Optimising Responsive Forms for Post-Disaster Temporary Shelters in Cold Climates; the Case of Kermanshah, Iran

Ghazaleh Abbasian

PHD Candidate, Faculty of Art and Architecture, Islamic Azad University, South Tehran Branch

Niloufar Nikghadam, PhD (corresponding author)

Assistant Professor, Faculty of Art and Architecture, Islamic Azad University, South Tehran Branch

Mahmood Hosseini, PhD

Associate Professor, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, Tehran

Millions of people become homeless every year due to natural disasters. Owing to its geographical location, Iran has experienced many earthquakes and floods, with more likely to recur. Paying attention to temporary accommodation is, therefor einevitable. Despite the supposedly definitive approaches, there are many problems in supplying thermal comfort inside the shelter, and high levels of user dissatisfaction is reported, leading to users eventually alter or abandon these spaces. Most problems arise from misconceptions about people's post-disaster experience. The present research is after proposing optimised forms to provide thermal comfort for disaster victims. It is an applied research, and qualitative when it comes to studies on natural disasters and experiences of making shelter in different places. *Design Builder* Software is used here for simulations and examining interior environment comfort. comments can be made related to optimal climatic shelter for post-disaster circumstances by stimulating and internal temperature tests.11 shelter forms are thus examined and compared, with results showing that the dome provides the most suitable indoor temperature conditions, followed by polygonal pyramids, and then cubic shapes with vaulted roofs. In general, curved pyramid roofs, and smoother folds improve the shelter's thermal performance. The same is true for flat roofs with fewer construction layers. As the layers increase, the curved walls will have a slightly higher temperature than the flat roof. Since the cube and other roof shapes have relatively similar performance, the ease of construction and the user's demand should be considered in choosing the optimal form. Fiberglass and cork coatings can be proposed as effective materials in improving the temperature quality inside the shelter in cold climates.

Keywords: Natural disasters, Earthquake, Climatic shelter, Form, Cold climate.

بهینه‌سازی فرم پاسخ‌گو برای سرپناه موقت پس از سانحه در اقلیم سرد
نمونهٔ موردی: کرمانشاه[1]

محمود حسینی[4]

دانشیار پژوهشکدهٔ مهندسی سازه، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

غزاله عباسیان[2]

نیلوفر نیکقدم[3]

استادیار دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

دریافت: ۳۱ خرداد ۱۳۹۹
پذیرش: ۲۶ آذر ۱۳۹۹
(صفحهٔ ۱۰۲ – ۸۱)

کلیدواژگان: سوانح طبیعی، زلزله، زمین‌لرزه، سرپناه اقلیمی، فرم، اقلیم سرد.

چکیده

سالانه میلیون‌ها نفر در جهان با وقوع حوادث طبیعی بی‌خانمان می‌شوند. در ایران نیز به‌دلیل موقعیت جغرافیایی خاص آن، حوادثی نظیر زمین‌لرزه و سیل تجربه می‌شود و تکرار آن محتمل است. توجه به امر اسکان موقت در حمایت از افراد سانحه‌دیده ازجمله مواردی است که در شرایط امروزی نه‌تنها اجتناب‌ناپذیر بلکه ضروری است. با وجود عرضهٔ راهکارهای نهایی، همچنان مشکلات متعددی در تأمین آسایش حرارتی درون سرپناه دیده می‌شود و مراتب نارضایتی کاربران از حضور در این فضاها گزارش می‌شود. اغلب مشکلات محل‌های اقامت موقت، به‌خاطر فهم نادرست در انتخاب محل، با توجه به موقعیتی است که مردم پس از سانحه تجربه می‌کنند. در پژوهش پیش رو، از طریق پیشنهاد فرم بهینهٔ سرپناه، شرایط نسبی آسایش برای حادثه‌دیدگان از لحاظ آسایش دمایی برآورد می‌شود. هدف در این پژوهش بهینه‌سازی سیستم‌های موجود سرپناه از نوع کاربردی است و ماهیت آن در بخش مطالعات تئوری در حوزهٔ سوانح طبیعی و تجاربِ ایجاد سرپناه جنبهٔ کیفی دارد. به‌منظور تعیین فرم مناسب سرپناه، با شبیه‌سازی توسط نرم‌افزار دیزاین بیلدر و آزمون شرایط دمای داخلی، سرپناه اقلیمی بهینه برای شرایط پس از سانحه ارزیابی و معرفی می‌شود. نتایج حاصل در مقایسهٔ ۱۱ فرم سرپناه با حجم برابر و با معیار کیفیت دمایی داخلْ نشان می‌دهد که فرم گنبدی مناسب‌ترین گزینه است و پس از آن فرم‌های چندضلعی پلان با سقف مخروطی قرار دارد که شرایط دمایی داخل سرپناه را نزدیک به شرایط آسایش می‌کند. درنهایت فرم مکعبی با سقف طاقی‌شکل مناسب‌تر از بقیهٔ فرم‌ها است. به‌طورکلی انحنای کامل جداره‌های سرپناه با سقف مخروطی باعث کاهش جذب انرژی می‌شود و هرچه شکست پلان کمتر باشد و به سمت چندضلعی شدن متمایل شود، عملکرد دمایی داخل سرپناه بهتر خواهد بود. همین شرایط در مورد سقف‌های تخت با تعداد لایه‌های کمتر پوششْ صادق است، ولی با افزایش لایه‌ها، جداره‌های منحنی با سقف تخت اختلاف دمایی کمی بالاتر خواهد داشت. ازآنجاکه فرم مکعب سرپناه با سقف‌های متفاوت شرایط دمایی نزدیکی نسبت به هم دارند، در صورت لزوم و برای انتخاب فرم مناسب، سهولتِ ساخت و تقاضای کاربران می‌تواند مد نظر قرار گیرد. درنهایت می‌توان پوشش‌هایِ فایبرگلاس و چوب‌پنبه را یکی از مصالح مؤثر در بهبود کیفیت دمایی داخل سرپناه در اقلیم سرد پیشنهاد کرد.

مقدمه

بلایای طبیعی همواره زندگی انسان‌ها را تهدید می‌کنند و خسارات فراوانی بر جای می‌گذارند. در این میان زمین‌لرزه، به‌دلیل ماهیت پیش‌بینی‌نشدنی زمان وقوع آن، مخرب‌تر است. در این شرایط

۱. این مقاله برگرفته از رسالهٔ دکتری نگارندهٔ اول است با عنوان *تبیین الگوی پاسخ‌گو به اقلیم سرد برای سرپناه موقت پس از سانحه* که به راهنمایی نگارندهٔ دوم و مشاورهٔ نگارندهٔ سوم در دانشکدهٔ هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب در ۱۸ اسفند ۱۳۹۹ دفاع شده است.

۲. دکتری معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب
gh.abbasian.plsh@gmail.com

۳. نویسندهٔ مسئول
n_nikghadam@azad.ac.ir

4. Mahmood.hosseini@gmail.com

شاپا: X ۸۷۰-۱۶۸۳

اضطراری، تأمین سرپناهی برای محافظت افراد در برابر محیط طبیعی و اعطای حریم خصوصی به آن‌ها ضروری است.[۵] بنابر مطالعات انجام‌شده، با وجود همهٔ تلاش‌ها، سرپناه تأمین‌شده پاسخ‌گوی نیازهای سانحه‌دیدگان نیست.[۶] درنتیجه طرح‌های اجراشده اغلب ناکارآمد و راه‌حل‌هایی نامناسب هستند.[۷] در مواردی سرپناه‌هایی وجود دارند که صرفاً با اِعمال تغییرات بسیار توسط کاربران پذیرفته می‌شوند و حتی مواردی از واحدهایی گزارش شده که هرگز استفاده نشده‌اند.[۸] دلیل این امر وجود سرپناه ثابتی است که در همهٔ اقلیم‌ها به کار گرفته می‌شود و نمی‌تواند پاسخ‌گوی شرایط متفاوت اقلیمی باشد و نهایتاً به دخالت فردی می‌انجامد.

اقلیم منطقهٔ آسیب‌دیده پس از وقوع سانحه اصلی‌ترین عامل پیش روی افراد است که در تاب‌آوری شرایط بحران پس از سانحه تأثیرگذار است. یکی از معیارهای اساسی برای ارزیابی تاب‌آوری جوامع در برابر سوانحْ مفهوم کیفیت محیط است که بر عوامل متعددی تأکید دارد، ولی درنهایت همگی بر ایجاد حس خوب برای افراد جوامع آسیب‌دیده استوار است. همچنین با توجه به اینکه هرچه بنا اشکال هندسی متقارن‌تری داشته باشد، میزان تاب‌آوری بالاتر خواهد بود[۹]، از این مطلب چنین استنباط می‌شود که، برای ایجاد حس خوب و تأمین کیفیت مطلوبِ محیطِ تحت تأثیر سانحه، عامل فرم را باید در پاسخ به فاکتور اقلیمی در اقدامات متعاقب در نظر گرفت؛ چراکه عامل سرما اصلی‌ترین مسئله در اقلیم سرد است و باید برای دستیابی به آسایش حرارتی در ماه‌های سرد تلاش شود. درحقیقت از اهداف این پژوهش دستیابی به فرم مناسب در پاسخ به اقلیم مدنظر خواهد بود. از اهداف دیگر این پژوهش بررسی صلاحیت مصالح بومی از لحاظ اقلیمی با وجود اشاره به استفاده از مصالح بومی در سرپناه موقت است[۱۰] و چنانچه مصالح بومی منطقه نتوانند شرایط دمایی مناسبی در داخل سرپناه ایجاد کنند، باید مصالح دیگری به جای آن‌ها در نظر گرفت. لازم به ذکر است که در این پژوهش به این پرسش‌ها پاسخ داده خواهد شد:

۱. فرم مطلوب سرپناه پس از سانحه برای اقلیم سرد چیست؟ ۲. جایگاه فرم‌های آشنا در اقلیم سرد در روند تعدیل دمایی داخل سرپناه چیست؟ ۳. مصالح مناسب از لحاظ عملکرد حرارتی برای سرپناه پس از سانحه در اقلیم سرد کدامند؟

۱. پیشینهٔ پژوهش

اثر زمین‌لرزه بر سکونتگاه‌های انسانی می‌تواند تا حدی شدید باشد که یک

پرسش‌های تحقیق

۱. فرم مطلوب سرپناه پس از سانحه برای اقلیم سرد چیست؟

۲. جایگاه فرم‌های آشنا در اقلیم سرد در روند تعدیل دمایی داخل سرپناه چیست؟

۳. مصالح مناسب از لحاظ عملکرد حرارتی برای سرپناه پس از سانحه در اقلیم سرد کدامند؟

5. J. Ashmore, *Tents: A Guide to the Use and Logistics of Family Tentsin Humanitarian Relief*, p. 5; UNHCR, *Handbook for Emergencies*, p. 405.

۶. علیرضا فلاحی و عبدالمجید خورشیدیان، «ارزیابی میزان رضایت ساکنان از بازسازی مساکن روستایی استان لرستان پس از زلزلهٔ فروردین سال ۱۳۸۵»، ص ۹۵.

۷. نک:
D. Fe´lix, et al, "Guidelines to Improve Sustainability and Cultural Integration of Temporary Housing Units".

۸. نک:
S. El-Masri & P. Kellett, "Post-war Reconstruction, Participatory Approaches to Rebuilding the Damaged Villages of Leabanon: a Case Study of al-Burjain"; J.D. Barenstein, *Network Paper: Housing Reconstruction in Post-earthquake Gujarat: A Comparative Aanalysis*, pp. 136-138, S.M. Sener & M.C. Altum, "Design of a Post Disaster Temporary Shelter Unit".

۹. نک: اکبر زرگرو همکاران، «تدوین چارچوبی برای اندازه‌گیری تاب‌آوری یک محلهٔ شهری در برابر زلزله؛ نمونهٔ موردی: محلهٔ هرزه ویل، منجیل، گیلان».

10. D. Fe´lix, "The Role of Temporary Accommodation Buildings for Post-disaster Housing Reconstruction", p. 11.

۱۱. اکبر زرگر، «راهبردهای توسعه در بازسازی بم»، ص ۱۲.

دهه یا بیشتر برای بهبودی کامل و بازگشت به وضع عادی قبل از زمین‌لرزه نیاز باشد.[۱۱] ازآنجاکه خانه دارایی بی‌نهایت آسیب‌پذیری است، تخریب آن یکی از آشکارترین تأثیرات پس از سانحه در زندگی انسان‌ها خواهد بود.[۱۲] اهمیت این مطلب به قدری است که در مناطق حادثه‌خیز بهتر است تمهیدات و آمادگی‌های لازم قبل از وقوع هر گونه حادثه اندیشیده شود[۱۳] و از قبلْ تجهیزات مورد نیاز برای تسریع در روند امدادرسانی و اسکان افراد فراهم شود. در مطالعات متعددی خانهٔ موقت، بخصوص آن‌هایی که از سوی دولت و نهادهای بین‌المللی فراهم می‌شود، به‌دلیل غیرضروری بودن، هزینهٔ بالا، تأخیر زیاد در رساندن به محل، و تأمین منابع در جایی دور از محل ساخت دائمی آن نقد شده است[۱۴].

به‌طورکلی عوامل مختلفی در امر تأمین سرپناه دخیل هستند که به تعاریف و مطالعات مرتبط صورت‌گرفته در این حوزه‌ها به‌اختصار اشاره می‌شود.

۱. ۱. دوره‌های زمانی استقرار در اسکان موقت

در حوزهٔ اسکان موقت تعاریف مختلفی برای دورهٔ زمانی استقرار در آن بیان شده است. تعریف انجمن زلزله‌شناسی مرکزی امریکا از اسکان موقتْ مدت استفادهٔ یک سال یا گاهی بیشتر را شامل می‌شود و در آن بر فراهم‌آوری تمهیداتی برای تأمین امنیت، آب، انرژی، سرمایش، و گرمایش ضروری دانسته شده است.[۱۵] دانشگاه کمبریج نیز در مرکز سرپناه، آن را راه حلی سریع پس از سانحه می‌داند که با اولویت‌بندی سرعت و هزینه‌های محدود ساخت، ممکن است طول دورهٔ استفاده از سرپناه را محدود کند.[۱۶] جانسون نیز سکونت موقت را بین زمان وقوع سانحه تا زمانی می‌داند که خانواده دوباره یک خانهٔ دائمی دریافت می‌کند. این نوع سکونت فاصلهٔ میان فاز امدادرسانی سریع و فاز بازسازی را پر می‌کند.[۱۷] به نظر فلاحی نیز مدت زمان اسکان موقت، بر حسب شرایط پس از سانحه و امکانات موجود، از شش ماه تا دو سال تخمین زده می‌شود[۱۸].

۱. ۲. مطالعات صورت‌گرفته در مورد نقش اقلیم در تأمین سرپناه

توجه به اقلیم نیز ازجمله مواردی است که می‌تواند در موفقیت پروژه‌های تأمین سرپناه تأثیرگذار باشد. در این باره مسگری، زرگر، و فلاحی در مطالعه‌ای با هدف معرفی الگوی اسکان موقت از طریق شناسایی عوامل تأثیرگذار بر آن برای زمین‌لرزهٔ سرپل ذهاب، بیان می‌دارند که شرایط اقلیمی دشوارْ زندگی در مسکن موقت را با مشکلات زیادی مواجه کرده و موجب طولانی شدن روند بازسازی مسکن دائم شده است. ضمن اینکه چادرهای اسکان اضطراری برای تداوم زندگی در شرایط اقلیمی دشوارِ منطقه نامناسب هستند.[۱۹] در پژوهشی که از سوی بشاوری با هدف تعیین میزان تأثیرگذاری عوامل مختلف ازجمله شرایط اقلیمی در روند تصمیم‌گیری و طراحی سرپناه‌ها صورت گرفته، وی ضمن توجه به نقش مهم سرپناه‌ها در کاهش شرایط سوانح، در نظر نگرفتن شرایط آب‌وهوایی را از عوامل مؤثر در عملکرد ضعیف پروژه‌های تأمین سرپناه می‌داند.[۲۰] در بررسی تجارب وقوع زمین‌لرزه در اقلیم سرد، خورشیدیان در مطالعه‌ای به زمین‌لرزهٔ لرستان در سال ۱۳۸۵ پرداخته و ضمن ارزیابی نکات مثبت و منفی اقدامات انجام‌شده، به روش‌های به‌کاررفته توسط آسیب‌دیدگان برای تأمین سرپناه موقت و نیز اقدامات آنان به‌منظور رفع نیازهای اساسی خود اشاره می‌کند. درنهایت بر این نکته تأکید دارد که برنامه‌های تأمین سرپناه موقت به‌طور حتم بر برنامهٔ بازسازی سکونتگاه‌های دائم اثرگذار خواهد بود.[۲۱] آصفی نیز به ارزیابی اسکان موقت بعد از زمین‌لرزهٔ اهر در سال ۱۳۹۱ و راهکارهای بهبود کیفی آن متناسب با نیاز آسیب‌دیدگان پرداخته است. ازآنجاکه مسکن موقت پس از زمین‌لرزه به صورت چادر و کانکس برای آسیب‌دیدگان فراهم شده، آن مطالعه با هدف تحلیل مسکن موقت آسیب‌دیدگان پس

12. S. Barakat, *Housing Reconstruction after Conflict and Disaster*, pp. 2-8.

۱۳. نـک: علیرضا فلاحی و عبدالمجید خورشـیدیان، «عوامـل کلیـدی آسـیب‌پذیری مسکن اقشـار کم‌درآمد شهری در برابر زلزله».

14. R. Bolin, *The Loma Prieta Earthquake: Studies of Short-term Impacts*, p. 60; R. Bolin & L. Stanford, "Shelter, Housing and Recovery: A Comparison of U.S. Disasters"; M. Dandoulaki, "The Reconstruction of Kalamata City after the 1986 Earthquakes: Some Issues on the Process of Temporary Housing"; I. Davis, *Shelter after Disaster*, p. 63; R. Geipel, *Long-term Consequences of Disasters: The Reconstruction of Friuli, Italy in Its International Context, 1976– 1988*, p. 66; R. Gilbert, *Doing More for Those Made Homeless by Natural Disasters, Disaster Management Facility*, p. 12; E.L. Quarantelli, "General and Particular Observations on Sheltering and Housing in American Disasters"; UNDRO, *Shelter after Disaster: Guidelines for Assistance*, pp. 97-107.

15. SACD, *Housing Technology Alternatives for Use in Planning Post-Disaster Housing Assistance Programs. Washington DC: National Academy of Sciences - National Research Council*, pp. 207-224.

از زمین‌لرزه به‌منظور شناخت نقاط قوت و ضعف آن در مسیر بهینه‌سازی و بیان راهکارهای بهبود کیفی آن متناسب با نیاز آسیب‌دیدگان و ارتقای کیفیت مسکن موقت صورت گرفته است[۲۲].

۱. ۳. مطالعات صورت‌گرفته در حوزهٔ مصالح برای تأمین سرپناه

یکی از عوامل مهم در ایجاد یک سرپناه مطلوبْ مصالح مصرفی به‌کاررفته در پوشش سرپناه‌هاست؛ چراکه صرف‌نظر از نوع سازه و فرم انتخاب‌شده، مصالح عاملی در ارتباط مستقیم با محیط خارج است و انتظار می‌رود که بتواند محیط داخل سرپناه را از تأثیر مستقیم تابش آفتاب و همچنین سرمای هوا محفوظ بدارد، ضمن اینکه آسایش محیط داخل را نیز به‌طور نسبی فراهم کند. مطالعات مختلف صورت‌گرفته در این حوزه نشان می‌دهد که مصالح به‌کاررفته در انواع سرپناه‌ها یا از مصالح محلی موجود و در دسترس تأمین می‌شود و یا به حکم ضرورت از محل‌های دیگر به محل مورد نظر منتقل می‌گردد.[۲۳] در این حوزه اسکامیلا در پژوهشی با هدف روشن ساختن این امر که مصالح مناسب در پروژه‌های بازسازی پس از سانحه، مصالح بومی است یا مصالح جهانی، به شناسایی ۲۰ سرپناه در ۱۱ نقطهٔ متفاوت در جهان پرداخته و عملکرد فنی، محیطی، و اقتصادی آن‌ها را مقایسه کرده است. در دستاوردهای این پژوهش می‌توان اشاره کرد که هر دو مصالح بومی و جهانی در تولید راه حل‌های پایدار می‌توانند به کار روند، به نحوی که مصالح بومی پتانسیل بالایی برای تأثیر کم زیست‌محیطی و کاهش هزینه دارد، درحالی‌که مصالح جهانی پتانسیل بالایی برای تولید عملکرد تکنیکی بهتر دارند[۲۴].

۱. ۴. تنوع فرم‌های به‌کاررفته در تجارب تأمین سرپناه

تنوع فرم‌های به‌کاررفته در تجارب تأمین سرپناه نیز قابل‌توجه است. بدین منظور، طبق اقدامات صورت‌گرفته از سوی صلیب سرخ و هلال احمر، سرپناه‌هایی که در نقاط مختلف برپا شده‌اند به فرم مکعبی هستند و شرایط متفاوت سقف آن در حالت‌های تخت و شیب‌دار و همچنین تنوع در انتخاب مصالح به‌منزلهٔ پوشش، با توجه به اقلیم‌های مختلف تأمین سرپناه، وجه تمایز انواع سرپناه محسوب می‌شوند.[۲۵] در اقدام شیگروبان نیز لوله‌های کاغذی فشرده‌شده در فرم کلی مکعبی با سقف شیب‌دار و قوسی برای تأمین سرپناه به کار گرفته شدند.[۲۶] آصفی نیز فرم بازوبسته‌شونده را در طرح سرپناه پیشنهاد می‌دهد که در شرایط گسترش‌یافته به فرم طاقی‌شکل شبیه خواهد بود.[۲۷] مطالعاتی نیز بر روی سازه‌های قیچی‌سان برای سرپناه صورت گرفته، که به‌منزلهٔ نتیجهٔ حاصل از کاربرد این سازه‌ها، فرم نهایی طاقی‌شکل را در طرح سرپناه پیشنهاد می‌دهند.[۲۸] در ایران نیز فرم‌های استفاده‌شده برای سرپناه از سوی نهادها و حتی خود مردم بومی اغلب مکعب‌شکل هستند که دلیل این امر سهولت ساخت این فرم و آشنایی افراد به ساخت این نوع از فرم‌هاست. نمونه‌های دیگری از سوی سازمان بین‌المللی مهاجرت به‌صورت فرم مدوّرِ طرح سرپناه با سقف مخروطی معرفی شد[۲۹] و در سایر موارد از فرم‌های مکعبی با سقف تخت و شیب‌دار استفاده شده است. همهٔ طرح‌های سرپناه که برای ارتش در نظر گرفته و اجرا شده، سازه‌های بازوبسته‌شونده به فرم‌های مکعبی و طاقی‌شکل بوده‌اند.[۳۰] در پژوهشی نیز که به عملکرد حرارتی مدل سرپناه پرداخته شده، فرم سرپناه طرح چندضلعی پلان با سقف مخروطی بوده است[۳۱]، همهٔ این فرم‌ها ملاک عمل در این پژوهش خواهند بود. به‌طورکلی می‌توان اذعان داشت که فاکتورهای مختلفی در ارزیابی کیفی سرپناه پس از سانحه دخیل هستند. با توجه به نظرات طرح‌شده، عواملی چون اقلیم منطقهٔ سانحه‌دیده، فرم سرپناه با ساختاری که بتواند به‌سرعت برپا شود، و همچنین مصالحی که بتواند تأثیر مساعدی بر بهبود شرایط دمایی داخل سرپناه داشته باشد، می‌توانند در حوزهٔ آسایش حرارتی در سرپناه مورد توجه باشند.

۱۶. نک:
T. Corsellis & A. Vitale, *Transitional Settlement Displaced Populations*, pp. 67-133.

17.Johnson,2008, 323-331

۱۸. نک: علیرضا فلاحی، *معماری سکونتگاه‌های موقت پس از سوانح*.

۱۹. نک: سارا مسگری هوشیار و همکاران، «الگوی اسکان موقت مبتنی بر روش نظریهٔ زمینه‌ای؛ مطالعهٔ موردی: شهر سرپل ذهاب پس از زلزله ۱۳۹۶».

۲۰. نک:
A. Bashawri, et al, "An Overview of the Design of Disaster Relief Shelters".

۲۱. نک: عبدالمجید خورشیدیان، «سرپناه موقت پس از سانحه، بررسی سیاست‌های تأمین مسکن موقت پس از زلزلهٔ ۱۳۸۵ لرستان».

۲۲. نک: مازیار آصفی، و شهین فرخی. «ارزیابی اسکان موقت بعد از زلزله و راهکارهای بهبود کیفی آن متناسب با نیاز آسیب‌دیدگان؛ مطالعهٔ موردی: روستای سرند- هریس».

23. J. Twigg, "Technology, Post-Disaster Housing Reconstruction and Livelihood Security", p. 15;
K. Gulahane, & V.A. Gokhale, "Design Criteria for Temporary Shelters for Disaster Mitigation in India", p. 1.

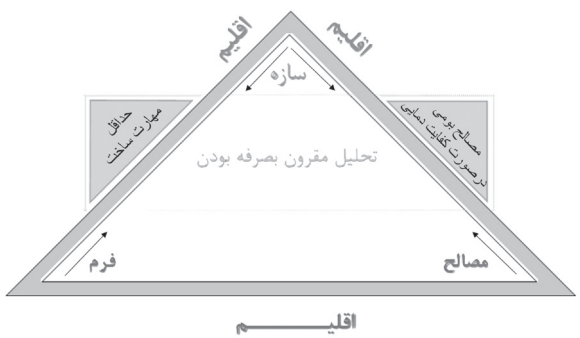
۲۴. نک:
E.Z. Escamilla & G. Habert, "Global or Local Construction Materials for Post- disaster Reconstruction? Sustainability Assessment of Twenty Post-disaster Shelter Designs".

۲. چارچوب نظری

اقلیم و شرایط محیطی تأثیر روانی و فیزیکی اجتناب‌ناپذیری بر شرایط آسایش انسان دارند.[۳۲] وضعیت بسیاری از سرپناه‌های موقتِ تأمین‌شده در پی سوانح مختلف حاکی از نارضایتی کاربران از شرایط دمایی داخل آن است. به‌طوری‌که یا به اقلیم منطقه برای تأمین مصالح مناسب توجه نشده و یا از سرپناه‌ها و مصالح متداول همچون چادر و کانکس استفاده شده است؛[۳۳] حال‌آنکه به‌کارگیری یک روش ثابت در تأمین سرپناه نمی‌تواند در همهٔ نقاط با شرایط متفاوت اقلیمی سازگار باشد.

بنابر آنچه در مورد مباحث مرتبط با تأمین سرپناه طـرح گردید، می‌توان دریافت که هدف در همهٔ مطالعات، در کنار پرداختن به ضرورت تأمین سرپناه مناسب برای حادثه‌دیدگان، صورت دادن آزمایشاتی است که به معرفی سرپناهی بیانجامد که باید تحت اقلیمی خاص جواب‌گوی کاربران آن باشد. درنتیجه عامل اقلیمْ متغیرِ مستقل در نظر گرفته می‌شود که نیاز است با به کار گرفتن سازه‌ای مناسب از جهات مختلف، فرم مطلوبی برای استقرار افراد برگزیده شود. به‌دلیل نیاز به تأمین تعداد زیاد سرپناه در زمان کم برای افراد زیادی که بی‌سرپناه می‌شوند، استفاده از سازه‌هایی سبک و مدولار که به‌آسانی قابل‌انتقال و به‌سرعت قابل‌نصب و جواب‌گوی این نیاز باشند، ضروری است[۳۴] و این نشان از اهمیت نقش سازه در شکل‌گیری سرپناه پس از سانحه دارد. بنابراین عامل سازه، از لحاظ تکنولوژی برپایی آن، متغیر کنترل در این پژوهش خواهد بود. در این میان مواردی همچون قابلیت برپایی آسان و سرعت ساخت بالا در افزایش سرعت برپایی مد نظر است[۳۵] که می‌تواند نیاز به مهارت ساخت در برپایی سرپناه را به حداقل برساند. همچنین باید سازه‌ای انتخاب و تحت فرم مطلوبی به کار برده شود که درنهایت در برابر عوامل مختلفی نظیر باد، زمین‌لرزه، و عوامل جوی عملکرد مناسب‌تری داشته باشد.[۳۶] لزوم تبدیل‌پذیر بودن سازهٔ سرپناه و امکان بازوبسته شدن برای جابه‌جایی ساده و درعین‌حال سبک بودن آن نیز از موارد مورد توجه است[۳۷] و می‌تواند عملیات برپایی را به حداقل زمان ممکن تقلیل دهد. بنابراین در نظر گرفتن همهٔ موارد فوق برای دستیابی به سرپناهی مطلوب مستلزم انتخاب فرم مناسبی است که، علاوه بر حفظ ایستایی آن، در برابر عوامل جوّی مقاوم باشد و آسایش حرارتی داخل سرپناه را تأمین کند که این امر از اهداف اصلی پژوهش حاضر است. ازجمله اهداف دیگری که همیشه در تأمین فضای اسکان برای حادثه‌دیدگان به آن اشاره می‌شود، تلاش برای ایجاد فضایی مناسب با کمترین هزینه برای حمایت از اقشار کم‌درآمد است[۳۸]. یکی از روش‌های مفید در صرفه‌جویی در هزینهٔ نهاییِ تأمین سرپناه استفاده از مصالح در دسترس است که در این صورت هزینه‌های حمل‌ونقل کاهش چشمگیری خواهد داشت. همچنین در نظر گرفتن مصالح بومی در روند ساخت سرپناه، به‌دلیل آشنایی مردم منطقه به این نوع مصالح، می‌تواند استفاده از نیروهای مردمی بیشتری با مهارت فنی ساده‌تری را ممکن کند[۳۹] که همهٔ این موارد می‌تواند طبق مدل «ت ۱» در تحلیل‌های مربوط به مقرون‌به‌صرفه بودنِ ایجاد سرپناه نیز قابل‌توجیه باشد.

البته خاطرنشان می‌شود که زمانی به‌کارگیری مصالح بومی ارزشمند خواهد بود که در تعدیل شرایط دمایی داخل سرپناه نیز مؤثر باشد. تأکید مستمر در مطالعات بیشتر بر استفاده از مصالح بومی به‌خاطر صرفه‌جویی در هزینه است و صرفاً از جهت اقتصادی مد نظر قرار می‌گیرد.[۴۰] چنانچه خرید این مصالح از لحاظ هزینه مقرون‌به‌صرفه باشد ولی نتوانند شرایط دمایی



ت ۱. چارچوب نظری استخراج‌شده حاصل از مبانی نظری در ایجاد سرپناه پس از سانحه، طرح و ترسیم: نگارندهٔ اول.

۲۵. نک:
IFRC, "Post-Disaster Shelter: Ten Designs".

۲۶. نک:
D. Fe´lix, Fe´lix, D. & J. Branco & A. Feio. "Guidelines to Improve Sustainability and Cultural Integration of Temporary Housing Units".

۲۷. نک:
M. Asefi & F. Ahangar Sirus, "Transformable Shelter: Evaluation and New Architectural Design Proposals".

۲۸. نک:
L.A. Mira, et al, "Deployable Scissor for Transitional Shelters".

29. IOM, *Improved Shelters for Responding to Floods in Pakistan Phase 1: Study to Develop a Research Methodology*, pp. 5,19,20.

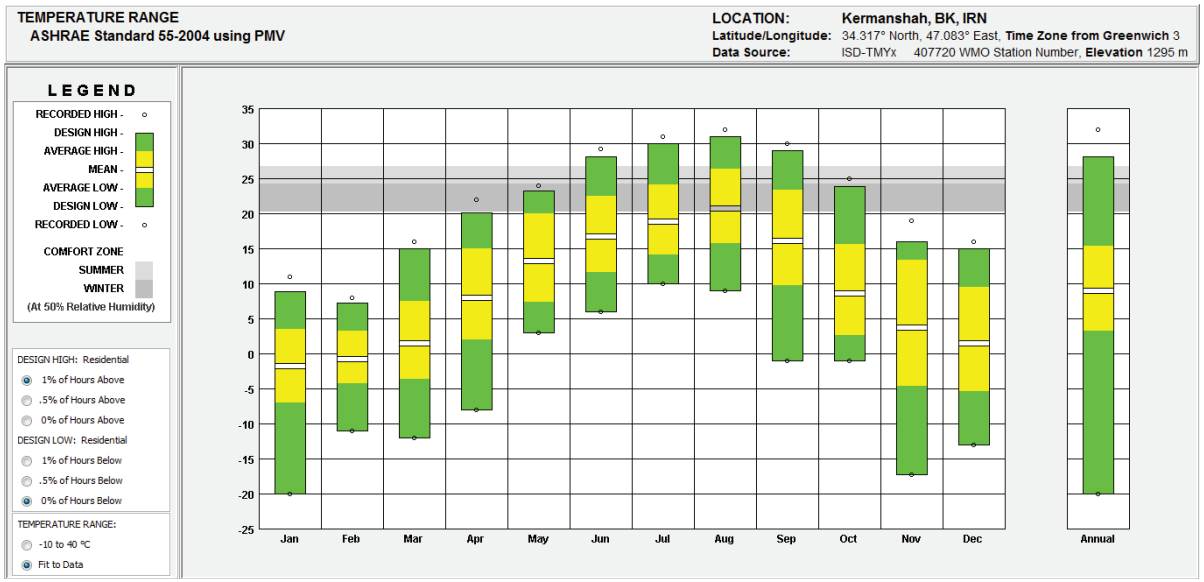
۳۰. نک:
A.P. Thrall & C.P. Quaglia. "Accordion Shelters: A Historical Review of Origami-like Deployable Shelters Developed by the US Military".

۳۱. نک:
S. Obyn, et al, "Thermal Performance of Shelter Modeling: Improvement of Temporay Structures".

داخل سرپناه را به شرایط آسایش نزدیک کنند، نمی‌توان این موارد را پوشش قابل‌قبولی برای سرپناه پس از سانحه دانست. به همین دلیل است که علی‌رغم تصریح به تأمین مصالح بومی، در صورت لزوم باید به تأمین مصالح از نقاط دیگر نیز توجه ویژه‌ای شود. پس هدف محققان در مدل ذکرشده تأمین سرپناهی سریع‌الاحداث با فرمی مطلوب در کنار مصالحی است که بتواند شرایط آسایش حرارتی ایجاد کند و همهٔ این موارد باید بتواند در اقلیم سرد پاسخ‌گوی نیاز آسایشی کاربران باشد (ت ۱).

۳. روش پژوهش

در پژوهش حاضر کرمانشاه منطقهٔ مورد مطالعاتی در نظر گرفته شده است. دلایل انتخاب این منطقه را می‌توان از دو جنبهٔ اقلیمی و لرزه‌خیزی بیان کرد. به دلیل زلزله‌خیز بودن استان‌های غربی کشور و به‌ویژه استان کرمانشاه و با توجه به اینکه کرمانشاه بزرگ‌ترین شهر غرب کشور است، مدیریت بحران زمین‌لرزه در این منطقه امری ضروری است. ضمن اینکه نتایج مطالعات نشان می‌دهد که مناطق مختلف شهر کرمانشاه به‌ویژه بخش‌های شمالی و جنوبی آن از لحاظ آسیب‌پذیری وضعیت مناسبی ندارند و به همین دلیل است که شهر کرمانشاه در منطقهٔ جغرافیایی با ریسک بالای وقوع زمین‌لرزه مشاهده می‌شود.[۴۱] از طرفی، گزارش آماری سال ۱۳۹۷ که توسط مرکز لرزه‌نگاری مؤسسهٔ ژئوفیزیک دانشگاه تهران ثبت گردید، نشان می‌دهد که بیشترین تعداد زمین‌لرزه‌های ثبت‌شده در سال ۱۳۹۶ در دو استان کرمانشاه و کرمان بوده است.[۴۲] همچنین به‌دلیل قرارگیری این شهر در ناحیه‌ای کوهستانی در غرب ایران و با توجه به ارتفاع زیاد این ناحیه، از لحاظ اقلیمی نیز سردتر است. همچنین نتایج مطالعات نشان از وجود هوای سرد حتی در اغلب اوقات فصل گرم در کرمانشاه را دارد[۴۳]. ازآنجاکه مسائل و مشکلات اقلیم سرد به‌دلیل تحمل سرما بیشتر از سایر اقلیم‌هاست، ارزیابی این منطقهٔ لرزه‌خیز و سرد مد نظر قرار گرفته است. پژوهش پیش رو به لحاظ هدف از نوع کاربردی است که برای رفع نیازهای بشری در جهت توسعهٔ آسایش و ارتقای سطح زندگی افراد سانحه‌دیده استفاده می‌شود. همچنین این تحقیق کاربردی از نوع توسعه‌ای است که با هدف بهینه‌سازی سیستم‌های موجود سرپناه انجام



ت ۲. نمودار محدودهٔ آسایش دمایی کرمانشاه، به‌دست‌آمده توسط نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت، تهیه و تدوین: نگارندهٔ اول.

۳۲. نیلوفر نیکقدم، «استخراج الگوهای اقلیمی فضاهای عملکردی در خانه‌های بومی بندر بوشهر با به‌کارگیری نظریهٔ داده‌بنیاد»، ص ۸.

۳۳. نک: خورشیدیان، همان؛ مسگری و همکاران، همان؛ مهدی خرم، «معیارهای طراحی سرپناه موقت با رویکرد زلزله؛ مطالعهٔ موردی: خراسان رضوی»؛ آصفی و فرخی ، همان.

۳۴. نک: کتایون تقی‌زاده و نفیسه سنایی، «بررسی کاربردی سیستم‌های سازه‌ای پناهگاه‌های متحرک و موقت».

۳۵. نک:
M.K. Lindell, et al, *Introduction to Emergency Management*.

36. Y. Khorasani, *Feasibility Study of Hybrid Wood Steel Structures*, p. 65.

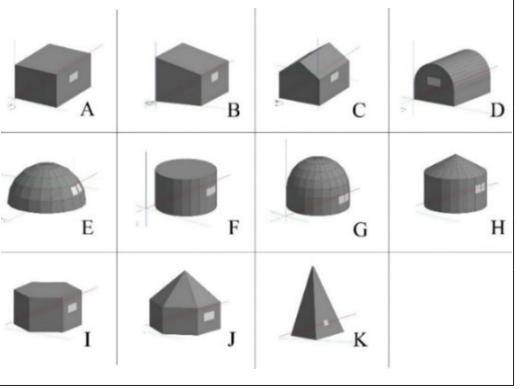
۳۷. نک:
Asefi &Ahangar, ibid; Mira, et al, ibid.

38. S. Kaminski, "Engineering Bamboo Houses for Low-income Communities in Latin America", p. 20.

۳۹. نک: مژگان نیک‌روان، «طراحی نمونه‌ای از مسکن موقت سریع‌الاحداث».

می‌پذیرد. ماهیت پژوهش نیز در بخش مطالعات تئوری از نوع کیفی است و بعد از گردآوری داده‌های مورد نیاز، تجزیه‌وتحلیل اطلاعات به شیوهٔ کمّی انجام می‌شود. بدین صورت که نتایج به‌دست‌آمده از داده‌های کیفی با کمک نرم‌افزار دیزاین بیلدر، برای بررسی فرم مناسب، شبیه‌سازی می‌گردد و تحلیل کمی داده‌های کیفی صورت می‌پذیرد و درنهایت پژوهش با ساخت نمونه‌ای واقعی و ارزیابی دمایی آن به طور پایا بررسی می‌شود. در پژوهش حاضر عامل اقلیم متغیر مستقل، فرم و مصالح پوششی متغیرهای وابسته، سازهٔ سبک و مدولار متغیر کنترل و مهارت ساخت و همچنین مصالح بومی، به شرط داشتن کفایت دمایی، متغیرهای مداخله‌گر هستند. در ابتدا مطالعات اقلیمی کرمانشاه با کمک نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت[۴۴] نسخهٔ ۶٫۱ انجام و ماه‌های مناسب برای بررسی عملکرد سرپناه در آن انتخاب شد. پس از آن شبیه‌سازی در نسخهٔ ۶٫۱٫۴٫۰۰۶ برنامهٔ دیزاین بیلدر[۴۵] و مدل حرارتی اشری ۵۵[۴۶] با فایل اقلیمی کرمانشاه صورت گرفت و مصالح مختلف بر روی مدل‌های مختلف اعمال شد و تحلیل دمایی وضعیت داخل سرپناه‌ها در ماه‌های سرد مد نظر قرار گرفت. درنهایت با کمک نتایج حاصل از شبیه‌سازی و تحلیل دمایی می‌توان دریافت که کدام‌یک از فرم‌های سرپناه عملکرد دمایی بهتری خواهند داشت. با توجه به تحلیل داده‌های آب‌وهوایی اقلیم کرمانشاه توسط نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت، می‌توان گفت که محدودهٔ دمایی آسایش برای تابستان در ماه آگوست با میانگین دمای ۲۱ درجهٔ سانتی‌گراد خواهد بود. در آن ماه این میزان نزدیک محدودهٔ آسایش است و همین‌طور از ماه اکتبر تا می میانگین دما زیر محدودهٔ آسایش قرار دارد که کمترین میزان آن در ژانویه و فوریه با میانگین دمای زیر صفر خواهد بود. از نمودار «ت ۲» قابل‌استنباط است که تنها در ۲ ماه از سال شرایط دمایی در محدودهٔ آسایش قرار دارد و بیشترین بازهٔ زمانیِ خارج از این محدوده ۸ ماه سرمایی از سال است. درنتیجه آنچه از حیث فاکتور دمایی پیش روی ما قرار دارد و در طرح سرپناه باید مورد توجه باشد، عامل سرماست.

لازم به ذکر است که فرم‌های به‌کاررفته غالباً از نتایج مطالعات پیشین حاصل شده و شامل فرم مکعب با سقف تخت و شیب‌دار[۴۷] و پلان مدوّر با سقف‌های گنبدی و مخروطی[۴۸] بوده است که مبنای انتخاب ما در شروع مدل‌سازی و ارزیابی خواهد بود. همچنین وضعیت یکسانی در همهٔ فرم‌ها برای تعیین داده‌ها به نرم‌افزار لحاظ شده که در «جدول ۱» به آن‌ها اشاره و فرم‌های نهایی مورد ارزیابی ارائه گردیده است.

فرم‌های پیشنهادی برای ارزیابی دمایی	مساحت	مدت استقرار	تعداد	داده‌های نرم‌افزار
	۳٫۵ m^2 برای هر فرد (IFRC, "Post-Disaster Shelter: Ten Designs")	اسکان تمام طول هفته و به‌صورت شبانه‌روزی	خانوادهٔ چهارنفره	یک بازشو در جبههٔ جنوبی برخورداری از مزایای تابش نور جنوب
	حجم			ورودی در جبههٔ شرقی محافظت از تأثیر بادهای سرد غربی
	۲۷ m^3 با تعیین ارتفاع سرپناه حدود ۲ متر (UNHCR, "Emergency Handbook Notes on Shelter")			کف سرپناه، وضعیت موجود زمین
				پوشش سقف، مصالح ثابت با ضریب انتقال حرارت ۰٫۲۵ w/m^2-k

جدول ۱. داده‌های نرم‌افزار در تعیین وضعیت سرپناه‌ها و معرفی فرم‌های پیشنهادی، تدوین: نگارندهٔ اول.

۴۰. نک:
E.Z. Escamilla & G. Habert., "Environmental Impacts of Bamboo-based Construction Materials Representing Global Production Diversity"; Y. Yu, et al, "Assessing the Thermal Performance of Temporary Shelters".

۴۱. سهراب امیریان، «بررسی الگوی فضایی آسیب‌پذیری شهرها از زلزله و پیشنهاد الگوی بهینه؛ نمونهٔ موردی: شهر کرمانشاه»، ص ۲۶۵-۲۶۷.

۴۲. اسناد مؤسسهٔ ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

۴۳. نک: کاظم طاهری، «ارزیابی آسایش اقلیمی در شهر کرمانشاه و طراحی اقلیمی مطلوب آن».

44. Climate Consultant 6.1

45. Design Builder version 6.1.4.006

46. ASHRAE 55 (ASHRAE: American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)

۴۷. نک:
IFRC, ibid.

۴۸. نک: اسماعیل ضرغامی، «بررسی تطبیقی مسکن عشایر ایران»، ص ۲۲-۳۳؛
UNHCR, "Emergency Handbook Notes on Shelter"; IOM, ibid.

۴. یافته‌ها و تحلیل

جایگاه تأمین سرپناه در میان مجموعه اقداماتی که پس از سانحه رخ می‌دهد، می‌تواند با انتخاب شایستهٔ عوامل دخیل در شکل‌گیری طرحی موفق، همچون مصالح مناسب از نظر عملکرد دمایی و فرم مطلوب برای سرپناه، ارتقا یابد. در این میان موارد مختلفی باید در نظر گرفته شود که هم از لحاظ ایستایی طرح نهایی را تأیید کند و هم از جهت دمایی عملکرد مناسبی داشته باشد. در این شرایط نتیجهٔ نهایی ایجاد شرایط آسایش برای سانحه‌دیدگان خواهد بود که با عنوان هدف برتر در اولویت کار قرار می‌گیرد. برای دستیابی به این مهم باید فرم‌های مختلف برای طرح سرپناه ارزیابی شوند.

جدول ۲. میانگین دمای ماهیانه در ماه‌های سرد بر روی فرم پایهٔ سرپناه با اعمال پوشش‌های تک‌لایه (برحسب سانتی‌گراد)، تدوین: نگارندهٔ اول.

پوشش جداره‌ها در مدل A	ضخامت (m)	ضریب انتقال حرارت (u-value)	میانگین دمای ماهیانهٔ دسامبر	میانگین دمای ماهیانهٔ ژانویه	میانگین دمای ماهیانهٔ فوریه	میانگین دمای ماهیانهٔ فضای خارج در ماه ژانویه
روکش سبک فلزی	۰/۰۰۵	۳/۶	۹/۶۲	۶/۴۳	۷/۵	−۱/۷
آجر	۰/۲۲	۲/۳۱	۱۳/۵۱	۱۰/۲۵	۱۱/۳۷	−۱/۷
بلوک سیمانی	۰/۱	۱/۴۳	۱۴/۸۳	۱۲/۲۸	۱۳/۲۷	−۱/۷
فایبرگلاس	۰/۰۴	۰/۷۶	۱۷/۲۴	۱۵/۳۰	۱۶/۱۶	−۱/۷
بالشتک هوا	۰/۰۳	۲/۹۷	۱۲/۸۱	۹/۸۱	۱۰/۸۶	−۱/۷
نایلون	۰/۰۰۴	۵/۳۷	۱۱/۴۷	۸/۰۵	۹/۱۳	−۱/۷
الومینیوم	۰/۰۰۴	۵/۸۸	۱۱/۸۰	۸/۱۹	۹	−۱/۷
فلز ضدزنگ	۰/۰۰۴	۵/۸۷	۱۰/۹۳	۷/۴۶	۸/۲۷	−۱/۷
بالشتک آب	۰/۰۵	۳/۷۱	۱۲/۷۳	۹/۲۲	۱۰/۳۳	−۱/۷
مقوا	۰/۰۵	۱/۱۴	۱۶/۱۲	۱۳/۷۸	۱۴/۷۴	−۱/۷
نی	۰/۰۳	۲/۱۲	۱۳/۵۰	۱۰/۷۷	۱۱/۷۹	−۱/۷
تختهٔ چندلا	۰/۰۴	۲/۲۹	۱۴/۱۵	۱۱/۲۱	۱۲/۲۶	−۱/۷
فرش	۰/۰۱	۲/۹۷	۱۲/۴۲	۹/۴۷	۱۰/۵۱	−۱/۷
مس	۰/۰۱	۵/۸۸	۱۱/۷۷	۸/۱۲	۸/۹۵	−۱/۷
PTFE	۰/۰۳	۳/۴۴	۱۲/۵۹	۹/۳۶	۱۰/۴۵	−۱/۷
لاستیک	۰/۰۳	۲/۸۸	۱۲/۶۳	۹/۵۷	۱۰/۶۴	−۱/۷
شن	۰/۰۳	۳/۹۴	۹/۷۷	۶/۷۷	۷/۸۴	−۱/۷

۴. ۱. ارزیابی دمایی مدل پایه با اعمال پوشش‌ها در حالت تک‌لایه

طبق توضیحات پیش‌گفته، برای انجام مراحل پژوهش، در ابتدا مدل سادهٔ طرح سرپناه مکعب‌شکل (فرم A) که مدل پایه قلمداد می‌شود با اعمال شرایط تعیین‌شده در سناریوی کاربرد فضایی در نرم‌افزار دیزاین بیلدر مدل شده و ۱۷ نوع پوشش متصوّر بر روی آن اعمال و نتایج دمایی فضای داخل ارزیابی گردید که درنهایت پوشش‌های برتر تعیین شد: ازآنجاکه اقلیم مورد مطالعه اقلیم سرد است، ملاک عمل در بررسی شرایط دمای داخلی سرپناه در ماه‌های سردِ دسامبر تا فوریه مقایسه و ارزیابی می‌شود. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد (جدول ۲)، در مدل A طرح سرپناه، پوشش فایبرگلاس بهترین عملکرد را داشته است. پس از آن مقوا با پوشش پلاستیکی روی آن در فضای خارج مناسب ارزیابی می‌شود. جایگاه سوم نیز متعلق به بلوک سیمانی ۱۰ سانتی‌متری خواهد بود و درنهایت تختهٔ چندلا و نی در جایگاه‌های چهارم و پنجم قرار می‌گیرند.

۴. ۲. ارزیابی دمایی مدل پایه با اعمال پوشش‌ها در حالت دولایه

به‌منظور بهبود شرایط دمایی طرح سرپناه‌های موجود، مصالح مد نظر به‌صورت ترکیبی و در ۲ و ۳ لایه نیز بررسی شدند. در مدل A از طرح سرپناه، ترکیب ۳۲ گونه مصالح در دولایه بررسی و مقایسه شدند. نتایج طبق «جدول ۳» نشان می‌دهد که از بین این مصالح، ترکیب چوب‌پنبه در جدارهٔ خارجی و فرش برای جدارهٔ داخلی سرپناه بهترین عملکرد حرارتی را داشته است. در جایگاه دوم ترکیب نایلون و فایبرگلاس قرار دارد. جایگاه سوم متعلق به مس و فایبرگلاس با ضخامت ۶/۵ سانتی‌متر برای پوشش جداره‌ها بوده است. شایان ذکر است که در بررسی پوشش‌های دوجداره برای مدل A از طرح سرپناه، ترکیب گرانیت- پی‌وی‌سی، ملات سیمان- آجر، ملات- شن،

آلومینیوم- فرش، و همچنین نایلون- فرش در انتهای جدول ارزیابی دمایی قرار دارند.

۴. ۳. ارزیابی دمایی مدل پایه با اعمال پوشش‌ها در حالت سه‌لایه

ترکیب‌های ۳لایهٔ پوشش جدارهٔ سرپناه نیز از مصالح موجود شامل ۴۱ ترکیب متنوع هستند که تک‌تک بر روی مدل پایه (A) اِعمال و سپس خروجی‌های آن به جهت دمایی استخراج شدند. نتایج به‌دست‌آمده در «جدول ۴» حاکی از این امر است که ترکیبات شامل فایبرگلاس، تختهٔ چندلا و پلی اورتان برای کارایی لایهٔ عایق مابین جداره‌ها بهترین عملکرد را دارد و دمای فضای داخل سرپناه را در ماه‌های سرد به محدودهٔ آسایش نزدیک می‌کنند.

درصورتی‌که ترکیباتی شامل ملات همراه با سنگ و آجر و همچنین یونولیت باشد، عملکرد دمایی سرپناه تضعیف می‌شود. همین روند برای سایر فرم‌های سرپناه نیز اعمال شد و با استخراج نتایج دمایی آن‌ها، چند پوشش برتر در حالت‌های تک‌لایه، دولایه، و سه‌لایه را که در همهٔ فرم‌ها شرایط دمایی مناسبی ایجاد کرده‌اند، انتخاب و میانگین دماهای ماهیانه در بین فرم‌ها ارزیابی شدند تا بتوان فرمی از سرپناه را، که در ایجاد شرایط دمایی بهینه مناسب‌تر عمل می‌کند، تعیین کرد.

جدول ۳. میانگین دمای ماهیانه در ماه‌های سرد بر روی فرم پایهٔ سرپناه با اعمال پوشش‌های دولایه (برحسب سانتی‌گراد)، تدوین: نگارندهٔ اول.

پوشش جداره‌ها در مدل	ضخامت (m)	ضریب انتقال حرارت (u-value)	میانگین دمای ماهیانهٔ دسامبر	میانگین دمای ماهیانهٔ ژانویه	میانگین دمای ماهیانهٔ فوریه	میانگین دمای ماهیانهٔ فضای خارج در ماه ژانویه
گرانیت/ PVC	۰/۰۴	۳/۸۱	۱۱/۷۶	۸/۴۸	۹/۵۷	−۱/۷
آجر/ گچ	۰/۲۳	۱/۷۹	۱۳/۷۹	۱۰/۷۵	۱۱/۸۷	−۱/۷
تختهٔ چندلا/ چوب‌پنبه	۰/۰۶	۱/۰۹	۱۵/۹۳	۱۳/۶۴	۱۴/۵۸	−۱/۷
تختهٔ چندلا/ PVC	۰/۰۶	۱/۴۹	۱۴/۸۱	۱۲/۲۵	۱۳/۲۵	−۱/۷
آجر/ چوب‌پنبه	۰/۱۱	۱/۵۷	۱۴/۶۹	۱۱/۹۱	۱۲/۹۲	−۱/۷
نایلون/ PTFE	۰/۰۰۸	۲/۰۴	۱۴/۳۵	۱۱/۳۲	۱۲/۳۹	−۱/۷
ملات/ آجر	۰/۱۳	۲/۹۱	۱۲/۵۶	۹/۲۶	۱۰/۳۷	−۱/۷
چوب‌پنبه/ مقوا	۰/۰۸	۰/۶۱	۱۷/۸۴	۱۵/۹۷	۱۶/۷۸	−۱/۷
ملات سیمان/ آجر	۰/۱۳	۲/۸۵	۱۲/۶۰	۹/۳۴	۱۰/۴۴	−۱/۷
ملات/ شن	۰/۰۸	۲/۹۱	۱۲/۶۳	۹/۴۲	۱۰/۵۱	−۱/۷
نایلون/ فایبرگلاس	۰/۰۷	۰/۵۲	۱۸/۵۱	۱۶/۷۸	۱۷/۵۴	−۱/۷
آلومینیوم/ تختهٔ چندلا	۰/۰۷	۱/۷۵	۱۴/۸۳	۱۱/۷۶	۱۲/۶۳	−۱/۷
الومینیوم/ چوب‌پنبه	۰/۰۷	۰/۵۹	۱۸/۱۶	۱۶/۲۱	۱۶/۹۱	−۱/۷
آلومینیوم/ یونولیت	۰/۰۷	۱/۸۳	۱۴/۶۷	۱۱/۵۷	۱۲/۴۳	−۱/۷
آلومینیوم/ فایبرگلاس	۰/۰۷	۰/۵۳	۱۸/۴۶	۱۶/۶۲	۱۷/۳۰	−۱/۷
مس/ فایبرگلاس	۰/۰۶۵	۰/۵۳	۱۸/۴۸	۱۶/۶۵	۱۷/۳۲	−۱/۷

پوشش جداره‌ها در مدل	ضخامت (m)	ضریب انتقال حرارت (u-value)	میانگین دمای ماهیانهٔ دسامبر	میانگین دمای ماهیانهٔ ژانویه	میانگین دمای ماهیانهٔ فوریه	میانگین دمای ماهیانهٔ فضای خارج در ماه ژانویه
مس/ تختهٔ چندلا	۰/۰۶۵	۱/۷۵	۱۴/۸۴	۱۱/۸۰	۱۲/۶۵	−۱/۷
مس/ چوب‌پنبه	۰/۰۶۵	۰/۵۹	۱۸/۱۸	۱۶/۲۳	۱۶/۹۴	−۱/۷
مس/ یونولیت	۰/۰۶۵	۱/۸۳	۱۴/۶۹	۱۱/۶۰	۱۲/۴۶	−۱/۷
فایبرگلاس/ پلی کربنات	۰/۰۶	۰/۸۵	۱۶/۹۱	۱۴/۸۱	۱۵/۷۰	−۱/۷
فایبرگلاس/ چوب‌پنبه	۰/۰۶	۰/۵۶	۱۸/۱۵	۱۶/۴۰	۱۷/۱۸	−۱/۷
تختهٔ چندلا/ یونولیت	۰/۰۶	۱/۷۹	۱۵/۰۱	۱۲/۱۸	۱۳/۲۲	−۱/۷
تختهٔ چندلا/ فایبرگلاس	۰/۰۶	۰/۸۱	۱۷/۴۷	۱۵/۳۷	۱۶/۲۵	−۱/۷
نی/ نایلون	۰/۰۳۲	۲/۰۹	۱۳/۵۷	۱۰/۸۴	۱۱/۸۶	−۱/۷
نی/ مقوا	۰/۰۵	۱/۳۳	۱۵/۲۲	۱۲/۷۹	۱۳/۷۷	−۱/۷
نی/ آلومینیوم	۰/۰۳۵	۲/۱۲	۱۳/۵۶	۱۰/۸۴	۱۱/۸۶	−۱/۷
نی/ مس	۰/۰۳۵	۲/۱۲	۱۳/۵۹	۱۰/۸۵	۱۱/۸۷	−۱/۷
نایلون/ فرش	۰/۰۱۲	۲/۹	۱۲/۹۶	۹/۹۹	۱۱/۰۴	−۱/۷
چوب‌پنبه/ فرش	۰/۰۱۶	۰/۵۴	۱۸/۵۴	۱۶/۷۸	۱۷/۵۶	−۱/۷
آلومینیوم/ فرش	۰/۰۱۵	۲/۹۷	۱۳/۱۶	۹/۸۷	۱۰/۶۸	−۱/۷
آجر/ فرش	۰/۲۱	۱/۶۲	۱۴/۲۳	۱۱/۳۰	۱۲/۳۸	−۱/۷
تختهٔ چندلا/ فرش	۰/۰۴	۱/۸۶	۱۴/۷۵	۱۲	۱۳/۰۳	−۱/۷

جدول ۴. میانگین دمای ماهیانه در ماه‌های سرد بر روی فرم پایهٔ سرپناه با اعمال پوشش‌های سه‌لایه (برحسب سانتی‌گراد)، تدوین: نگارندهٔ اول.

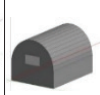
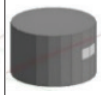
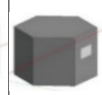
پوشش جداره‌ها در مدل	ضخامت (m)	ضریب انتقال حرارت (u-value)	میانگین دمای ماهیانهٔ دسامبر	میانگین دمای ماهیانهٔ ژانویه	میانگین دمای ماهیانهٔ فوریه	میانگین دمای ماهیانهٔ فضای خارج در ماه ژانویه
سنگ آهک/ ملات/ آجر	۰/۱۳	۳/۱۶	۱۲/۳۴	۸/۹۷	۱۰/۰۸	−۱/۷
سنگ آهک/ لایه هوا/ آجر	۰/۱۳	۲/۴۴	۱۲/۹۴	۹/۸۷	۱۰/۹۵	−۱/۷
ملات سیمان/ آجر/ چوب‌پنبه	۰/۱	۰/۹۸	۱۶/۳۷	۱۴/۰۴	۱۴/۹۶	−۱/۷
ملات سیمان/ آجر/ تختهٔ چندلا	۰/۱	۲/۱۴	۱۳/۶۰	۱۰/۶۰	۱۱/۶۶	−۱/۷
ملات سیمان/ آجر/ PVC	۰/۱	۲/۱	۱۳/۵۱	۱۰/۴۹	۱۱/۵۵	−۱/۷
ملات سیمان/ آجر/ فایبرگلاس	۰/۱	۰/۸۸	۱۶/۷۱	۱۴/۴۷	۱۵/۳۶	−۱/۷
نایلون/ چوب‌پنبه/ مقوا	۰/۰۸۳	۰/۵۴	۱۸/۴۱	۱۶/۶۲	۱۷/۴	−۱/۷
نایلون/ یونولیت/ مقوا	۰/۰۸۳	۱/۰۹	۱۶/۳۴	۱۳/۹۲	۱۴/۸۷	−۱/۷
نایلون/ چوب‌پنبه/ آلومینیوم	۰/۰۵۸	۰/۶۹	۱۷/۶۰	۱۵/۶۲	۱۶/۴۸	−۱/۷
نایلون/ یونولیت/ آلومینیوم	۰/۰۵۸	۲/۰۲	۱۴/۲۸	۱۱/۴۲	۱۲/۴۶	−۱/۷
نایلون/ چوب‌پنبه/ فایبرگلاس	۰/۰۸۳	۰/۴۳	۱۸/۹۲	۱۷/۳۰	۱۸/۰۱	−۱/۷
نایلون/ یونولیت/ فایبرگلاس	۰/۰۸۳	۰/۷۴	۱۷/۶۱	۱۵/۵۳	۱۶/۳۸	−۱/۷
تختهٔ چندلا/ پشم شیشه/ تختهٔ چندلا	۰/۰۹	۰/۵۹	۱۸/۳۰	۱۶/۴۲	۱۷/۲۲	−۱/۷
تختهٔ چندلا/ هوا/ تختهٔ چندلا	۰/۰۶	۱/۷	۱۵/۰۳	۱۲/۳۲	۱۳/۳۴	−۱/۷
تختهٔ چندلا/ پلی اورتان/ تختهٔ چندلا	۰/۰۹	۰/۴۵	۱۹/۰۱	۱۷/۳۲	۱۸/۰۵	−۱/۷
تختهٔ چندلا/ پشم سنگ/ تختهٔ چندلا	۰/۰۹	۰/۵۹	۱۸/۳۰	۱۶/۴۲	۱۷/۲۲	−۱/۷
تختهٔ چندلا/ یونولیت/ تختهٔ چندلا	۰/۰۹	۱/۳۳	۱۵/۹۷	۱۳/۳۲	۱۴/۳۳	−۱/۷
تختهٔ چندلا/ پشم شیشه/ آلومینیوم	۰/۰۷۵	۰/۶۴	۱۷/۹۴	۱۵/۹۹	۱۶/۸۳	−۱/۷
تختهٔ چندلا/ پپلی اورتان/ آلومینیوم	۰/۰۷۵	۰/۴۷	۱۸/۷۵	۱۷/۰۱	۱۷/۷۷	−۱/۷
تختهٔ چندلا/ پشم سنگ/ آلومینیوم	۰/۰۷۵	۰/۶۴	۱۷/۹۴	۱۶	۱۶/۸۳	−۱/۷
تختهٔ چندلا/ یونولیت/ آلومینیوم	۰/۰۷۵	۱/۶۲	۱۵/۳۱	۱۲/۵۴	۱۳/۵۷	−۱/۷

۴. ۴. مقایسهٔ دمایی ۱۱ فرم سرپناه با اعمال پوشش‌های برتر در ماه‌های سرد

طبق نتایج حاصل از میانگین دمایی مصالح مختلفِ جداول قبلی که در مورد همهٔ ۱۱ فرم با حجم برابر صورت گرفت، پوشش‌های برتر این جداول انتخاب و درنهایت اولویت ۱۱ فرم نسبت به هم با پوشش‌های برتر تعیین می‌شود. طبق این جداول، در تحلیل وضعیت دمایی فرم‌های مختلف سرپناه با پوشش فایبرگلاس، مدل E با جداره‌های منحنی و سقف گنبدی در ماه ژانویه با میانگین دمایی ۱۸٫۴۲°C بهترین عملکرد را در میان ۱۱ فرم سرپناه دارد. پس از آن مدل J با جداره‌های تخت زاویه‌دار و سقف مخروطی با میانگین دمای ۱۷٫۱۹°C مناسب‌ترین فرم بوده است. خاطرنشان می‌شود که تنها طرح‌های E و J

پوشش جداره‌ها در مدل	ضخامت (m)	ضریب انتقال حرارت (u-value)	میانگین دمای ماهیانهٔ دسامبر	میانگین دمای ماهیانهٔ ژانویه	میانگین دمای ماهیانهٔ فوریه	میانگین دمای ماهیانهٔ فضای خارج در ماه ژانویه
فایبرگلاس/ پشم شیشه/ تختهٔ چندلا	۰/۱	۰/۴۱	۱۸/۸۵	۱۷/۲۴	۱۷/۹۵	−۱/۷
فایبرگلاس/ پلی اورتان/ تختهٔ چندلا	۰/۱	۰/۳۳	۱۹/۳۳	۱۷/۸۳	۱۸/۴۹	−۱/۷
فایبرگلاس/ پشم سنگ/ تختهٔ چندلا	۰/۱	۰/۴۱	۱۸/۸۵	۱۷/۲۴	۱۷/۹۵	−۱/۷
فایبرگلاس/ یونولیت/ تختهٔ چندلا	۰/۱	۰/۶۷	۱۷/۵۰	۱۵/۵۲	۱۶/۳۹	−۱/۷
فایبرگلاس/ چوب‌پنبه/ تختهٔ چندلا	۰/۱	۰/۴۱	۱۸/۸۷	۱۷/۲۵	۱۷/۹۶	−۱/۷
فایبرگلاس/ نایلون/ تختهٔ چندلا	۰/۰۵۳	۰/۸۵	۱۶/۹۱	۱۴/۸۲	۱۵/۷۱	−۱/۷
فایبرگلاس/پشم شیشه/ آلومینیوم	۰/۰۸۵	۰/۴۳	۱۸/۶	۱۶/۹۴	۱۷/۶۸	−۱/۷
فایبرگلاس/ پلی اورتان/ آلومینیوم	۰/۰۸۵	۰/۳۵	۱۹/۱۴	۱۷/۶۰	۱۸/۲۸	−۱/۷
فایبرگلاس/ یونولیت/ آلومینیوم	۰/۰۸۵	۰/۷۴	۱۷/۱۱	۱۵/۰۴	۵/۹۳	−۱/۷
فایبرگلاس/ چوب‌پنبه/ آلومینیوم	۰/۰۸۵	۰/۴۳	۱۸/۶۳	۱۶/۹۶	۱۷/۶۹	−۱/۷
فایبرگلاس/ نایلون/ آلومینیوم	۰/۰۳۸	۰/۹۶	۱۶/۳۴	۱۴/۱۹	۱۵/۱۱	−۱/۷
فایبرگلاس/ تختهٔ چندلا/ فرش	۰/۰۶	۰/۷۵	۱۷/۲۹	۱۵/۳۰	۱۶/۱۶	−۱/۷
فایبرگلاس/ چوب‌پنبه/ فرش	۰/۰۹	۰/۴	۱۸/۹۱	۱۷/۳۳	۱۸/۰۳	−۱/۷
آلومینیوم/ چوب‌پنبه/ فرش	۰/۰۶۵	۰/۶۳	۱۸/۰۲	۱۶/۰۵	۱۶/۷۶	−۱/۷
نایلون/ چوب‌پنبه/ فرش	۰/۰۶۳	۰/۶۲	۱۸/۰۳	۱۶/۱۸	۱۶/۹۹	−۱/۷
نایلون/ تختهٔ چندلا/ فرش	۰/۰۳۳	۲/۰۷	۱۴/۰۳	۱۱/۲۵	۱۲/۲۸	−۱/۷
نی/ تختهٔ چندلا/ فرش	۰/۰۶	۱/۲۹	۱۵/۳۷	۱۲/۹۳	۱۳/۹۰	−۱/۷
نی/نایلون/ فرش	۰/۰۴۳	۱/۵۴	۱۴/۶۸	۱۲/۱۶	۱۳/۱۵	−۱/۷
تختهٔ چندلا /فرش/ PTFE	۰/۰۸	۱/۴۹	۱۵/۴۱	۱۲/۶۶	۱۳/۶۷	−۱/۷
چوب‌پنبه /فرش/ PTFE	۰/۱۱	۰/۵۶	۱۸/۳۹	۱۶/۴۸	۱۷/۲۴	−۱/۷

دمایی در محدودهٔ آسایش در ماه‌های سرد دارند. در اولویت سوم مدل D با پایهٔ مکعب و سقف طاقی قرار داشته است. در مورد پوشش مقوا نیز طرح E با میانگین دمای داخلی ۱۶٫۵۲°C عملکرد بهتری نسبت به سایر فرم‌ها دارد. پس از آن مدل J با ۱۵٫۷۸°C در مقام دوم قرار می‌گیرد. همین اولویت فرم‌ها در اعمال مصالحی چون بلوک سیمانی نیز صادق است. قابل‌ذکر

مدل سرپناه / ماه	A	B	C	 D	E	 F	G	H	 I	J	K
فایبرگلاس											
ماه دسامبر	۱۷/۲۴	۱۷/۲۳	۱۷/۵۷	۱۸/۰۱	۱۹/۶۹	۱۷/۴۲	۱۶/۴۹	۱۷/۷۶	۱۷/۵۴	۱۸/۸۲	۱۴/۳۸
ماه ژانویه	۱۵/۳۰	۱۵/۲۸	۱۵/۷۲	۱۶/۲۷	۱۸/۴۲	۱۵/۵۶	۱۴/۶۳	۱۵/۹۴	۱۵/۶۴	۱۷/۱۹	۱۲/۱۳
ماه فوریه	۱۶/۱۶	۱۶/۱۵	۱۶/۵۸	۱۷/۱۵	۱۹/۲۱	۱۶/۴۱	۱۵/۶۰	۱۶/۷۷	۱۶/۴۸	۱۷/۹۴	۱۳/۱۴
مقوا											
ماه دسامبر	۱۶/۱۲	۱۵/۹۹	۱۶/۴۶	۱۶/۹۵	۱۸/۱۸	۱۶/۱۷	۱۵/۱۰	۱۶/۶۳	۱۶/۴۱	۱۷/۷۸	۱۳/۲۶
ماه ژانویه	۱۳/۷۸	۱۳/۶۴	۱۴/۲۱	۱۴/۸۳	۱۶/۵۲	۱۳/۸۸	۱۲/۸۵	۱۴/۴۲	۱۴/۱۲	۱۵/۷۸	۱۰/۵۴
ماه فوریه	۱۴/۷۴	۱۴/۶۳	۱۵/۱۸	۱۵/۸۳	۱۷/۵۵	۱۴/۸۶	۱۴/۰۰	۱۵/۳۷	۱۵/۰۸	۱۶/۶۵	۱۱/۶۸
بلوک سیمانی											
ماه دسامبر	۱۴/۸۳	۱۴/۶۵	۱۵/۱۸	۱۵/۷۱	۱۶/۷۱	۱۴/۸۴	۱۳/۶۶	۱۵/۳۶	۱۵/۱۵	۱۶/۶۰	۱۱/۸۶
ماه ژانویه	۱۲/۲۸	۱۲/۰۹	۱۲/۷۱	۱۳/۳۷	۱۴/۷۷	۱۲/۳۲	۱۱/۱۸	۱۲/۹۴	۱۲/۶۵	۱۴/۳۹	۸/۹۳
ماه فوریه	۱۳/۲۷	۱۳/۱۱	۱۳/۷۲	۱۴/۴۲	۱۵/۹۰	۱۳/۳۳	۱۲/۳۹	۱۳/۹۳	۱۳/۶۵	۱۵/۳۱	۱۰/۱۲
تختهٔ چندلا											
ماه دسامبر	۱۴/۱۵	۱۳/۸۵	۱۴/۴۶	۱۵/۰۰	۱۵/۴۱	۱۴/۰۰	۱۲/۸۷	۱۴/۵۷	۱۴/۳۷	۱۵/۷۷	۱۱/۵۹
ماه ژانویه	۱۱/۲۱	۱۰/۹۰	۱۱/۵۹	۱۲/۲۶	۱۳/۰۵	۱۱/۰۹	۱۰/۰۳	۱۱/۷۵	۱۱/۴۸	۱۳/۱۵	۸/۲۸
ماه فوریه	۱۲/۲۶	۱۲/۰۱	۱۲/۶۶	۱۳/۳۷	۱۴/۴۱	۱۲/۱۸	۱۱/۴۱	۱۲/۸۲	۱۲/۵۶	۱۴/۱۸	۹/۵۷
نی											
ماه دسامبر	۱۳/۵۰	۱۳/۲۲	۱۳/۸۴	۱۴/۴۶	۱۴/۷۵	۱۳/۳۷	۱۱/۹۹	۱۴/۰۲	۱۳/۷۸	۱۵/۳۲	۱۰/۴۶
ماه ژانویه	۱۰/۷۷	۱۰/۵۰	۱۱/۱۸	۱۱/۹۲	۱۲/۶۱	۱۰/۶۷	۹/۴۱	۱۱/۴۱	۱۱/۰۹	۱۲/۸۸	۷/۴۶
ماه فوریه	۱۱/۷۹	۱۱/۵۵	۱۲/۲۲	۱۲/۹۹	۱۳/۸۶	۱۱/۷۱	۱۰/۷۰	۱۲/۴۳	۱۲/۱۲	۱۳/۸۶	۸/۷۲

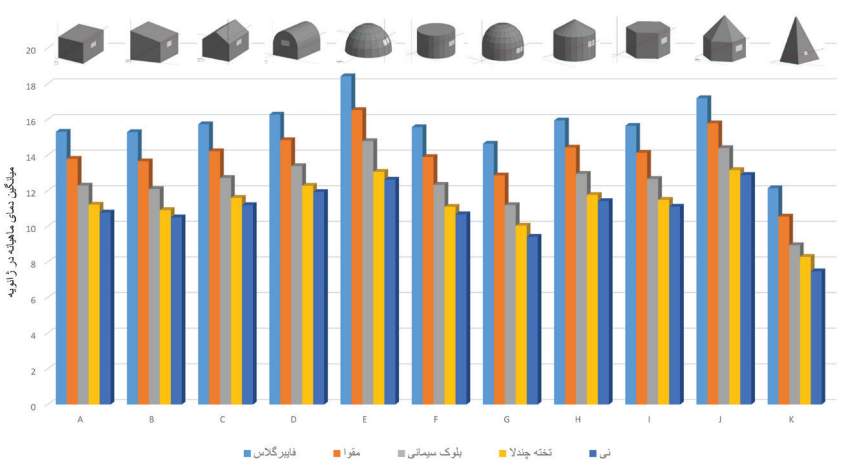
جدول ۵. مقایسهٔ دمایی ۱۱ فرم سرپناه با پوشش‌های برتر تک‌لایه، تدوین: نگارندهٔ اول.

است که در مورد دو پوشش تختهٔ چندلا و نی، مدل J با اختلاف بسیار ناچیزی در جایگاه نخست است و مدل E در اولویت دوم قرار دارد و مدل D با سقف طاقی جایگاه سوم را دارد (جدول ۵).

با توجه به نمودار «ت ۳»، مقایسهٔ دو فرم E و G با پلان دایره و سقف گنبدی در استفاده از مقوا که شرایط بسیار مشابهی به لحاظ ظاهر دارند، نشان می‌دهد که طرح E حدود ۴°C شرایط دمایی بالاتری نسبت به مدل G دارد. در همهٔ مصالح به‌کاررفته، مقایسهٔ بین مدل‌های F، G، و H با شرایط یکسان و فرم متفاوت سقف‌ها نشان می‌دهد که عملکرد دمایی مدل H با جداره‌های منحنی و سقف مخروطی بهتر از دو مدل دیگر است و پس از آن مدل F با سقف تخت قرار دارد. مقایسهٔ بین فرم‌های مشابه مکعبی نشان می‌دهد که در بین ۴ فرم A، B، C و D، فرم D با سقف طاقی مناسب‌تر از سایر فرم‌ها عمل می‌کند و پس از آن فرم C با سقف شیب‌دار دوطرفه خواهد بود. دو فرم A و B وضعیت حدوداً مشابهی خواهند داشت و با توجه به اینکه در میان ۴ فرم مکعبی، فرم‌های A، B، و C تفاوت دمایی زیادی ایجاد نمی‌کنند، چنانچه ناگزیر به انتخاب فرمی از بین آن‌ها شوند، می‌توان سهولت ساخت را مد نظر داشت. درنهایت در مورد پوشش نی، مدل J با سقف مخروطی حدود ۱/۵°C بهتر از مدل I با همان فرم و سقف تخت عمل می‌کند. مدل J حدود ۱/۵°C گرم‌تر از مدل H با فرم مشابه و سقف مخروطی ولی با جداره‌های منحنی عمل می‌کند.

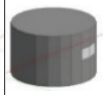
در شرایط پوشش‌های دولایه در «جدول ۶» ازجمله برترین پوشش‌ها، از لحاظ عملکرد دمایی، پوشش چوب‌پنبه- فرش است. مقایسهٔ دمایی مدل‌های مختلف سرپناه با اعمال این پوشش نشان می‌دهد که مدل E با میانگین دمایی ۲۰/۱۷°C در ماه ژانویه بالاترین عملکرد دمایی را دارد. پس از آن مدل J با میانگین دمایی ۱۸/۳۴°C در جایگاه دوم قرار گرفته است. در جایگاه سوم نیز مدل D با پایهٔ مکعب و سقف طاقی‌شکل با میانگین دمایی ۱۷/۵۲°C قرار دارد. در پوشش نایلون- فایبرگلاس نیز ارزیابی نتایج دمایی آن نشان می‌دهد که وضعیت دمایی آن‌ها تغییر محسوسی با پوشش چوب‌پنبه- فرش ندارد و روند اولویت فرم‌ها همانند پوشش قبل است که از تکرار آن اجتناب می‌شود. پوشش مس- فایبرگلاس و آلومینیوم- فایبرگلاس نیز به‌دلیل اینکه هر دوی پوشش‌ها ضریب انتقال حرارت $w/m^2\text{-}k$ ۰/۵۳ دارند، وضعیت دمایی آن‌ها نیز تقریباً مشابه خواهد بود. طبق این جداول مدل E بهترین وضعیت دمایی را دارد. پس از آن مدل J در جایگاه دوم و مدل D در جایگاه سوم است. در سایر پوشش‌های دولایه نظیر فایبرگلاس-چوب‌پنبه، چوب‌پنبه-مقوا و مس-چوب‌پنبه نیز مدل E در اولویت فرم‌ها قرار دارد. مدل J در جایگاه دوم بوده و مدل D نیز رتبهٔ سوم را دارد.

طبق نمودار «ت ۴» و در مقایسهٔ فرم‌های مختلف درک می‌شود که در پوشش آلومینیوم- فایبرگلاس مدل J شرایط دمایی بهتری (حدود ۱°C) نسبت به I دارد. حدوداً با همین میزان اختلاف دمایی طرح J نسبت به H برتری دارد که نشان از ارجحیت جداره‌های تخت زاویه‌دار به مدل منحنی است. در همهٔ مدل‌ها دیده می‌شود که در بین فرم‌های مکعبی، مدل A و B شرایط دمایی تا حدودی برابر دارند. درنتیجه ایجاد سقف



ت ۳. نمودار ارزیابی فرم‌های سرپناه در به‌کارگیری یک لایه پوشش، تهیه و ترسیم: نگارندهٔ اول.

تخت مسطح و یا شیب‌دار به جهت جنوب، تفاوت خاصی در میزان جذب انرژی نخواهد داشت. شرایط دمایی بین فرم‌های F و G و H نشان از شرایط بهتر مدل H نسبت به دو طرح دیگر دارد، به‌طوری‌که مدل H با سقف مخروطی، اختلاف دمایی اندکی نسبت به مدل F با سقف تخت دارد و این اختلاف نسبت به مدل G با سقف گنبدی کمتر از ۱°C است. توجه می‌شود

مدل / سرپناه / ماه	A	B	C	D	E	 F	G	H	I	J	K
	چوب‌پنبه/ فرش										
ماه دسامبر	۱۸/۵۴	۱۸/۶۲	۱۸/۸۲	۱۹/۰۹	۲۱/۲۱	۱۸/۸۵	۱۸/۳۰	۱۸/۹۵	۱۸/۸۰	۱۹/۸۱	۱۶/۴۷
ماه ژانویه	۱۶/۷۸	۱۶/۸۶	۱۷/۱۴	۱۷/۵۲	۲۰/۱۷	۱۷/۲۰	۱۶/۶۱	۱۷/۳۰	۱۷/۰۸	۱۸/۳۴	۱۴/۳۴
ماه فوریه	۱۷/۵۶	۱۷/۶۴	۱۷/۹۲	۱۸/۳۳	۲۰/۸۳	۱۷/۹۶	۱۷/۴۸	۱۸/۰۵	۱۷/۸۴	۱۹/۰۲	۱۵/۳۱
	نایلون/ فایبرگلاس										
ماه دسامبر	۱۸/۵۱	۱۸/۶۰	۱۸/۷۹	۱۹/۰۷	۲۱/۲۷	۱۸/۸۳	۱۸/۲۶	۱۸/۹۴	۱۸/۷۸	۱۹/۸۱	۱۶/۳۴
ماه ژانویه	۱۶/۷۸	۱۶/۸۷	۱۷/۱۵	۱۷/۵۳	۲۰/۲۲	۱۷/۲۱	۱۶/۶۱	۱۷/۳۲	۱۷/۰۸	۱۸/۳۶	۱۴/۲۸
ماه فوریه	۱۷/۵۴	۱۷/۶۴	۱۷/۹۰	۱۸/۳۳	۲۰/۸۶	۱۷/۹۵	۱۷/۴۴	۱۸/۰۵	۱۷/۸۳	۱۹/۰۲	۱۵/۲۲
	آلومینیوم/ فایبرگلاس										
ماه دسامبر	۱۸/۴۶	۱۸/۵۸	۱۸/۷۴	۱۹/۰۴	۲۱/۴۴	۱۸/۸۰	۱۸/۳۷	۱۸/۹۱	۱۸/۷۴	۱۹/۷۹	۱۶/۳۳
ماه ژانویه	۱۶/۶۲	۱۶/۷۳	۱۷/۰۰	۱۷/۴۰	۲۰/۲۲	۱۷/۰۶	۱۶/۵۴	۱۷/۱۹	۱۶/۹۴	۱۸/۲۵	۱۴/۰۴
ماه فوریه	۱۷/۳۰	۱۷/۴۰	۱۷/۶۷	۱۸/۱۳	۲۰/۷۲	۱۷/۷۱	۱۷/۲۰	۱۷/۸۴	۱۷/۶۱	۱۸/۸۵	۱۴/۸۲
	فایبرگلاس/ چوب‌پنبه										
ماه دسامبر	۱۸/۱۵	۱۸/۲۲	۱۸/۴۵	۱۸/۷۸	۲۰/۸۴	۱۸/۴۴	۱۷/۷۵	۱۸/۶۲	۱۸/۴۴	۱۹/۵۴	۱۵/۷۳
ماه ژانویه	۱۶/۴۰	۱۶/۴۷	۱۶/۷۸	۱۷/۲۱	۱۹/۷۶	۱۶/۷۹	۱۶/۰۸	۱۶/۹۷	۱۶/۷۲	۱۸/۰۷	۱۳/۶۵
ماه فوریه	۱۷/۱۸	۱۷/۲۵	۱۷/۵۶	۱۸/۰۳	۲۰/۴۳	۱۷/۵۵	۱۶/۹۳	۱۷/۷۲	۱۷/۴۹	۱۸/۷۵	۱۴/۶۱
	چوب‌پنبه/ مقوا										
ماه دسامبر	۱۷/۸۴	۱۸/۲۶	۱۸/۴۹	۱۸/۷۹	۲۰/۸۲	۱۸/۴۹	۱۷/۸۸	۱۸/۶۳	۱۸/۴۸	۱۹/۵۳	۱۶/۰۵
ماه ژانویه	۱۵/۹۷	۱۶/۳۷	۱۶/۶۹	۱۷/۱۰	۱۹/۶۶	۱۶/۶۹	۱۶/۰۵	۱۶/۸۶	۱۶/۶۳	۱۷/۹۵	۱۳/۷۳
ماه فوریه	۱۶/۷۸	۱۷/۱۹	۱۷/۵۰	۱۷/۹۵	۲۰/۴۱	۱۷/۵۰	۱۶/۹۸	۱۷/۶۵	۱۷/۴۴	۱۸/۶۶	۱۴/۷۵
	مس/ چوب‌پنبه										
ماه دسامبر	۱۸/۱۸	۱۸/۲۷	۱۸/۴۷	۱۸/۸۰	۲۱/۰۷	۱۸/۴۷	۱۷/۹۹	۱۸/۶۵	۱۸/۴۷	۱۹/۵۶	۱۵/۹۳
ماه ژانویه	۱۶/۲۳	۱۶/۳۲	۱۶/۶۳	۱۷/۰۷	۱۹/۷۷	۱۶/۶۳	۱۶/۰۴	۱۶/۸۳	۱۶/۵۷	۱۷/۹۵	۱۳/۴۹

جدول ۶ . مقایسهٔ دمایی ۱۱ فرم سرپناه با پوشش‌های برتر دولایه، تدوین: نگارندهٔ اول.

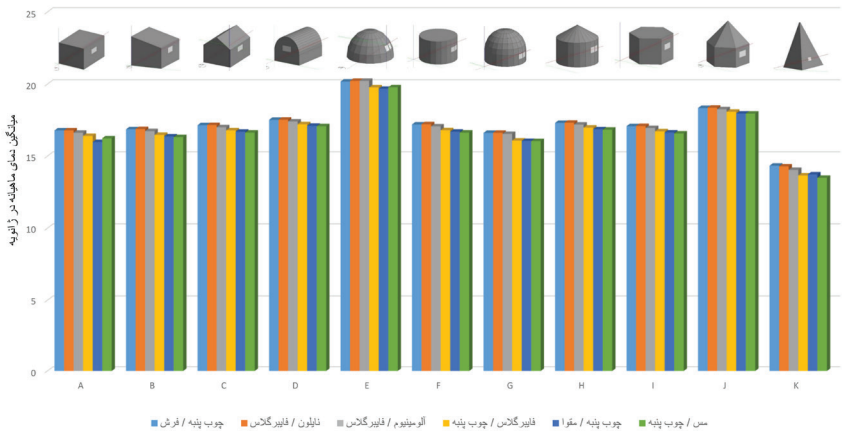
که طرح‌های C، F و I با فرم کاملاً متفاوت در همهٔ جداول دمایی پوشش‌های دولایه تا اینجا شرایط دمای کاملاً مشابهی داشته‌اند و در بین این طرح‌ها می‌توان سهولت ساخت را در اولویت انتخاب طرح سرپناه مؤثر دانست.

در مقایسهٔ فرم‌های سرپناه با اعمال پوشش‌های سه‌لایه، مشاهده می‌شود که در انتخاب یکی از برترین پوشش‌ها یعنی ترکیب فایبرگلاس- پلی اورتان- تختهٔ چندلا، میانگین دمایی ماه‌های سرد در همهٔ طرح‌ها به‌جز فرم K در محدودهٔ شرایط آسایش است. پس نکتهٔ مهم این است که با افزایش لایه‌های پوشش سرپناه با هر نوع فرم، به شرایط آسایش می‌رسیم. طبق «جدول دمایی ۷»، مدل E با میانگین دمایی ۲۱/۴۸°C مناسب‌ترین وضعیت دمایی را دارد. در درجهٔ دوم مدل J قرار گرفته و در رتبهٔ سوم مدل F با پلان دایره، جداره‌های منحنی و سقف تخت قرار دارد. شرایط دمایی پوشش‌های برتر نشان می‌دهد که تنها در ترکیب فایبرگلاس- پلی اورتان- تختهٔ چندلاست که مدل F با اختلاف ناچیزی گرم‌تر از مدل D است و در جایگاه سوم قرار می‌گیرد. در کل در همهٔ پوشش‌ها، وضعیت دمایی دو فرم F و D حدوداً یکسان هستند.

طبق «جدول ۷»، شرایط دمایی دو فرم F و H حدوداً مشابه است. درنتیجه با توجه به احداث سقف‌های تخت برای اقلیم سرد و در صورت صلاحدید به تأمین فرم‌های مدوّر برای سرپناه، نیازی به تحمیل شرایط سخت‌تر در ساخت سقف‌های مخروطی نیست و می‌توان این فرم را با سقف تخت اجرا کرد. ولی همین مسئله در مورد پلان چندضلعی متفاوت است و در انتخاب این فرم تأکید بر احداث سقف مخروطی است، به‌طوری‌که اختلاف دمایی دو فرم مشابه J و I با توجه به پوشش‌های اعمال‌شده حداقل ۱°C است. در این خصوص مطابق «ت ۵» اختلاف دمایی مدل J نسبت به مدل E در همهٔ فرم‌های سرپناه در حالت پوشش سه‌لایه حدود ۲°C است. همچنین بررسی طرح‌های مشابه F، G و H با سقف‌های متفاوت 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 مانند F، G و H نیز نشان می‌دهد که وضعیت دمایی دو مدل F و H یکسان بوده است. پس اجرای فرم مخروطی برای سقف با پلان دایره در حالت سه‌لایه تأثیری بر کیفیت دمای داخل نخواهد داشت. بر اساس مدل‌های مشابه J و H نیز مدل J حدود ۱°C عملکرد دمایی بهتری دارد و تا اینجا اثبات می‌کند که با طرح مخروطی سقف و با حجم و مساحت یکسان، پلان چندضلعی نسبت به پلان دایره موفق‌تر عمل می‌کند. مطابق «ت ۵» طرح‌های C و I شرایط دمایی برابری داشته است. مدل J با سقف مخروطی حدود ۱°C بهتر از مدل I با سقف تخت عمل می‌کند.

بررسی دمایی فرم‌های مختلف نشان می‌دهد که اکثر مدل‌های سرپناه میانگین دمایی در محدودهٔ ۱۷°C دارند، به‌جز مدل K که با میانگین دمایی حدود ۱۵°C ضعیف‌ترین عملکرد دمایی جدول را دارد. در مقایسهٔ فرم‌های مکعبی نیز برتری با فرم D با میانگین دمایی ۱۷/۷۱°C بوده است و به‌ترتیب مدل‌های C، B، و A در مراتب بعدی قرار می‌گیرند، به‌طوری‌که اختلاف دمایی مدل A با مدل D حدود ۰/۷°C است (ت ۵).



ت ۴. نمودار ارزیابی فرم‌های سرپناه در به‌کارگیری دو لایه پوشش، تهیه و ترسیم: نگارندهٔ اول.

مدل سرپناه / ماه	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	فایبرگلاس/ پلی اورتان/ تختهٔ چندلا										
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	۱۸/۴۳	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
	فایبرگلاس/ پلی اورتان/ 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
	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
	تختهٔ چندلا/ پلی اورتان/ تختهٔ 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
	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
	فایبرگلاس/ چوب‌پنبه/ تختهٔ 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
	تختهٔ چندلا/ پلی اورتان/ الومینیوم										
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

جدول ۷. مقایسهٔ دمایی ۱۱ فرم سرپناه با پوشش‌های برتر سه‌لایه، تدوین: نگارندهٔ اول.

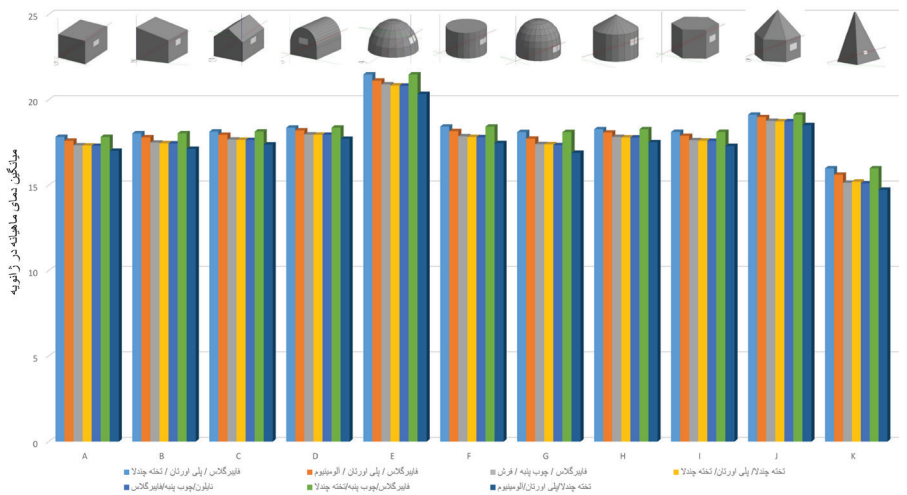
۴. ۵. اعتبارسنجی و سازگاری نتایج با یافته‌های پیشین

به‌منظور اعتبارسنجی یافته‌های پژوهش، مدل پایهٔ فرم سرپناه (A) ساخته شد و شرایط دمایی آن با استفاده از دو ترکیب از مصالح ارزیابی شد و درنهایت نتایج آن با نتایج مدل شبیه‌سازی‌شده مقایسه گردید. خاطرنشان می‌شود که به‌دلیل اینکه محدودهٔ مورد مطالعه اقلیم کرمانشاه بوده و شرایط آزمایش میدانی در آنجا برای محققان فراهم نبوده است، برای ارزیابی پایایی پژوهش، ارزیابی نمونهٔ ساخته‌شده و شبیه‌سازی همان نمونه در اقلیم تهران صورت گرفت. چنانچه نتایج دمایی نمونهٔ میدانی و شبیه‌سازی‌شده در اقلیم تهران قابل‌قبول باشد و انتظار محققان بر عملکرد دمایی مصالح مورد بررسی نمونهٔ میدانی را بر اساس نتایج شبیه‌سازی برآورده کند، می‌توان نسبت به نتایج استخراج‌شده برای اقلیم کرمانشاه اطمینان داشت. برای این منظور دو مکعب چوبی به ابعاد ۴۵×۳۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۲۰ و ضخامت ۱٫۵ سانتی‌متر ساخته شد. بر اساس ترکیب به‌کاررفته در جدول دولایهٔ مصالح، در یکی از جعبه‌ها چوب‌پنبه و در دیگری یونولیت هرکدام به ضخامت ۱ سانتی‌متر قرار داده شد. کف هر دو مدل ۱٫۵ سانتی‌متر چوب و مقوا به ضخامت ۵ میلی‌متر و سقف آن نیز تختهٔ چوبی به ضخامت ۱٫۵ سانتی‌متر است. روند اندازه‌گیری دمایی توسط دیتالاگرهاتول مدل ۲۰۶۰ به صورت ساعتی و به مدت یک هفته از ۱۰ ژانویه تا ۱۶ ژانویه در تهران درنظر گرفته شد (ت ۶) که بر اساس مطالعات اقلیمی صورت‌گرفته ماه ژانویه سردترین ماه سال برای اقلیم کرمانشاه است و به همین دلیل ملاک ارزیابی مطالعهٔ میدانی و شبیه‌سازی پژوهش قرار گرفته است. شرایط مشابهی نیز از لحاظ فرم، ابعاد، و مصالح به‌کاررفته در نرم‌افزار دیزاین بیلدر شبیه‌سازی شد و نتایج دمایی آن به مدت یک هفته در همین بازهٔ زمانی و با اقلیم مشابه ارزیابی گردید.

بر اساس نتایج استخراج‌شده از شبیه‌سازی فرم حاوی چوب‌پنبه، کمترین مقدار دمایی بین ساعت ۶ تا ۷ صبح و بیشترین دما حدود ساعت ۱۳ مشاهده می‌شود، سپس دمای داخل جعبه مجدد کاهش می‌یابد. همچنین از ساعت ۱ بامداد تا ۷ صبح روند نزولی کاهش دما برقرار است. همین شرایط در مورد مدل حاوی یونولیت نیز صادق است. به‌طورکلی میانگین دما در طی یک هفته در وضعیت شبیه‌سازی، برای مدل حاوی چوب‌پنبه ۱۲٫۳۷°C بوده است، درحالی‌که این دما برای مدل حاوی یونولیت ۱۱٫۵۴°C است. یعنی در مدلی که از چوب‌پنبه استفاده شده است میانگین دما حدود ۰٫۸°C بالاتر از حالت دیگر است. دماهای اندازه‌گیری‌شده در نمونهٔ میدانی نیز شرایط حدوداً مشابهی را نشان می‌دهند (ت ۷).

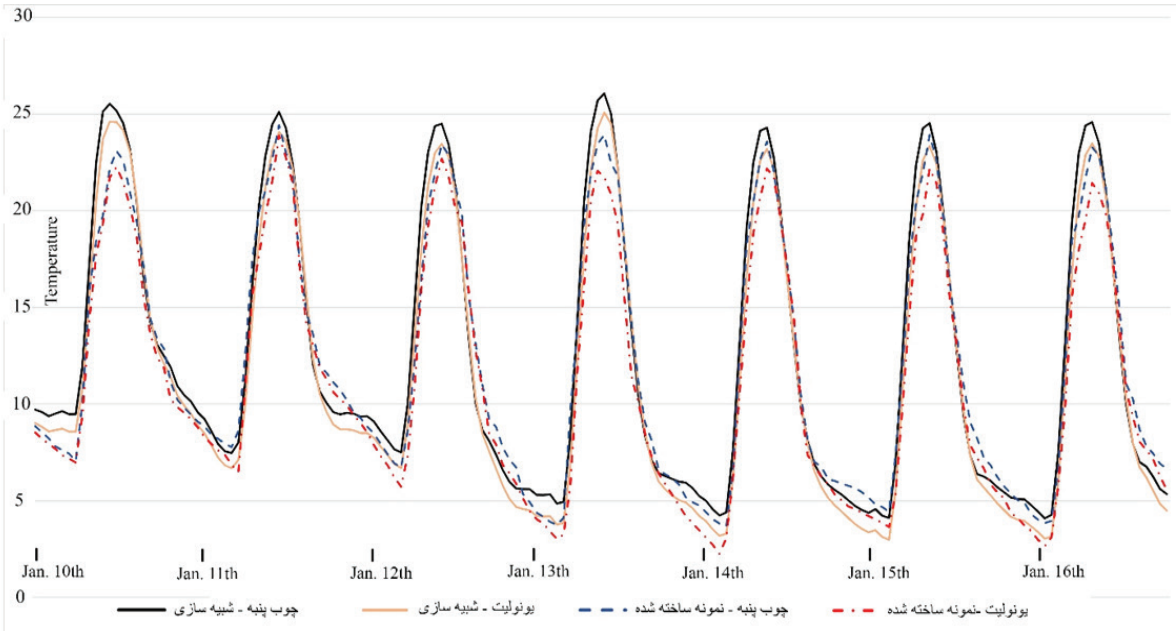
با وجود اینکه در ساعاتی از بعدازظهر دمای اندازه‌گیری شده در جعبهٔ حاوی یونولیت کمی‌بیش از نمونهٔ دیگر است، ولی به‌طورکلی میانگین دمای جعبهٔ حاوی چوب‌پنبه بیشتر از میانگین دمای جعبهٔ حاوی یونولیت است. دلیل این امر ضریب انتقال حرارت (U-Value) بالاتر یونولیت نسبت به چوب‌پنبه است که گرمای ظهر را زودتر به محیط داخل منتقل می‌کند و این گرما با کاهش دما زودتر نیز جانشین می‌شود. به‌طورکلی

ت ۵. نمودار ارزیابی فرم‌های سرپناه در به‌کارگیری سه لایه پوشش، تهیه و ترسیم: نگارندهٔ اول.



نتایج اندازه‌گیری‌شده در نمونهٔ میدانی نشان می‌دهد که مدل حاوی چوب‌پنبه میانگین دمای ۱۲٫۰۶°C و مدل حاوی یونولیت میانگین دمای ۱۱٫۱°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 ۰٫۹۶°C است.

مطابق «ت ۷»، نمودار دمایی حالت‌های شبیه‌سازی‌شده و نمونهٔ میدانی برای ترکیبات حاوی چوب‌پنبه و یونولیت در کنار هم نمایش داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در دو حالت شبیه‌سازی و ساخت نمونهٔ واقعی، استفاده از چوب‌پنبه باعث بهبود عملکرد دمایی در حجم مورد نظر شده است. ارزیابی نتایج دمایی در موارد مشابه حاکی از آن است که فرم حاوی چوب‌پنبه در حالت شبیه‌سازی‌شده ۰٫۳۱°C میانگین دمای بالاتری نسبت به نتایج نمونهٔ میدانی دارد. همچنین این اختلاف دمایی در مدل‌های حاوی یونولیت ۰٫۴۴°C به نفع حالت شبیه‌سازی‌شده است. مطالعه‌ای در این



ت ۶. ساخت نمونه‌های میدانی و آزمایش نتایج دمایی به وسیلهٔ دیتالاگر، توسط نگارندهٔ اول.
ت ۷. مقایسهٔ میانگین دمایی نمونه‌های شبیه‌سازی‌شده و نمونه‌های میدانی، تدوین: نگارندهٔ اول.

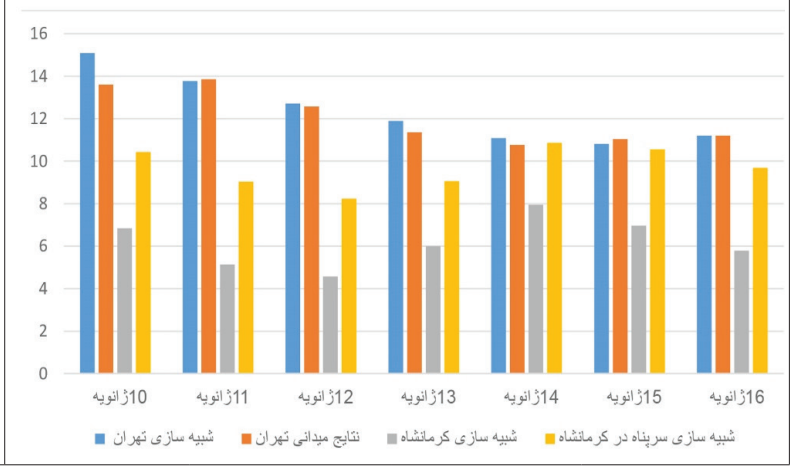
حوزه صورت گرفته و اختلاف ۰/۵°C± را در مقایسهٔ نمونه‌های اندازه‌گیری‌شده و شبیه‌سازی‌شده قابل‌قبول می‌داند[۴۹] پس می‌توان این پژوهش را دارای اعتبار لازم دانست.

در «جدول ۸» میانگین دمای روزانه طی یک هفته در ماه ژانویه، که مورد نظر این پژوهش است، نمایش داده شده است. بر این اساس نتایج دمایی در دو حالت شبیه‌سازی‌شده و نمونهٔ میدانی با پوشش چوب‌پنبه برای اقلیم تهران و کرمانشاه ارزیابی شده که با سازگار بودن نمونهٔ ساخته‌شده با مدل شبیه‌سازی آن در تهران و مقایسهٔ نتایج با همان نمونه در کرمانشاه می‌توان نسبت به قابل‌اعتماد بودن نتایج دمایی شبیه‌سازی برای طرح سرپناه با ابعاد واقعی اطمینان به‌دست آورد. بر اساس «جدول ۸»، نتایج میدانی در تهران با شرایط مشابه در وضعیت شبیه‌سازی‌شده سازگار است، پس می‌توان نتایج شبیه‌سازی را قابل‌قبول دانست. ازآنجاکه دمای تهران به‌طور معمول بالاتر از دمای کرمانشاه است، انتظار می‌رود که اختلاف دمایی قابل‌توجهی در نمونهٔ شبیه‌سازی‌شده در دو اقلیم دیده شود. سه حالت اول در جدول یادشده (از چپ به راست) تحت شرایط کاملاً یکسانی ارزیابی شده‌اند و فقط اقلیم تأثیرگذار بر آن‌ها متفاوت بوده است. پس با سازگاری نتایج میدانی و شبیه‌سازی استنباط می‌شود که شرایط دمایی داخل سرپناه با ابعاد واقعی و پوشش‌های فرضی آن قابل‌استناد است و می‌توان با تغییر مصالح و تعداد لایه‌های پوشانندهٔ سرپناه و با ارزیابی نتایج دمایی حاصله، نزدیک‌ترین گزینه را از لحاظ فرم سرپناه و مصالح پوشانندهٔ آن به شرایط آسایش برگزید. ازآنجاکه دستیابی به فرم مطلوب در اقلیم ایران می‌تواند در سایر اقلیم‌های مشابه نیز استفاده شود، برای ارزیابی سازگاری یافته‌های پژوهش، نمونه‌های انجام‌شده در مطالعات مختلف بررسی و به میزان سازگاری یا ناسازگاری آن‌ها با نتایج یافته‌ها در «ت ۸» اشاره می‌شود.

49. E. Taveres-Cachat & F. Goia. "Co-simulation and Validation of the Performance of a Highly Flexible Parametric Model of an External Shading System", p. 6.

جدول ۸. مقایسهٔ میانگین دمای روزانه برای یک هفته در نمونه‌های شبیه‌سازی و میدانی، تدوین: نگارندهٔ اول.

روز	شبیه‌سازی نمونه در تهران	نتایج میدانی نمونه در تهران	شبیه‌سازی نمونه در کرمانشاه	شبیه‌سازی سرپناه در کرمانشاه
۱۰ ژانویه	۱۵/۰۹	۱۳/۶	۶/۸۴	۱۰/۴۳
۱۱ ژانویه	۱۳/۷۷	۱۳/۸۶	۵/۱۳	۹/۰۳
۱۲ ژانویه	۱۲/۷۱	۱۲/۵۷	۴/۵۷	۸/۲۳
۱۳ ژانویه	۱۱/۹	۱۱/۳۶	۶	۹/۰۶
۱۴ ژانویه	۱۱/۰۹	۱۰/۷۷	۷/۹۵	۱۰/۸۶
۱۵ ژانویه	۱۰/۸۱	۱۱/۰۴	۶/۹۶	۱۰/۵۵
۱۶ ژانویه	۱۱/۲۱	۱۱/۲۱	۵/۷۹	۹/۶۹



۵. نتیجه‌گیری

وقوع هر سانحه‌ای، بر اساس نتایج و زیان‌های وارده، این امکان را فراهم می‌آورد که حاصل اقدامات صورت‌گرفته در حوزهٔ تأمین سرپناه و آزمون نتایج و بازخوردهای متعاقب آن به بهبود شرایط زیستی حادثه‌دیدگان منتهی شود. به همین دلیل، موفقیت این حوزه در گروی همهٔ تلاش‌ها و اقداماتی است که پیش از وقوع هرگونه حادثه‌ای صورت می‌گیرد. باید توجه داشت که عوامل مختلفی می‌تواند در کیفیت نهایی سرپناه پس از سانحه مؤثر باشد که یکی از این موارد ساخت فرم‌های آشنا برای مردم هر منطقه است که، با توجه به نتایج حاصله، فرم مکعبی با شرایط دمایی نزدیک به آسایش می‌تواند

قابل‌قبول باشد، ولی چنانچه معیار کیفیتْ عملکرد دمایی داخل سرپناه در نظر گرفته شود، می‌توان فرم‌های دیگری را جانشین فرم‌های معمول کرد. این عمل باید، طی اقدامات گسترده و با برنامه‌ریزی‌های مناسب، پیش از وقوع حوادث صورت گیرد تا به‌تدریج فرم‌های جدید پذیرفته شود. در این صورت اگر افراد در فضاهایی با عملکرد دمایی مناسبی مستقر و احساس آسایش کنند، می‌توان نسبت به تغییر نگرششان در پذیرش فرم‌های جدید امیدوار بود.

طبق یافته‌های پژوهش، فرم گنبدی در اقلیم سرد نتایج دمایی بسیار قابل‌قبولی در شرایط آسایش ایجاد می‌کند که این فرم اگرچه ممکن است برای بومیان اقلیم سرد ناآشنا باشد، نتایج دمایی آن نسبت به فرم‌های مکعبِ معمول قابل‌تأمل است که می‌تواند در روند برپایی فرم‌های سرپناه به کار گرفته شود. این اختلاف دمایی در مورد پوشش‌های با عملکرد دمایی بالاتر در جدول تک‌لایه به صورتی است که فرم گنبدی نسبت به انواع فرم‌های مکعبی حدود ۲-۳°C عملکرد دمایی بهتری را نشان می‌دهد. این اختلاف در مورد انواع فرم‌های با پلان دایره حدود ۲٫۵-۴°C و در مورد فرم‌های با پلان چندضلعی حدود ۱٫۵-۳°C است. بیشترین اختلاف دمایی را نیز با فرم هرمی با حجم برابر دمایی به میزان ۶°C دارد. به‌طورکلی دستیابی به فرم‌هایی با هدف فراهم آوردن شرایط آسایش حرارتی، می‌تواند مسیر طرح‌های جدید سرپناه را به سمت پلان‌های چندضلعی و ایجاد سرپناه‌هایی با سقف‌های مخروطی متمایل کند. چنانچه نتایج تحلیل‌ها نشان می‌دهد، فرم‌های چندضلعیِ پلان با سقف مخروطی می‌تواند، پس از فرم‌های گنبدی، گزینهٔ مناسب‌تری نسبت به سایر فرم‌ها با حجم برابر باشد و شرایط دمایی داخل سرپناه را نزدیک به شرایط آسایش کند. مقایسهٔ اختلاف دمای داخلی فرم‌های مختلف نشان می‌دهد که فرم گنبدی E و

ت ۸. ارزیابی یافته‌ها با اظهارات صاحب‌نظران، تدوین: نگارندهٔ اول.

فرم J حدود ۳°C-۲ نسبت به سایر فرم‌ها گرم‌تر هستند و در سایر فرم‌ها تفاوت مشهودی در تغییرات دمای داخل دیده نمی‌شود. چنانچه استفاده از مصالح با ترکیبات چوبی به‌صورت تک‌لایه برای پوشش سرپناه مد نظر باشد، فرم‌های چندضلعی پلان با سقف مخروطی عملکرد دمایی بهتری حتی نسبت به فرم گنبدی خواهند داشت. پس از آن فرم‌های گنبدی (E و D) و مخروطی (H و C) قرار خواهند گرفت و در این شرایط فرم‌های با سقف تخت عملکرد دمایی ضعیف‌تری دارند.

از طرفی تجارب ساخت سرپناه‌های پس از سانحه نشان می‌دهد که فرم‌های سرپناه اگر مکعبی نباشند، معمولاً پلان دایره دارند. حال‌آنکه نتایج نشان می‌دهد که پس از فرم گنبدی، به‌منزلهٔ فرم بهینه و در مقایسه با سایر فرم‌ها، انحنای کامل جداره‌های سرپناه و وجود پلان دایره برای دیواره‌ها با سقف مخروطی باعث کاهش جذب انرژی می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هرچه شکست پلان کمتر باشد و به سمت چندضلعی شدن متمایل شود، عملکرد دمایی داخل سرپناه نسبت به فرم‌های با دیواره‌های کاملاً منحنی بهتر خواهد بود. در این حالت نیز اختلاف دمایی بین این دو فرم با افزایش لایه‌های پوشش جداره‌ها کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که در حالت یک‌لایهٔ پوشش برای سرپناه، فرم با جداره‌های چندضلعی حدود ۱٫۵°Cاختلاف دمایی بالاتری نسبت به فرم با جداره‌های منحنی دارد. این اختلاف در وضعیت پوشش‌های دولایه حدود ۱°C و در پوشش‌های سه‌لایه برای سرپناه حدود ۰٫۹°C است؛ البته این گفته در مورد همان فرم‌های با سقف تخت در صورتی صدق می‌کند که در آن‌ها لایه‌های کمتری برای پوشش جداره‌ها به کار رود و با استفاده از لایه‌های بیشتر در جداره‌ها، نتیجه هرچند کم ولی عکس خواهد شد و فرم‌های با جدارهٔ کاملاً منحنی عملکرد دمایی بالاتری نشان خواهد داد.

همچنین اگر از فرم‌های آشنای مکعبی در طرح سرپناه استفاده شود، می‌توان از طرح‌های متفاوت سقف بهره گرفت، ولی ازآنجاکه میانگین دمای داخلی در بین چهار طرح مشابه مکعبی نزدیک به هم بوده و حدود ۰٫۵ درجهٔ سانتی‌گراد اختلاف دمایی بین فرم مکعب با سقف تخت و سقف طاقی وجود دارد، انتخاب از بین گزینه‌های موجود می‌تواند به سهولتِ ساخت یا طرح‌های مقبول از دید عموم محدود شود.

منابع و مآخذ

آصفی، مازیار و شهین فرخی. «ارزیابی اسکان موقت بعد از زلزله و راهکارهای بهبود کیفی آن متناسب با نیاز آسیب‌دیدگان؛ مطالعهٔ موردی: روستای سرند- هریس»، در پژوهش‌های روستایی، دورهٔ ۷، ش ۱ (بهار ۱۳۹۵)، ص ۵۵-۸۰.

اسناد مؤسسهٔ ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ۱۳۹۸. https://geophysics.ut.ac.ir/fa/home./-/asset_publisher/MIZKkyCy4sBD/content/

امیریان، سهراب. «بررسی الگوی فضایی آسیب‌پذیری شهرها از زلزله و پیشنهاد الگوی بهینه؛ نمونهٔ موردی: شهر کرمانشاه»، در *فصلنامهٔ علمی- پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی*، ش ۳۹ (تابستان ۱۳۹۷)، ص ۲۶۵-۲۸۴.

تقی‌زاده، کتایون و نفیسه سنایی. «بررسی کاربردی سیستم‌های سازه‌ای پناهگاه‌های متحرک و موقت»، در *مجلهٔ نقش جهان، مطالعات نظری و فناوری‌های نوین معماری و شهرسازی*، ش ۳ (پاییز و زمستان ۱۳۹۱) ، ص ۶۷-۷۸.

خرم، مهدی و همکاران. «معیارهای طراحی سرپناه موقت با رویکرد زلزله؛ مطالعهٔ موردی: خراسان رضوی»، در *نشریهٔ علمی- پژوهشی انجمن علمی‌معماری و شهرسازی ایران*، ش ۷ (بهار و تابستان ۱۳۹۳)، ص ۹۶-۱۰۵.

خورشیدیان، عبدالمجید. «سرپناه موقت پس از سانحه، بررسی سیاست‌های تأمین مسکن موقت پس از زلزلهٔ ۱۳۸۵ لرستان»، در *فصلنامهٔ صفّه*، ش ۵۳ (تابستان ۱۳۹۰)، ص ۱۱۱-۱۲۴.

زرگر، اکبر و زهرا اهری و فاتیما رازقی. «تدوین چارچوبی برای اندازه‌گیری تاب‌آوری یک محلهٔ شهری در برابر زلزله؛ نمونهٔ موردی: محلهٔ هرزه ویل، منجیل، گیلان»، در *صفه*، ش ۶۹ (تابستان ۱۳۹۴)، ص ۸۹–۱۱۸.

زرگر، اکبر. «راهبردهای توسعه در بازسازی بم»، در مجموعه *مقالات همایش زلزلهٔ بم، بازسازی، دورنمای آینده*، ۱۳۸۴.

ضرغامی، اسماعیل. «بررسی تطبیقی مسکن عشایر ایران»، در *فصلنامهٔ مسکن و محیط روستا*، ش ۱۵۵ (پاییز ۱۳۹۵)، ص ۱۹–۳۶.

طاهری، کاظم. «ارزیابی آسایش اقلیمی در شهر کرمانشاه و طراحی اقلیمی مطلوب آن»، در اولین همایش ملی جغرافیا، شهرسازی و توسعهٔ پایدار، تهران، ص ۳–۱۰.

فلاحی، علیرضا و عبدالمجید خورشیدیان. «ارزیابی میزان رضایت ساکنان از بازسازی مساکن روستایی استان لرستان پس از زلزلهٔ فروردین سال ۱۳۸۵»، در *صفه*، ش ۵۷ (تابستان ۱۳۹۱)، ص ۹۵–۱۰۶.

فلاحی، علیرضا و عبدالمجید خورشیدیان. «عوامل کلیدی آسیب‌پذیری مسکن اقشار کم‌درآمد شهری در برابر زلزله»، در *صفه*، ش ۷۵ (زمستان ۱۳۹۵)، ص ۹۹–۱۱۳.

فلاحی، علیرضا. *معماری سکونتگاه‌های موقت پس از سوانح*، تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۸۶.

مسگری هوشیار، سارا و اکبر حاجی ابراهیم زرگر و علیرضا فلاحی. «الگوی اسکان موقت مبتنی بر روش نظریهٔ زمینه‌ای؛ مطالعهٔ موردی: شهر سرپل ذهاب پس از زلزله ۱۳۹۶»، در *مدیریت مخاطرات محیطی*، دورهٔ ۶، ش ۳ (پاییز ۱۳۹۸)، ص ۲۸۷–۳۰۰.

نیک‌روان منفرد، مژگان. «طراحی نمونه‌ای از مسکن موقت سریع‌الاحداث»، در *مهندسی ساختمان و علوم مسکن*، دورهٔ ۵، ش ۱۰ (۱۳۸۶)، ص ۷۳–۸۷.

نیکقدم، نیلوفر. «استخراج الگوهای اقلیمی فضاهای عملکردی در خانه‌های بومی بندر بوشهر با به‌کارگیری نظریهٔ داده‌بنیاد»، در *نشریهٔ علمی باغ‌نظر*، دورهٔ ۱۲، ش ۳۲ (بهار ۱۳۹۴)، ص ۷۷–۹۰.

Asefi, M. & F. Ahangar Sirus. "Transformable Shelter: Evaluation and New Architectural Design Proposals", in *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 51 (2012), pp. 961-966.

Ashmore, J. *Tents: A Guide to the Use and Logistics of Family Tentsin Humanitarian Relief*, United Nations Publication, OCHA Ref NrOCHA/ESB/2004/19, pp. 1-64, at http://josephashmore.org/publications/tents.pdf.

Barakat, S. *Housing Reconstruction after Conflict and Disaster*, London: Overseas Development Institute, 2003, at http://www.odihpn.org/documents/networkpaper043.pdf

Barenstein, J.D. *Network Paper: Housing Reconstruction in Post-earthquake Gujarat: A Comparative Aanalysis*, Commissioned and published by the Humanitarian Practice Network at ODI, 2006.

Bashawri, A. & S. Garrity & K. Moodley. "An Overview of the Design of Disaster Relief Shelters", in *Procedia Economics and Finance*, 18 (2014), pp. 924-931.

Bolin, R. & L. Stanford. "Shelter, Housing and Recovery: A Comparison of U.S. Disasters", *Disasters*, 15(1) (1991), pp. 24-34.

Bolin, R. *The Loma Prieta Earthquake: Studies of Short-term Impacts (Program on Environment and Behavior Monograph)*, No. 50, Institute of Behavioral Science, University of Colorado, 1990.

Corsellis, Tom & Antonella Vitale. *Transitional Settlement Displaced Populations*, Cambridge: University of Cambridg, 2005.

Dandoulaki, M. "The Reconstruction of Kalamata City after the 1986 Earthquakes: Some Issues on the Process of Temporary Housing", in Y. Aysan, & I. Davis (Eds.), *Disasters and the Small Dwelling: Perspectives for the UNIDNDR*, London: James & James, 1992, pp. 136-145.

Davis, I. *Shelter after Disaster*, Oxford: Oxford Polytechnic Press, 1978.

El-Masri, S. & P. Kellett. "Post-war Reconstruction, Participatory Approaches to Rebuilding the Damaged Villages of Leabanon: a Case Study of al-Burjain", in *Habitat International*, 25 (2001), pp. 535-557.

Escamilla, E.Z. & G. Habert. "Environmental Impacts of Bamboo-based Construction Materials Representing Global Production Diversity", in *Journal of Cleaner Production*, 69 (2014), pp. 117-127.

Escamilla, E.Z. & G. Habert. "Global or Local Construction Materials for Post- disaster Reconstruction? Sustainability Assessment of Twenty Post- disaster Shelter Designs", in *Building and Environment*, 92 (2015), pp. 692-702.

Fe´lix, D. & J. Branco & A. Feio. "Guidelines to Improve Sustainability and Cultural Integration of Temporary Housing Units", in *I-Rec Conference, Sustainable Post-Disaster Reconstruction: From Recovery to Risk Reduction*, 2013, 1-12.

Fe´lix, D. & D. Monteiro & J.M. Branco & R. Bologna & A. Feio. "The Role of Temporary Accommodation Buildings for Post-disaster Housing Reconstruction", in *Journal of House and the Built Environment, 2014*, DOI 10.1007/s 10901-014-9431-4.

Geipel, R. *Long-term Consequences of Disasters: The Reconstruction of Friuli, Italy in Its International Context, 1976– 1988*, New York: Springer, 1991.

Gilbert, R. *Doing More for Those Made Homeless by Natural Disasters, Disaster Management Facility, Working Paper, Series 1*, Washington DC: World Bank, 2001.

Gulahane, K. & V.A. Gokhale. "Design Criteria for Temporary

Shelters for Disaster Mitigation in India", in G. Lizarralde, et al (eds.), *Participatory Design and Appropriate Technology for Disaster Reconstruction, Conference Proceedings*, 2010 international i-Rec conference, 2012.

IFRC. "Post-Disaster Shelter: Ten Designs", in *International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies*, 2013, pp. 29-93, at www.ifrc.org

International Organization for Migration (IOM). *Improved Shelters for Responding to Floods in Pakistan Phase 1: Study to Develop a Research Methodology*, 2012.

Johnson, C. "Strategies for the Reuse of Temporary Housing", in I.A. Ruby (ed.), *Urban Transformation*, Ruby Press: Berlin, 2008, pp. 323- 331.

Kaminski, S. "Engineering Bamboo Houses for Low- income Communities in Latin America", in *Structural Engineer*, 91(10) (2013), pp. 14-23.

Khorasani, Y. *Feasibility Study of Hybrid Wood Steel Structures*, MSc Thesis at the university of British Columbia, 2011.

Lindell. M.K. & C. Prater & R.W. Perry. *Introduction to Emergency Management*, Wiley press, 2007.

Mira, L.A. & A.P. Thrall & N.D. Temmerman. "Deployable Scissor for Transitional Shelters", in *Automation in Construction*, 43 (2014), pp. 123-131.

Obyn, S. & G. Van Moeseke & V. Virgo. "Thermal Performance of Shelter Modeling: Improvement of Temporay Structures", in *Energy and Buildings*, 89 (2015), pp. 170-182.

Overseas Development Institute (ODI). *Humanitarian Practice Network (HPN)*.

Quarantelli, E.L. "General and Particular Observations on Sheltering and Housing in American Disasters", in *Disasters*, 6(4) (1982), pp. 277-281.

SACD: Special Advisory Committee on Disaster - Assistance Housing, *Housing Technology Alternatives for Use in Planning Post-Disaster Housing Assistance Programs. Washington DC: National Academy of Sciences - National Research Council, Building* Research Advisory Board, 1972.

Sener, S.M. & M.C. Altum. "Design of a Post Disaster Temporary Shelter Unit", in *A|Z ITU Journal of the Faculty of Architecture, 6* (2009), pp. 58-74.

Taveres-Cachat, E. & F. Goia. "Co-simulation and Validation of the Performance of a Highly Flexible Parametric Model of an External Shading System", in *Building and Environment*, 182 (2020), pp. 1-15.

Thrall, A.P. & C.P. Quaglia. "Accordion Shelters: A Historical Review of Origami-like Deployable Shelters Developed by the US Military", in *Engineering Structures*, 59 (2014), pp. 686-692.

Twigg, J. "Technology, Post-Disaster Housing Reconstruction and Livelihood Security", in B.H. Centre (Ed.), *Disaster Studies Working Paper*, No. 15 (2006).

UNDRO. *Shelter after Disaster: Guidelines for Assistance*, New York: United Nations, 1982.

UNHCR. *Handbook for Emergencies*, United Nations High Commissioner for Refugees, Geneva, 2000.

UNHCR, The UN Refugee Agency. "Emergency Handbook Notes on Shelter", Canada, 2006, pp. 198-222, at http://www.unhcr.ca/documents/emergencyhandbookshelternotes. pdf

Yu, Y. & E. Long & Y. Shen & H. Yang. "Assessing the Thermal Performance of Temporary Shelters", in *Procedia Engineering*, 159 (2016), pp. 174-178.