۹۹
ماه فوریه	۱۸.۴۹	۱۸.۶۹	۱۸.۸۱	۱۹.۱۰	۲۱.۹۹	۱۹.۰۷	۱۸.۷۶	۱۸.۹۲	۱۸.۷۷	۱۹.۷۳	۱۶.۷۸
مصالح	فایبرگلاس/ پلی‌اورتان/ آلومینیوم										
ماه دسامبر	۱۹.۱۴	۱۹.۳۲	۱۹.۴۰	۱۹.۵۹	۲۱.۹۷	۱۹.۵۷	۱۹.۱۵	۱۹.۵۳	۱۹.۴۰	۲۰.۲۹	۱۷.۴۳
ماه ژانویه	۱۷.۶۰	۱۷.۸۰	۱۷.۹۴	۱۸.۲۱	۲۱.۱۲	۱۸.۱۶	۱۷.۷۲	۱۸.۰۸	۱۷.۸۹	۱۸.۹۸	۱۵.۶۱
ماه فوریه	۱۸.۲۸	۱۸.۴۷	۱۸.۶۲	۱۸.۹۵	۲۱.۶۶	۱۸.۸۱	۱۸.۴۰	۱۸.۷۴	۱۸.۵۵	۱۹.۵۹	۱۶.۴۴
مصالح	فایبرگلاس/ چوب‌پنبه/ فرش										
ماه دسامبر	۱۸.۹۱	۱۹.۰۷	۱۹.۱۷	۱۹.۳۹	۲۱.۷۸	۱۹.۳۲	۱۸.۸۸	۱۹.۳۱	۱۹.۱۹	۲۰.۱۱	۱۷.۰۳
ماه ژانویه	۱۷.۳۳	۱۷.۴۹	۱۷.۶۷	۱۷.۹۶	۲۰.۹۰	۱۷.۸۶	۱۷.۴۰	۱۷.۸۲	۱۷.۶۳	۱۸.۷۶	۱۵.۱۴
ماه فوریه	۱۸.۰۳	۱۸.۱۸	۱۸.۳۷	۱۸.۷۲	۲۱.۴۵	۱۸.۵۳	۱۸.۱۲	۱۸.۵۰	۱۸.۳۲	۱۹.۳۹	۱۶.۰۰
مصالح	تخته چندلا/ پلی‌اورتان/ تخته چندلا										
ماه دسامبر	۱۹.۰۱	۱۹.۱۵	۱۹.۲۶	۱۹.۴۷	۲۱.۷۸	۱۹.۳۹	۱۹.۰۰	۱۹.۳۸	۱۹.۲۷	۲۰.۱۷	۱۷.۲۹
ماه ژانویه	۱۷.۳۲	۱۷.۴۵	۱۷.۶۵	۱۷.۹۵	۲۰.۸۴	۱۷.۸۲	۱۷.۳۹	۱۷.۷۹	۱۷.۶۱	۱۸.۷۳	۱۵.۲۱
ماه فوریه	۱۸.۰۵	۱۸.۱۸	۱۸.۳۸	۱۸.۷۳	۲۱.۴۴	۱۸.۵۳	۱۸.۱۷	۱۸.۵۰	۱۸.۳۲	۱۹.۳۸	۱۶.۱۲
مصالح	نایلون/ چوب‌پنبه/ فایبرگلاس										
ماه دسامبر	۱۸.۹۲	۱۹.۰۵	۱۹.۱۸	۱۹.۴۰	۲۱.۷۵	۱۹.۳۰	۱۸.۸۶	۱۹.۳۲	۱۹.۱۸	۲۰.۱۱	۱۷.۰۴
ماه ژانویه	۱۷.۳۰	۱۷.۴۴	۱۷.۶۴	۱۷.۹۵	۲۰.۸۲	۱۷.۸۰	۱۷.۳۴	۱۷.۷۹	۱۷.۵۹	۱۸.۷۴	۱۵.۱۰
ماه فوریه	۱۸.۰۱	۱۸.۱۵	۱۸.۳۵	۱۸.۷۱	۲۱.۴۰	۱۸.۴۹	۱۸.۰۹	۱۸.۴۸	۱۸.۲۹	۱۹.۳۸	۱۵.۹۸
مصالح	فایبرگلاس/ چوب‌پنبه/ تخته چندلا										
ماه دسامبر	۱۸.۸۷	۱۹.۰۲	۱۹.۱۲	۱۹.۳۴	۲۱.۷۵	۱۹.۲۷	۱۸.۸۴	۱۹.۲۷	۱۹.۱۵	۲۰.۰۷	۱۶.۹۹
ماه ژانویه	۱۷.۲۵	۱۷.۴۱	۱۷.۵۸	۱۷.۸۸	۲۰.۸۴	۱۷.۷۸	۱۷.۳۲	۱۷.۷۴	۱۷.۵۶	۱۸.۶۸	۱۵.۰۳
ماه فوریه	۱۷.۹۶	۱۸.۱۱	۱۸.۳۰	۱۸.۶۵	۲۱.۴۲	۱۸.۴۷	۱۸.۰۶	۱۸.۴۳	۱۸.۲۶	۱۹.۳۲	۱۵.۹۳
مصالح	تخته چندلا/ پلی‌اورتان/ آلومینیوم										
ماه دسامبر	۱۸.۷۵	۱۸.۸۶	۱۹.۰۲	۱۹.۲۶	۲۱.۳۲	۱۹.۰۹	۱۸.۵۶	۱۹.۱۴	۱۹.۰۰	۱۹.۹۵	۱۶.۸۵
ماه ژانویه	۱۷.۰۱	۱۷.۱۳	۱۷.۳۷	۱۷.۷۱	۲۰.۳۴	۱۷.۴۶	۱۶.۹۰	۱۷.۵۱	۱۷.۲۹	۱۸.۵۱	۱۴.۷۳
ماه فوریه	۱۷.۷۷	۱۷.۸۸	۱۸.۱۲	۱۸.۵۱	۲۰.۹۸	۱۸.۲۰	۱۷.۷۳	۱۸.۲۴	۱۸.۰۴	۱۹.۱۸	۱۵.۶۸

شکل ۹: نمودار ارزیابی فرم های سرپناه در بکارگیری سه لایه پوشش



۵-۸- ارزیابی نتایج با یافته‌های پیشین

عوامل مختلفی در تعیین بهترین گزینه برای سرپناه پس از سانحه دخیل هستند. از جمله این موارد، انتخاب پوشش مناسبی برای سرپناه است که هم به جهت عملکرد مناسب باشد و هم از نظر کاربران قابل قبول بوده ضمن این که به بهبود شرایط دمایی داخل نیز کمک کند. از جمله مصالحی که به طور مکرر به آن اشاره شده، محصولات چوبی است که هم به جهت سبک بودن مناسب است و هم اثرات مخرب زیست‌محیطی ندارد و امکان استفاده مجدد آن‌ها در ساختمان‌های دائمی فراهم است. ضمن این که به عنوان یکی از مصالح پیشنهادی نیز برای پوشش سرپناه، متریال ساندویچ پانل مناسب دیده شده است که این نتایج با نتایج اسکامیلا (Escamilla 2015) و وال باوم (Wallbaum 2012) که چوب و بامبو را به عنوان امیدوارکننده‌ترین فناوری در زمینه خانه‌های ارزان‌قیمت می‌دانند، همسو است. مطالعات پیشین در مورد نوع مصالح مصرفی در شکل‌گیری سرپناه حاکی از آن است که بعضی از سرپناه‌های تأمین‌شده به صورت پیش‌ساخته بوده که از بتن ساخته شده است. این نمونه‌ها جدا از اظهار عدم اشتیاق توسط کاربران برای سکونت در آن‌ها، به جهت محیط زیستی نیز نامناسب هستند (John-son 2007). سرپناه‌های متعدد دیگری که توسط جمعیت هلال احمر و صلیب سرخ در نقاط مختلفی احداث گردیده نشان می‌دهد که در ساخت این سرپناه‌ها از مصالح تک مانند آجر، بلوک سیمانی و چوب و مصالح محلی نیز استفاده شده است (IFRC 2013). این مصالح در جدول مقایسه دمایی پوشش سرپناه در این پژوهش نیز ارزیابی شده و هرچند نسبت به سایر مصالح رتبه بالاتری در بهبود عملکرد دمایی داخل سرپناه دارند ولی میانگین دمای ماهیانه با اعمال تک لایه این نوع از مصالح پایین

بوده است و ترکیب آن‌ها در کنار سایر مصالح به صورت چندلایه ترجیح داده می‌شود. از آنجایی که تلاش می‌شود تا شرایط دمایی داخل سرپناه به حد قابل قبولی نزدیک شود، نتایج به‌دست آمده در مورد مصالح بومی نشان می‌دهد که مصالح بومی کرمانشاه به صورت تک نمی‌تواند شرایط قابل قبولی به جهت دمایی برای سرپناه ایجاد کند و نیازمند افزودن مصالح دیگر جهت ارتقاء عملکرد دمایی آن است؛ در حالی که این یافته‌ها، نظرات اعمال‌شده حاکی از ترجیح منابع محلی به راه‌حل‌های وارداتی را نفی می‌کند (Fe'lix 2014). یکی از اهدافی که پیش‌تر بیان شد، تلاش برای برپایی سرپناهی سبک و مدولار است که بتواند به راحتی حمل و نقل شده و در اختیار کاربران قرار گیرد. پس برای دستیابی به سرپناهی سبک انتظار می‌رود که مصالح پوششی آن نیز سبک و انعطاف‌پذیر بوده و بتواند به راحتی جمع و بسته‌بندی شود. در این صورت، محتمل است که به جهت دمایی نسبت به سطوح سخت، عملکرد ضعیفی داشته باشد (Thrall 2014). در حالی که یافته‌ها نشان می‌دهد که عملکرد دمایی مصالحی چون مقوا بسیار بهتر از روکش‌های سخت آلومینیومی یا فلزی است. با توجه به شکل ۱۰ و مقایسه اظهارات مطرح‌شده در مورد مصالح مختلف با دستاوردهای پژوهش می‌توان دریافت که بر طبق یافته‌های پژوهش می‌توان بسیاری از نظرات ارائه‌شده در برپایی سرپناه پس از سانحه را با تغییراتی در نوع پوشش آن اصلاح و نتیجه حاصل را ارتقاء داد.

در مواردی چون مصالح بومی و مهارت ساخت نیز مطالعات فراوانی صورت گرفته که به عنوان مثال در مواردی به استفاده از مهارت ساخت محلی و مصالح بومی به عنوان نکته‌ای مثبت اشاره می‌شود (Aslani 2017; Nikravan 2007) و در برخی مطالعات به عدم توجه به مصالح بومی و به‌کارگیری مهارت ساخت انتقاد شده است (Bashawri

- در مورد پوشش‌های برتر سه لایه نیز می‌توان ترکیبات فایبرگلاس و پلی‌اورتان همراه با تخته چندلا یا آلومینیوم، فایبرگلاس و چوب‌پنبه با فرش یا تخته چندلا و در نهایت ترکیب سه لایه تخته چندلا، پلی‌اورتان به همراه تخته چندلا و یا آلومینیوم را نام برد.

- در صورتی که بخواهیم در کنار توجه به کاهش هزینه‌های تأمین سرپناه، وضعیت دمایی مطلوبی در داخل سرپناه حاصل شود و همچنین در بهره‌گیری از مصالح بومی نیز مصمم باشیم، برای تأمین شرایط مناسب دمایی، ناگزیر به استفاده از مصالح غیرمحلّی به منطقه در کنار مصالح بومی هستیم که می‌توان با برنامه‌ریزی مناسب و مدنظر قرار دادن آن از قبل، شرایط تأمین پوشش‌های بهینه را تسهیل نمود.

در نهایت نتایج کلی حاصل از تأثیر مصالح بر فرم‌های سرپناه طبق یافته‌های پژوهش به شرح زیر ارائه می‌شود (شکل ۱۱).

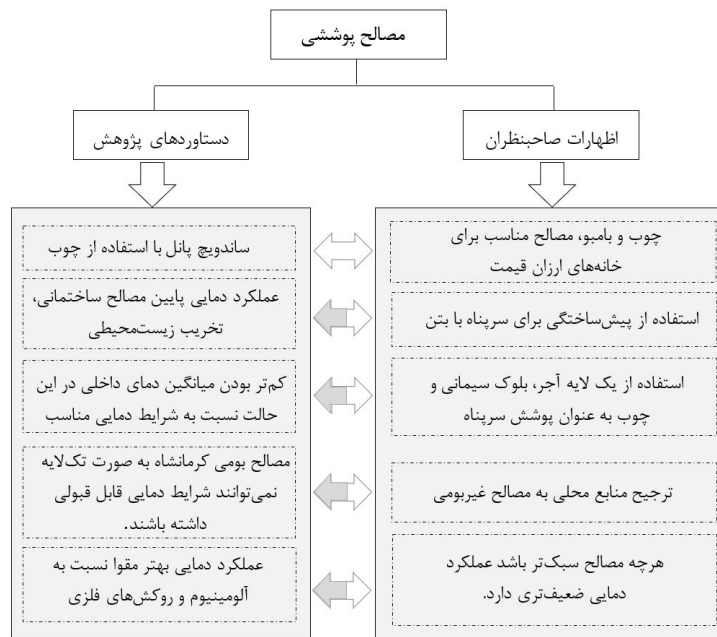
2014). در اهمیت کاربرد مصالح بومی نیز به نقش چوب در تأمین سرپناه مناسب اشاره شده (Rezai 2014)، حال آن که این مصالح به تنهایی نمی‌توانند شرایط دمایی مناسبی ایجاد کرده و نیازمند بهره‌گرفتن از سایر مصالح هرچند مصالح غیربومی برای تعدیل شرایط دمایی داخل سرپناه هستند.

۶. نتیجه‌گیری

- پوشش‌های برتری که توانستند شرایط قابل قبول دمایی را به وجود آورند در حالت تک‌لایه فایبرگلاس و مقوا بوده است.

- در ترکیب دولایه پوشش سرپناه، این مصالح شامل چوب‌پنبه و فرش، نایلون و فایبرگلاس، چوب‌پنبه و مقوا و در نهایت، مس و چوب‌پنبه بوده که نشان می‌دهد دو مصالح فایبرگلاس و چوب‌پنبه نقش به‌سزایی در تعدیل شرایط دمایی خواهند داشت.

شکل ۱۰: مقایسه دستاوردهای پژوهش و اظهارات صاحب‌نظران در مورد مصالح پوششی سرپناه پس از سانحه

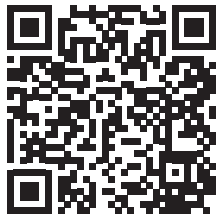


فهرست منابع

- Adekunle, Timothy Oluseun. 2019. Summer performance, comfort, and heat stress in structural timber buildings under moderate weather conditions. *Smart and Sustainable Built Environment* 8(3): 220-242. <https://doi.org/10.1108/SASBE-11-2018-0059>.
- Aslani, Fereshteh, Samira Hosseinzadeh, and Fatemeh Sadat Mousavian. 2017. Evaluation of Baresar Village Reconstruction after the 1990 Roudbar Earthquake. *Disaster Prev. Manag. Know.* 7(2): 85-94. [in Persian]
- Barenstein, Jennifer Dwyne. 2006. Housing reconstruction in post-earthquake Gujarat: A comparative analysis. Overseas Development Institute (ODI). Humanitarian Practice Network (HPN): 136-138.
- Davis, Sam. 2004. *Designing for the homeless: architecture that works*. Berkeley: University of California Press.
- El-Masri, Souheil, and Peter Kellett. 2001. Post-war reconstruction. Participatory approaches to rebuilding the damaged villages of Lebanon: a case study of al-Burjain. *Habitat International* 25: 535-557. DOI: [10.1016/S0197-3975\(01\)00023-6](https://doi.org/10.1016/S0197-3975(01)00023-6).
- Escamilla, Edwin Zea, and Guillaume Habert. 2015. Global or Local Construction Materials for Post-disaster reconstruction? Sustainability assessment of twenty post – disaster shelter designs. *Building and Environment* 92: 692-702. DOI: [10.1016/j.buildenv.2015.05.036](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.05.036).
- Fallahi, Alireza, and Abdolmajid Khorshidian. 2012. Evaluation of householders' satisfaction with their reconstructed rural housing in the Lorestan Province following the 1385 Earthquake. *SOFFEH* 57: 95. [in Persian]
- Fe'lix, Daniel, Daniel Monteiro, Jorge M. Branco, Roberto Bologna, and Artur Feio. 2014. The role of temporary accommodation buildings for post-disaster housing. *Journal of House and the Built Environment* 11. DOI: [10.1007/s10901-014-9431-4](https://doi.org/10.1007/s10901-014-9431-4).
- Gerilla, Gloria P., Kardi Teknomo, and Kazunori Hokao. 2007. An Environmental assessment of wood and steel reinforced concrete housing construction. *Building and Environment* 42: 2778-2784. DOI: [10.1016/j.buildenv.2006.07.021](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.021).
- Gulahane, K., and V. A. Gokhale. 2012. Design criteria for temporary shelters for disaster mitigation in India. In *Participatory design and appropriate technology for disaster reconstruction*, edited by Lizarralde, G., Jigyasu, R., Vasavada, R., Havelka, S., Dwyne Barenstein, J. Conference proceedings. 2010 international i-Rec conference 1.
- Howard, J., and Rone Spice. 1989. *Plastic sheeting: Its use for emerging shelter and other purposes*. British Library Cataloguing in publication Data. Third revision 20. ISBN: 0-85598-140-7.
- IFRC. 2013. Post-Disaster Shelter: Ten Designs, International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies 29-93. <https://www.shelterprojects.org/tshelter-8designs/10designs2013/2013-10-28-Post-disaster-shelter-ten-designs-IFRC-lores.pdf>.
- Johnson, Cassidy. 2007. Impacts of prefabricated temporary housing after disasters: 1999 earthquakes in Turkey. *Habitat International* 31: 36-52. DOI: [10.1016/j.habitatint.2006.03.002](https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2006.03.002).
- Kaminski, Sebastian. 2013. Engineering Bamboo houses for Low- income Communities in Latin America. *Structural Engineer* 7. https://www.researchgate.net/publication/282701710_Engineered_bamboo_houses_for_low-income_communities_in_Latin_America.
- Lee, Daniel S., M. Iacocca, and Yogendra K. Joshi. 2021. Energy usage modeling for heating and cooling of off-grid shelters. *Journal of Building Engineering* 35: 2. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.102054>.
- Nikghadam, Nilofar. 2015. Climatic Patterns of Functional Spaces in Vernacular Houses of Bushehr (By Grounded Theory). *Bagh-e Nazar* 12(32): 79. [in Persian]
- Nikravan Monfared, Mozhgan. 2016. Designing a sample of industrialized rapid temporary housing. *Building Engineering and Housing Sciences* 10(5): 73-87. [in Persian]
- Quarantelli, Enrico L. 1995. Patterns of sheltering and housing in US disasters. *Disaster Prevention and management* 4: 43-53. <https://doi.org/10.1108/09653569510088069>.
- Rezaei, Masoud, and Behzad Vasiq. 2014. *An analysis of sustainable architecture in traditional rural housing in the cold and mountainous climates in Iran*. Tehran: Tahan Publications. [in Persian]
- Sener, Sinan M., and M. Cem Altun. 2009. Design of a post disaster temporary shelter unit. *A|Z ITU Journal of the Faculty of Architecture* 6(2): 58-74. <https://www.az.itu.edu.tr/azv6n2web/06seneraltun0602.pdf>.
- Taveres-Cachat, Ellika, and Francesco Goia. 2020. Co-simulation and validation of the performance of a highly flexible parametric model of an external shading system. *Building and Environment* 182: 6. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107111>.
- Thrall, Ashley P., and C. P. Quaglia. 2014. Accordion Shelters: A historical review of Origami – like deployable shelters developed by the US military. *Engineering Structures* 59: 686-692. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2013.11.009>.
- Twigg, John. 2006. Technology, Post-Disaster Housing Reconstruction and Livelihood Security. (B. H. Centre, Ed.) *Disaster Studies Working Paper* 15: 11. https://www.researchgate.net/publication/228909210_Technology

Post-Disaster Housing Reconstruction and Livelihood Security.

- Wallbaum, Holger, York Ostermeyer, Corinna Salzer, and Edwin Zea Escamilla. 2012. Indicator based sustainability assessment tool for affordable housing construction technologies. *Ecol. Indic* 18: 353-364. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.12.005>.
- Wang, T., E. S. Long, Y. Qi, and H. Q. Chen. 2010. Research on thermal insulation effect of double-roof Tent. *Building Science* 26: 59-63.
- Yu, Ying, Enshen Long, Yuan Shen, and Hongxing Yang. 2016. Assessing the thermal performance of temporary shelters. *Procedia Engineering* 159: 174-178. DOI: [10.1016/j.proeng.2016.08.152](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.152)

<p style="text-align: center;">نحوه ارجاع به این مقاله</p> <p>عباسیان، غزاله، نیلوفر نیک‌قدم، و محمود حسینی. ۱۴۰۱. بهینه‌سازی عملکرد پوشش نهایی از منظر تبادل حرارتی برای سرپناه موقت پس از سانحه در اقلیم سرد، مورد مطالعاتی: شهر کرمانشاه. نشریه معماری و شهرسازی آرمان شهر ۱۵(۴۱): ۱۱۹-۱۳۸.</p> <p>DOI: 10.22034/AAUD.2022.290383.2489 URL: http://www.armanshahrjournal.com/article_168906.html</p>	
<p>COPYRIGHTS</p> <p>Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Armanshahr Architecture & Urban Development Journal. This is an open- access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License.</p> <p>http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</p>	