بررسی تأثیر سایه‌بان غشایی سبک انعطاف‌پذیر در ایجاد آسایش حرارتی در اقلیم گرم‌وخشک

سپیده جعفریان*[1]، الهام سرکرده‌ئی[2]، دانیال منصفی پراپری[3] و محمدرضا مجاهدی[4]

تاریخ دریافت: 1399/07/30
تاریخ پذیرش: 1400/02/07

چکیده: فضاهای باز و معابر، عرصه‌هایی هستند که زندگی جمعی در آن‌ها جریان دارد، بسیاری از فعالیت‌های مردم در فضاهای باز شهری انجام می‌شود، حال آن که تابش مستقیم آفتاب و دمای شدید هوا به خصوص در اقلیم گرم‌وخشک، سبب کاهش حضور مردم در فضاهای باز شهری می‌شود. از این رو توجه به آسایش حرارتی بیرونی در فضاهای شهری بیشتر می‌شود. کنترل تابش و سایه‌اندازی از راه‌های مؤثر در بهبود آسایش حرارتی در فضای باز است. پژوهش حاضر به بررسی انواع سایه‌بان‌های غشایی انعطاف‌پذیر، به عنوان یکی از عوامل ایجاد آسایش حرارتی در فضاهای بیرونی می‌پردازد. این پژوهش از نظر روش‌شناسی توصیفی-تحلیلی با اهداف کاربردی است که داده‌های مورد نیاز آن به شیوه اسنادی، کتابخانه‌ای و بررسی نمونه‌های موردی جمع‌آوری شده‌است. در نتیجه سایه‌بان‌های غشایی انعطاف‌پذیر با خواص ظاهری و حرارتی خاص خود، کنترل دما و ایجاد سایه برای فضاهای بیرونی به خصوص در اقلیم‌های گرم مناسب بوده و شرایط آسایش را به خوبی فراهم می‌کنند. تطابق سقف‌های منعطف با اقلیم منطقه در تمام روزهای سال از ویژگی‌های آن‌هاست. به علاوه سایه‌بان‌های متحرک، به هنگام باز بودن، سبب ایجاد سایه در ساعات حضور خورشید می‌شوند و در هنگام بسته بودن امکان بهره‌گیری از نورخورشید را در مواقع لزوم فراهم می‌کنند.

واژگان کلیدی: آسایش حرارتی در فضای باز، سازه غشایی، سازه متحرک، ویژگی حرارتی غشاها.

این مقاله برگرفته از مطالعات رساله کارشناسی ارشد نگارنده اول با عنوان " طراحی سایه‌بان غشایی سبک انعطاف‌پذیر با هدف ایجاد آسایش حرارتی در اقلیم گرم‌وخشک" در دانشگاه صنعتی شاهرود است.

[1] **دانشجوی کارشناسی ارشد**، معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. (نویسنده مسئول)
sepideh.jafarian@shahroodut.ac.ir
[2] **استادیار**، معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.
[3] **استادیار**، طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.
[4] **استادیار**، معماری، دانشگاه آزاد اسلامی شاهرود، شاهرود، ایران.

1- مقدمه

بسیاری از فعالیت‌های مردم در فضاهای باز در فصول مناسب سال صورت می‌گیرد، حال آن که، در اوقات گرم به ویژه در اقلیم گرم‌وخشک، مردم نمی‌توانند از این امکان استفاده کنند. تابش مستقیم آفتاب و دمای شدید هوا باعث بهره کمتر مردم از فضاهای شهری و ترجیح آن‌ها به پناه درون بناها شده است (Heidari, 1391)، (Tahbaz et al., 1393). ضرورت و نیاز روانی انسان، به حضور در فضاهای باز در دوران معاصر و نقش تأثیرگذار اقلیم در فعالیت‌ها و رفتارهای شهری، توجه به آسایش حرارتی در فضای باز را افزایش داده‌است (Taheri Shahraeini and Talebsafa, 1398). با شیوع ویروس کرونا در عصر حاضر، با توجه به ممنوعیت حضور تعداد زیاد افراد در فضاهای بسته، حضور مردم در فضاهای باز اجتماعی بیشتر از قبل مورد توجه قرار گرفته است و مردم ناچار به انجام بخشی از رفتارها و فعالیت‌های خود در فضاهای باز شده‌اند. بنابراین شناخت راه‌های ایجاد آسایش حرارتی مطلوب در فضا، به رضایت کاربران برای حضور در فضا کمک کرده و کیفیت فضا را ارتقا می‌دهد، همچنین مقوله آسایش برای استمرار فعالیت انسان، مهم است (Taban and Majidi, 1397). کنترل تابش و سایه‌اندازی از راه‌های مؤثر بهبود آسایش حرارتی در فضای باز است، با شناخت عوامل ایجاد سایه مانند سایه‌بان‌ها و ویژگی‌های آن‌ها می‌توان فضایی مطلوب جهت بهره‌مندی از فضای باز ایجاد کرد (Taheri Shahraeini and Talebsafa, 1398). امروزه کاربرد سایه‌بان در فضاهای عمومی گسترش یافته‌است؛ در حالی که تعداد کمی از آن‌ها می‌تواند نتیجه بیولوژیک مطلوبی به ارمغان آورد، بنابراین وجود سایه‌بان در محیط بیرونی می‌تواند سبب ایجاد شرایط آسایش حرارتی مطلوبی شود که این مورد توسط مطالعات میدانی و شبیه‌سازی تأیید شده‌است (He and Hoyano, 2009)، (He and Hoyano, 2010)، (Sultana and Bari, 2019)، (Jafarian, 1399).

علاوه بر این امروزه با پیشرفت سازه‌های نوین به‌ویژه سازه‌ها و سایه‌بان‌های غشایی، استفاده از آن‌ها افزایش یافته است. این سایه‌بان‌ها دارای خواص متعددی از جمله وزن کم، انعطاف‌پذیری و قابلیت تاشوندگی، مقاوم در برابر عوامل جوی و پوشش دهانه وسیع هستند (Ahmadnejad Karimi and Haghparast, 1391). در نقاط مختلف جهان به دلایل اقلیمی (تابش زیاد یا بارش زیاد باران یا برف) فضاهای باز را برای افزایش بهره‌وری، می‌پوشانند. در کشورهایی با اقلیم گرم‌وخشک، از سایه‌بان‌های چادری برای کاهش تابش شدید آفتاب استفاده می‌شود. در اروپا، معمولا پوشش‌ها برای استفاده از نور روز، شفاف هستند و در فصول سرد، به دلیل خاصیت گلخانه‌ای، دما را بصورت طبیعی بالا می‌برد (Khaki Qasr, 1395). همچنین حضور این سایه‌بان‌ها در فضاهای باز شهری نقش مؤثری برای تداوم فعالیت‌های جمعی دارد (Vasei and Asefi, 1397). بنابراین در این پژوهش تأثیر سایه‌بان غشایی سبک انعطاف‌پذیر به عنوان یکی عوامل ایجاد کننده آسایش حرارتی به خصوص در اقلیم گرم‌وخشک که کنترل عامل دما و سایه‌اندازی نقش به‌سزایی در ایجاد شرایط آسایشی آن دارد، مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

2- روش تحقیق

ماهیت پژوهش حاضر، نظری-کاربردی است. این پژوهش از نظر روش شناسی، توصیفی-تحلیلی با اهداف کاربردی است که داده‌های مورد نیاز آن به شیوه اسنادی و کتابخانه‌ای جمع آوری شده است. بررسی منابع و متون موجود از جمله کتب و مقالات از اصلی‌ترین اهداف این پژوهش است. روش کتابخانه‌ای یکی از روش‌های مهم در نظر گرفته می‌شود که طی آن پژوهشگر پیشینه موضوع مورد بررسی خود را از لحاظ کمیت و کیفیت ارزیابی و از تکرار مکررات در جریان تحقیق جلوگیری می‌نماید و قدمی فراتر از مطالعات انجام شده برمی‌دارد و همچنین از این راه با جدیدترین روش‌ها آشنا می‌شود. در این پژوهش، منابع به دو دسته کلان و خرد تقسیم می‌شوند؛ که منابع کلان شامل کتاب، پایان‌نامه و رساله و منابع خرد شامل مقاله، مجله، پژوهش‌ها و موارد دیگر تحقیقاتی است. روش تحلیل اطلاعات نیز به صورت کیفی انجام شده.

مراحل پژوهش حاضر با جزئیات بیشتر شامل موارد زیر است:

در این پژوهش بررسی‌های اسنادی، کتابخانه‌ای و مرور مفاهیم در مورد موضوعات آسایش حرارتی، سازه‌های غشایی و ویژگی‌های آن‌ها و همچنین بررسی نمونه‌های موردی انجام شده است. در بخش اول پژوهش، داده‌های حوزه فضای باز و آسایش حرارتی، به ویژه سایه‌بان‌های غشایی سبک و انعطاف‌پذیر گردآوری شده و در بخش دوم پژوهش، تجزیه داده‌ها به صورت کیفی انجام شده است. همچنین در این تحقیق پژوهش‌های پیشین مربوطه نیز مورد بررسی قرار گرفته و داده‌ها در زمینه سایه‌بان‌ها و آسایش حرارتی در قالب جداول به همراه ذکر نمونه‌هایی شرح داده شده است.

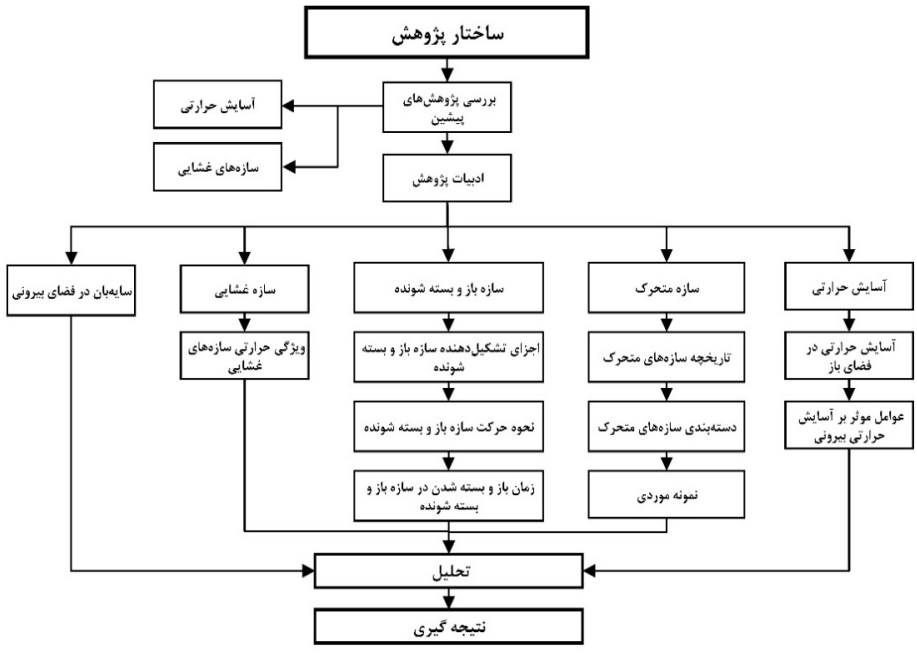
3- نتایج و بحث

3-1- آسایش حرارتی

آسایش حرارتی در تعریف اولیه، واکنش بدن به شرایط محیطی در فضاهای داخلی و خارجی است. تعریف دقیق‌تر این شرایط در سه گروه خلاصه می‌شود: تعریف روان‌شناختی به بیان مغز از رضایت نسبت به دمای محیط است، تعریف حرارتی- فیزیولوژیکی به واکنش بیولوژیکی بدن و سیستم عصبی به تأثیرات خارجی بر گیرنده‌های حرارتی پوست مرتبط است و تعریف سوم که به تعادل میان حرارت به داخل و خارج از بدن برمی‌گردد (Taleb and Taleb, 2014). طبق تعریف وات اغلب مردم وقتی احساس آسایش حرارتی می‌کنند که بدن آن‌ها نه نیاز به دفع و نه نیاز به جذب حرارت داشته باشد. به طور کلی کیفیت آسایش حرارتی به هشت عامل وابسته است که به ترتیب اهمیت عبارتند از: دمای هوا، رطوبت، فشار بخار آب، سرعت جریان هوا، دمای متوسط تشعشعی، انسان (سن، جنس)، نوع فعالیت انسان و نوع پوشش انسان (Ghiabaklou, 1394).

3-2- آسایش حرارتی در فضای باز

تأمین آسایش گرمایی در فضاهای زندگی انسان از اهداف اصلی معماری همساز با اقلیم است. آسایش حرارتی در فضای بیرونی علاوه بر شرایط اقلیمی، متأثر از محیط ساخته شده اطراف، پوشش سطح زمین، تبخیر و تعرق گیاهان و سایه ایجاد شده توسط عوامل طبیعی و مصنوعی است (Mahmoudi et al., 1389). تأمین آسایش در فضاهای باز بیش از فضاهای بسته وابسته به شناخت شرایط اقلیمی و محیطی است زیرا در فضاهای



1- ساختار پژوهش

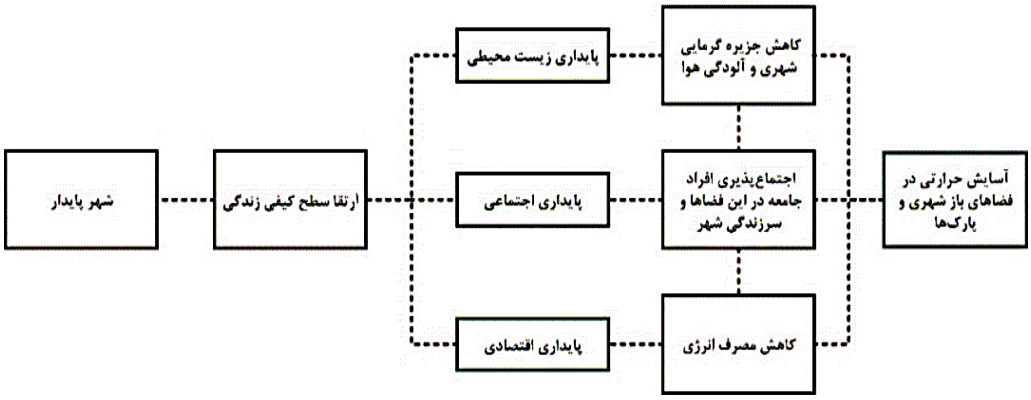
Fig. 1- Research structure

داخلی با استفاده از تجهیزات مکانیکی گرمایش و سرمایش می‌توان تحت هر شرایطی، اگرچه با صرف هزینه و انرژی بیشتر، به طور مصنوعی شرایط آسایش را فراهم کرد ولی در فضاهای باز این امکان وجود ندارد. از طرفی دستیابی به شرایط آسایش در فضاهای باز زمینه ساز دستیابی به آسایش داخلی ساختمان‌هاست زیرا فضای باز بستر دربرگیرنده و سازنده خرداقلیم محیط پیرامون ساختمان‌هاست. لذا در صورت رعایت اصول معماری همساز با اقلیم در فضاهای باز، تأمین شرایط آسایش در فضاهای داخلی تسهیل و در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌شود (Tahbaz, 1386).

فضای باز عمومی که نتواند شرایط آسایش کاربران را فراهم کند، کمتر استفاده شده و حتی از آن اجتناب می‌شود (Lenzholzer, 2012). به دلیل کم بودن زمان حضور در فضاهای خارجی نسبت به فضاهای داخلی، دستیابی به شرایط پایدار برای رسیدن به آسایش حرارتی دشوار است (Taleb and Taleb, 2014). به عنوان مثال بالا بودن درجه حرارت در نواحی انسان ساخت به ویژه در نواحی گرم‌وخشک لزوم توجه به آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری در این مناطق را بیشتر می‌کند (Ahmadpour et al., 1396). در ادامه پژوهش‌های متعددی که در خصوص آسایش حرارتی و همچنین سازه‌های غشایی، سایه‌بان‌ها و تأثیر آن‌ها بر آسایش حرارتی انجام گرفته است، در جدول 1 و 2 به صورت خلاصه ارائه شده است.

3-3- سازه متحرک

سازه‌های متحرک قادر به تغییر فرم و نوع عملکرد خود هستند. به عنوان یک سیستم سازه‌ای، آن‌ها یک ساختار تحمل‌کننده نیرو را برای ساختمان فراهم کرده است و به عنوان یک سیستم قابل حمل، قادر به ایجاد تغییرات برگشت‌پذیر در فرم خود هستند (Asefi et al., 1396). سیستم سازه‌ای متحرک این توانایی را دارد، که کاربر با توجه به نیاز خود به سرعت تغییر اشکال لازم را به آن بدهد تا بتواند نتیجه نهایی را بر اساس رویکرد و نیازهای خود منطبق کند؛ برای مثال قابلیت سیستم‌های متحرک در ایجاد قابلیت تطبیق و پاسخ‌گویی به تغییرات شرایط آب‌وهوایی محیط مانند باد، دما، نور و همچنین پاسخ-گویی به انطباق ساختمان در برابر تغییرات دراز مدت مانند شرایط محیطی در معماری شهری. سیستم سازه‌ای متحرک علاوه بر استفاده روی کل ساختمان، برای فضاهایی که در شرایط اضطراری ناشی از بلایای طبیعی مانند سیل و زلزله که نیاز شدید به سبکی، جابه‌جایی و سرعت عمل در برپایی دارند، نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Azizmohammadi, 1396). چادرهای چادرنشینان با قابلیت جمع‌شدن و جابه‌جایی در گروه سازه‌های متحرک قرار می‌گیرند (Taghizade and Sanaee, 1391). سازه سبک انعطاف‌پذیر نیز سازه‌ای است که وزن آن کمتر از حد متوسط بوده و دارای این قابلیت است که با توجه به شرایط و نیاز کاربران تغییر داده شود (Keshavarzpour, 1395).



شکل 2- تأثیر آسایش حرارتی فضاهای باز شهری در پایداری شهر (Ranjbaran, 1393)

Fig.2-The effect of thermal comfort of urban open spaces on the sustainability of the city (Ranjbaran, 1393)

4-3- تاریخچه سازه‌های متحرک و انعطاف‌پذیر

خداوند در آیه 80 سوره نمل فرموده‌است: "خدا برای سکونت موقت از پوست و موی چهارپایان، خیمه‌ها را برای شما قرار داد تا وقت حرکت و سکون سبک وزن و قابل انتقال باشد". در دهه‌های اخیر توان بشر برای ساخت سقف‌های متحرک افزایش یافته است. اساس این تحول، انعطاف‌پذیری و بهینه شدن اقتصادی اجرای آن‌ها نسبت به سایر سقف‌های ثابت و سنتی است که معیار ارزیابی این گونه سازه‌ها شده است (Moshksar and Roshanzamir, 1390). انسان‌های اولیه که در دشت‌ها می‌زیسته‌اند از ترکیب پوست و استخوان‌های اسکلت جانوران عظیم‌الجثه مانند ماموت‌ها، سرپناه‌های اولیه را به صورت سازه‌های باز و بسته شونده بنا نمودند، که در واقع نسل اول سازه‌های غشایی بوده است (Mashayekh faridani, 1392). سازه‌های متحرک و انعطاف‌پذیر تا پیش از انقلاب صنعتی مطابق جدول 3 است. پس از معماری پارچه‌ای سنتی چادرها، مدت زیادی طول کشید تا نقش قابل توجه مصالح در معماری ظاهر شود. مصالح پارچه‌ای بیشتر در نیمه دوم قرن 19 در معماری ظاهر شدند. پایان قرن 18 و تحولات قرن نوزدهم اساس معماری پارچه‌ای را تشکیل می‌دهد. انقلاب‌های صنعتی و اجتماعی قرن 18 تحولاتی را ایجاد کرد (Berger, 2005) (Norberg-Schultz, 1980). سازه‌های متحرک و انعطاف‌پذیر پس از انقلاب صنعتی نیز در جدول 4 ارائه شده است.

جدول 1- پیشینه آسایش حرارتی

Tab. 1- Background of thermal comfort

	عنوان تحقیق	نویسنده	سال	یافته‌ها	منبع
1	تأثیر نسبی باد، نور خورشید و دمای هوا بر راحتی کاربر در فضاهای باز شهری	والتون و همکاران	2007	این پژوهش به منظور ارزیابی آثار باد، دمای هوا و تابش خورشید بر آسایش حرارتی انسان انجام شد. نتایج نشان داد که افراد به طور مداوم خود را با شرایط خارجی سازگار می‌کنند. وزش باد به طور مؤثری پیش‌بینی سازگاری را تحت تأثیر قرار می‌دهد، در حالی‌که، دمای هوا کمترین میزان تأثیر را بر روی توانایی افراد برای سازگاری دارد.	(Walton et al., 2007)
2	راحتی عابر پیاده با استفاده از مقادیر لباس و دمای بدن	متجه و همکاران	2008	میزان آسایش پیاده‌ها در فضاهای باز و نیمه‌باز محوطه دانشگاه، از طریق اندازه‌گیری میدانی و پرسشنامه بررسی شد. آن‌ها دریافتند سرعت باد و دمای هوا بر آسایش حرارتی انسان تأثیر دارد، درحالی‌که تشخیص نقش تابش خورشید و رطوبت بر آسایش حرارتی دشوار بود.	(Metje et al., 2008)
3	تأثیر سایه‌اندازی بر آسایش حرارتی طولانی مدت در فضای خارجی	لین و همکاران	2010	نتایج پژوهش نشان داد سایه کم، باعث عدم آسایش در تابستان و سایه زیاد، باعث عدم آسایش در زمستان می‌شود. تایوان تابستان‌های گرم و زمستان‌های معتدل دارد، برای بهبود آسایش حرارتی در تابستان، باید به‌وسیله درختان و ساختمان‌ها سایه کافی ایجاد شود. نیاز حرارتی افراد و خرداقلیم محلی باید در ایجاد فضاهای باز سایه‌دار مورد توجه باشند.	(Lin et al., 2010)
4	آسایش حرارتی بیرونی و فعالیت‌های بیرونی؛ مروری بر تحقیقات دهه گذشته	چن و ان‌جی	2012	در این پژوهش این نتیجه حاصل شد که شرایط آفتابی و سایه تأثیر چشم‌گیری بر تمایل افراد در ماندن یا ترک فضا دارد.	(Chen and Ng, 2012)
5	ارزیابی آسایش حرارتی بیرونی در خرداقلیم شهری نواحی گرم‌وخشک	ستای و همکاران	2013	در این پژوهش یک پیاده رو در شهر مدینه عربستان مورد بررسی قرار گرفت. هدف یافتن روش‌های دسترس‌پذیر برای افزایش سطح آسایش حرارتی عابران در فضای باز خردقلیم‌های شهری گرم‌وخشک بود.	Setaih et al., 2013)
6	تأثیر سایه بر آسایش حرارتی بیرونی	میدل و همکاران	2016	در این پژوهش تأثیر سایه بر آسایش حرارتی بیرونی در شهر تمپی آریزونا بررسی شد و تأثیر سایه‌بان‌ها و درختان را بر آسایش حرارتی شهروندان در یک مرکز عابر پیاده در دوره یک‌ساله و چهار فصل ارزیابی شد.	Middel et al., 2016)

7	نقش و تأثیر عناصر طراحی در کیفیت آسایش حرارتی فضاهای باز شهری (طراحی پیاده‌راه طمقاچی‌ها کاشان)	احمدپور کلهرودی و همکاران	1396	میزان تأثیرگذاری عناصر الحاقی نما، سایه‌بان، پوشش و سطوح آب به عنوان پرکاربردترین ابزار طراحی مؤثر بر کیفیت آسایش حرارتی عابرین پیاده در نواحی گرم‌وخشک بررسی شد، در این بین، سایه‌بان و ترکیب سایه‌بان و سطوح آب دارای بیشترین تأثیرگذاری هستند.	(احمدپور کلهرودی و همکاران، 1396)
8	ارزیابی آسایش حرارتی در فضای بازشهری (نمونه: پارک نوبهار کرمانشاه)	جعفری و تابان	1396	آسایش حرارتی در پارک نوبهار کرمانشاه به وسیله شبیه‌سازی و پرسشنامه مورد بررسی قرار گرفت و این نتیجه حاصل شد که پارامتر متوسط دمای تابشی بر میزان آسایش حرارتی بسیار تأثیرگذار است.	(Jafari and Taban, 1396)
9	آسایش حرارتی روزانه در فضای باز شهری	عبداللهی و یوسفی‌تذکر	1396	نتایج نشان داد SET و PET رابطه همبستگی بالایی با احساس آسایش حرارتی در فضای باز دارد و PET دقیق‌تر است و ابتکارهای عمده طراحی اقلیمی شامل افزایش پناهگاه‌های سایه‌دار و کاشت درخت هستند.	(Abdollahi and Yousefi, 1396)
10	عوامل مؤثر بر شرایط آسایش حرارتی بیرونی	کرمی‌راد و همکاران	1396	در این پژوهش عوامل اثرگذار بر آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری نظیر چگونگی توزیع بلوک‌های ساختمانی، چیدمان و جهت‌گیری آن‌ها، هندسه شهری و پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گرفته است.	(Karamirad et al., 1396)
11	آسایش حرارتی بیرونی در فضای گذرا از سایه‌بان در مدارس انگلستان	وونگ کوان و جان لی	2017	این پژوهش در خصوص تأثیر سایه‌بان در آسایش حرارتی بیرونی در فضای گذرا از سایه‌بان در مدارس انگلستان انجام شد که در آن نیاز سایه‌بان و میزان شفافیت آن‌ها در فضای گذار کلاس‌ها بررسی گردید.	(kwon and Lee, 2017)
12	ارزیابی تأثیر آسایش حرارتی بر رفتار مردم در محیط شهری (نمونه موردی: شهر بوشهر)	تابان و مجیدی	1397	نتایج نشان داد مردم برای رسیدن به آسایش حرارتی در بیشتر اوقات سال به سایه نیاز دارند. از راهکارهای طراحی برای رسیدن به این نتیجه مطلوب در فضاهای شهری بوشهر، باید به ایجاد فضای سایه‌دار از طریق استفاده از سایه‌بان مصنوع، محصوریت فضا و درختان تنه بلند اشاره کرد.	(Taban and Majidi, 1397)
13	نقش ادراک آسایش به‌ویژه آسایش حرارتی در الگوی رفتار شهروندان در فضاهای شهری (نمونه موردی: میدان امام خمینی و امام حسین شهر تهران)	ضابطیان و خیرالدین	1397	نتایج نشان داد لزوما با ارتقای شرایط فیزیکی آسایش یک محیط، نتایج مورد انتظار (به‌ویژه در یک فضای عمومی شهری) برآورده نمی‌شود. هر دو میدان دارای شرایط عدم راحتی بود ولی در مکان اول حضور مردم بیشتر از مکان دوم است و مردم بهتر خود را با شرایط عدم آسایش تطبیق می‌دهند، زیرا در مکان اول سایه‌بان و چترهای آفتاب‌گیر موجود است که سبب ایجاد حس کنترل بر محیط (سازگاری ذهنی افراد) شده و خیلی تأثیری بر دمای ادراکی افراد به‌صورت حسی ندارد.	(Zabetian and Kheirodin, 1397)

جدول 2- پیشینه سازه‌ای

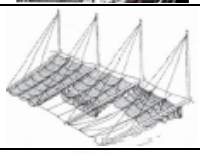
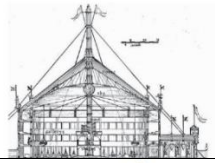
Tab. 2- Structural background

	عنوان تحقیق	نویسنده	سال	یافته‌ها	منبع
1	طراحی سایه در فضای باز	طاهباز	1386	در این پژوهش اهمیت تأمین سایه در مناطق گرمسیر به عنوان یکی از روش‌های مؤثر کاهش دما مورد بررسی قرار گرفت و روش طراحی سایه‌بان برای فضای باز با استفاده از روش نقاب سایه الگی در پنج مرحله تشریح شد، همچنین به شناخت اقلیم محلی و شرایط آسایش انسان در طراحی سایه‌بان تأکید شده‌است.	(Tahbaz, 1386)
2	اندازه‌گیری و شبیه‌سازی محیط حرارتی در فضای ساخته شده زیرسازه غشایی	هی و هویانو	2009	در این مقاله، مطالعه‌ای در مورد خصوصیات محیط گرمایی تابستان در فضای زیر یک سازه غشایی واقعی، با استفاده از اندازه‌گیری و شبیه‌سازی انجام شد، انتقال خورشیدی یکی از عوامل اصلی بر محیط حرارتی زیرسازه غشایی در نظر گرفته شد.	(He and Hoyano, 2009)
3	اندازه‌گیری و ارزیابی خرداقلیم تابستان در فضای نیمه محصور زیر سازه غشایی	هی و هویانو	2010	در این مقاله، مطالعه‌ای در مورد خرداقلیم تابستانی در یک سازه غشایی با فضای نیمه باز در زیر آن، با استفاده از اندازه‌گیری و شبیه‌سازی انجام شد و ضمن تعیین کمیت‌های دما، سرعت هوا و رطوبت زیر غشا شاخص SET نیز تخمین زده شد.	(He and Hoyano, 2010)

4	طراحی و فرم‌یابی سایه‌بان فضای جمعی با سطوح حداقل	واسعی و آصفی	1397	نتایج نشان داد، یکی از راهکارهای ایجاد آسایش حرارتی و کنترل نور در فضای باز شهری استفاده از انواع سایه‌بان است، در طراحی سایه‌بان‌های پارامتریک با سطوح حداقل با درنظرگرفتن پارامترهای مختلف مؤثر، امکان تطبیق و تغییر طرح متناسب با اقلیم و فعالیت‌های محلی در هنگام طراحی فراهم است.	(Vasei and Asefi, 1397)
5	بررسی تأثیر سازه پارچه‌ای کششی در فضاهای نیمه باز شهرهای گرمسیری	سولتانا و باری	2019	داده‌های جمع آوری شده نشان داد که اختلاف دمای قابل توجهی بین فضای بیرون و فضای نیمه‌باز منطقه مورد مطالعه وجود دارد. استفاده از ساختار کششی در فضای نیمه‌باز می‌تواند درجه حرارت را تا حد معینی کاهش دهد.	(Sultana and Bari, 2019)

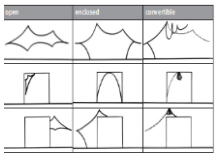
جدول 3- دسته‌بندی سازه‌های متحرک و انعطاف‌پذیر پیش از انقلاب صنعتی

Tab. 3- Classification of moving and flexible structures before the Industrial Revolution

	نوع	مبدا	جنس	ویژگی	ساختار	تصویر
1	سیاه‌چادر	بین‌النهرین، ایران، سیبری، آسیای شمالی	موی بز	قابلیت جمع‌شدن، حمل، سهولت و سرعت نصب	ستون‌های چوبی داخلی، چادر و طناب‌های پیرامونی بافته شده از موی بز	
2	یورت	آسیای مرکزی، مغولستان، ایران، ترکیه	چوب، نمد	سهولت انتقال‌پذیری، سرعت نصب، همساز با اقلیم	ساختاری استوانه‌ای از قاب مشبک چوبی، سقف از گنبد قرقیزی یا مخروط مغولی، پوشش از نمد یا چرم	
3	تیپی	آمریکای شمالی	چوب، پوست حیوانات	قابلیت انتقال، پایداری به دلیل شکل مخروطی	سازه مخروطی شکل از تیرک‌های چوبی، پوشش غشایی از پوست حیوانات	
4	چتر	آشور	-	سایه‌بان	غشای کشش، میله نگهدارنده میانی، دنده‌هایی تحت فشار	
5	ولوم	روم	پارچه	سایه‌بان چادری باز و بسته شونده	تیرهای چوبی و ترکه‌های عمودی متصل با طناب، زاویه قرارگیری سقف قابل تغیر با کشیدن طناب	
6	چادر بارگاه سلطنتی	اروپا	-	چادر های مو قت به منظور سرگرمی، قابل حمل	چادری دایره‌ای مخروطی، دکل عظیم مرکزی، پایداری با ریسمان‌های مهار کننده خارجی	
7	طرح‌های داوینچی	ایتالیا	-	متحرک، جمع‌شونده	-	
8	چادر جمع‌شونده تکایا	ایران	چادر کرباسی ضخیم	پوشش فضاهای باز و عمومی برای مراسم عزاداری، سایه‌اندازی	داربستی از الوار و تیرهای چوبی چفت شده با تسمه و بست آهنی بر روی دیوارها با پوششی از چادر	

جدول 4-دسته‌بندی سازه‌های متحرک و انعطاف‌پذیر پس از انقلاب صنعتی

Tab. 4- Classification of moving and flexible structures after the Industrial Revolution

	نوع	مبدا	جنس	ویژگی	ساختار	تصویر
1	چادر سیرک	اروپا، آمریکا	چادر معمولا کرباس	متحرک، قابل حمل، پوشش فضاهای باز شهری محدود	1-قاب فلزی یا چوبی خودایستا با پوشش پارچه. 2-ساختار کششی با دکل تکیه‌گاهی	
2	سازه‌های گسترش‌پذیر هوا و فضا	آمریکا	-	حجم فشرده کم، مونتاژ سریع، سهولت استقرار	سازه گسترش‌پذیر قابل تا شدن در اندازه کوچک و بازشدن دوباره	
3	سازه باز و بسته‌شونده پینرو	اسپانیا	ورقه‌های نازک، غشای انعطاف‌پذیر	اولین سیستم پیچیده گسترش پذیر، پوشش فضای وسیع، ایجاد گنبد با دهانه بزرگ	سازه‌های مسطح و گنبدی شکل با استفاده از عضو سه مفصلی سازه‌ای و ایجاد مفصل قیچی و پوششی غشایی	
4	دسته‌بندی سازه‌های متحرک مولاثرت	هلند	سازه‌های کششی چادری	سایه‌اندازی، پوسته ثانویه، پوشش بناهای عمومی	دسته بندی سازه‌های چادری براساس محل قرارگیری و نحوه پوشش	
5	دسته‌بندی سازه‌های متحرک فرای اوتو	آلمان	سازه جادری و هوافشرده	-	ارائه ماتریس حرکتی سقف‌های تغییرپذیر	شکل 3

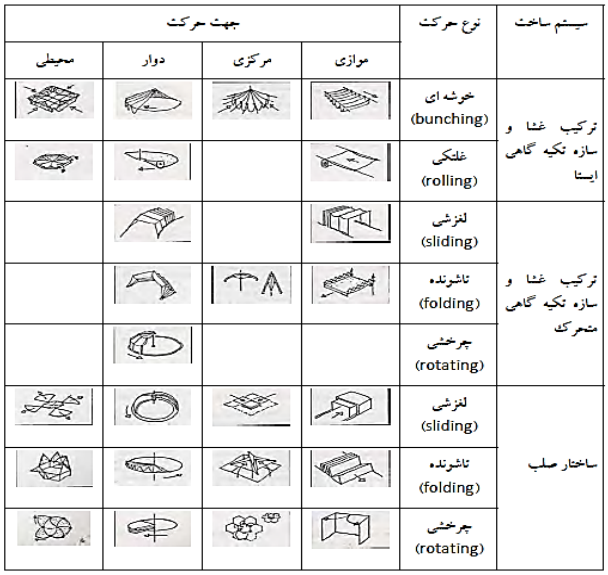
3-5- دسته‌بندی سازه‌های متحرک

به صورت کلی سازه‌های متحرک به دو گروه کلی قابل تقسیم هستند: گروه اول: سازه‌هایی با اسکلت ثابت و پوشانه متغیر و متحرک، گروه دوم: سازه های متحرکی که کل سازه در حرکت است. انواع مختلفی از سازه‌های متحرک بسته به شرایط، دلایل مختلف و استفاده‌های متفاوت همچون: 1- کاربری، 2- شرایط محیطی، 3- شرایط منطقه‌ای (محیطی پروژه)، 4- شرایط مدیریتی و کنترلی در مجموعه ساخته می‌شوند (Roshani et al., 1394). سیستم‌های متحرک قابلیت تغییر شکل دارند و نوع تغییرات صورت گرفته بر اساس نوعی حرکت است، که شامل سیستم‌های افقی، عمودی، مفصلی، تاشو، انبساط‌یافته و ترکیبی است. عملکرد این سیستم‌ها و نوع تغییر شکل آن بر اساس اسکلت سازه بوده و صلب است و هر تغییر باعث واکنشی در سازه می‌شود (Kamarian and Sadeghpour, 1398). طبق شکل 3 فرای اوتو معمار آلمانی دسته‌بندی‌ای برای سازه‌های متحرک براساس تفاوت‌های ساختاری پوشش متحرک ارائه داد. بنابراین ساختار اصلی آن‌ها به دو بخش انعطاف‌پذیر و صلب تقسیم می‌شود. سپس عملکرد این ساختار را در سازه سقف مورد بررسی قرار داد (Walter, 2006) و در ادامه نمونه‌های موردی سازه‌های غشایی با سازه تکیه‌گاهی ایستا و متحرک در جدول 5 ارائه شده‌است.

3-6- سازه‌های باز و بسته شونده

سازه‌های باز و جمع شونده زیرمجموعه‌ای از سازه‌هایی هستند که قطعات پیش ساخته یا المان‌هایی باز و بسته شونده دارند، که به سرعت و سهولت قابل نصب بوده و می‌توان آن‌ها را به راحتی برای استفاده مجدد جمع آوری کرد، ضمن این که توانایی حمل بار را نیز دارند، و در مدت زمان کوتاهی حرکت کرده و یا جابجا می‌شوند تا از هر دو حالت سقف باز یا بسته استفاده شود (Ishii, 2000)، (Hebbelinck et al., 2004)، (Ahmadnejad Karimi and Haghparast, 1391). پیشرفت تکنولوژی ساخت و تولید مصالح سبک وزن، منجر به افزایش نوآوری در طراحی سازه‌های متحرک و انعطاف‌پذیر و گسترش کاربرد آن‌ها شده‌است. در این گونه از سقف‌ها

با توجه به شرایط اقلیمی و محیطی، بخشی از سقف و یا کل آن در مدت زمان کوتاهی به حالت باز یا بسته در می‌آید. هنگامی که سقف باز است، دید به آسمان، نور و تهویه طبیعی برای کاربران فراهم است (Kamarian and Sadeghpour, 1398). این سازه می‌تواند در شرایط خاص و نامناسب جوی باز شود تا کاربران از باران، برف، باد، سرما و گرما محافظت شوند، همچنین آسمان، نور و جریان طبیعی هوا می‌تواند توسط کاربران در زیر سازه احساس شود (Ishii, 2000).



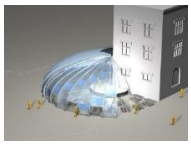
شکل 3- دسته‌بندی آسمانه‌های متحرک (Walter, 2006)

Fig.3- Classification of movable roofs (Walter, 2006)

جدول 5- نمونه‌های موردی سازه‌های غشایی با سازه تکیه‌گاهی ایستا و متحرک

Tab. 5- Case studies of membrane structures with static and mobile support structures

نام	توضیحات	تصویر
رستوران آلگلد، آلمان ترکیب غشا و سازه تکیه‌گاهی ایستا، غلتکی، موازی	تراس رستوران مجهز به سقف پارچه‌ای متحرکی است که روی ریل‌ها کشیده می‌شود تا در سقف سکوی ساختمان اصلی جمع شود. نیروی محرکه سقف برقی است. پارچه دهانه بین قطعات منحنی سبک در یک قاب فولادی را می‌پوشاند.	
سقف پیاده‌راه در متزگرگاس، سوئیس ترکیب غشا و سازه تکیه‌گاهی متحرک، لغزشی، موازی	برای حفاظت در برابر آب و هوا مسیری به عرض 11 و طول 50 متر در مرکز شهر به سایه‌بان پارچه‌ای تغییرپذیر مجهز شد. غشای سقف تاشو در امتداد چهار ریل موازی می‌لغزد. غشای پارچه‌ای دهانه بین تیزه و دره را در ارتفاع متوسط 6.5 متر بالاتر از سطح خیابان می‌پوشاند. بالای سایه‌بان، واحد مرکزی محرک، دو طرف غشا را به‌طور همزمان حرکت می‌دهد.	
تالارشهر وین، اتریش ترکیب غشا و سازه تکیه‌گاهی ایستا، خوشه‌ای، موازی	دو طرف حیاط دو تیر اصلی متصل به ساختمان، به عنوان مسیر برای چهار تیر عرضی و کابل‌هاست. تیرهای عرضی و کابل‌ها، نگهدارنده غشا بوده و روی یاتاقان‌های غلتکی محوری و شعاعی جمع می‌شوند و روی پروفیل تی‌شکل جوش‌شده در مسیرهای طولی، حرکت می‌کنند. موتورهای الکتریکی نصب شده روی سه تا از چهار تیرعرضی، سقف را انتقال می‌دهند. کابل‌های حامل غشا توسط تیرهای عرضی فشرده یا کشیده می‌شوند.	
میدان مسابقات زاراگوزا، اسپانیا ترکیب غشا و سازه تکیه‌گاهی ایستا، خوشه‌ای، مرکزی	سازه اصلی، چرخ دوچرخه‌ای دوتایی است. حلقه خارجی، فشاری و حلقه داخلی، کششی است، که با پره‌های شعاعی به یکدیگر متصل می‌شوند. از درون حلقه داخلی تا مرکز سقف گروه دیگری از کابل‌های شعاعی متصل می‌شوند. غشای تغییرپذیر از لغزنده، آویزان شده و توسط سیستم محرک ثابت، به سمت مرکز جمع و باز می‌شود. در نقطه مرکزی، پره‌های بالایی و پایینی توسط دوک محوری الکتریکی به یکدیگر متصل شده‌اند. با چرخش دوک، پره‌ها به سمت یکدیگر حرکت کرده و غشا کشیده می‌شود.	

سقف جمع شونده ورزشگاه ویمبلدون لندن ترکیب غشا و سازه تکیه‌گاهی متحرک، لغزشی، محیطی	با مجموع نه دهانه پارچه سازه‌ای، سقف جمع شونده به دو بخش تقسیم می‌شود: چهار دهانه در یک بخش و پنج دهانه در بخش دیگر. ده خرپای فولادی دهانه‌ها را می‌بندند. هر خرپا توسط مجموعه‌ای از چرخ‌ها نگهداشته می‌شود که در طول یک مسیر حرکت می‌کنند. جک‌ها و بازوهای هیدرولیکی خرپاها را جدا از هم حرکت داده و پارچه را بین آن‌ها می‌کشد تا بخش‌های شمالی و جنوبی بهم بپیوندند. حرکت هماهنگ الکترومکانیکی پارچه را بین خرپاها بازکرده و می‌کشد تا این دو بخش در یک درز در وسط محوطه روی هم قرارگیرند.	
سقف جمع‌شونده حیاط اقامتگاه سالزبورگ ترکیب غشا و سازه تکیه‌گاهی متحرک، تاشونده، موازی	حیاط داخلی توسط غشای جمع شونده در برابر آب و هوا محافظت می‌شود. سازه فولادی از یک چارچوب تغییرپذیر ساخته‌شده که توسط چهار ستون فولادی نگهداشته می‌شود. مستطیلی به ابعاد 22 در 37 متر توسط غشای پارچه‌ای تاشو موازی پوشیده می‌شود و در امتداد تیرهای چارچوب حرکت می‌کند. غشای پارچه‌ای توسط کابل‌های تیزه و دره حمل می‌شود. کابل‌های آویز تیزه به یک ریل و کابل‌های دره به ریل پایینی متصل می‌شوند.	
چترهای مسجدالنبی ترکیب غشا و سازه تکیه‌گاهی متحرک، تاشونده، مرکزی	چترها در روز باز و در شب بسته می‌شوند و در تنظیم اقلیمی درون ساختمان شرکت دارند. سیلندر هیدرولیکی که به مرکز پایه‌ها محکم شده، بازوهای چترها را در هنگام باز و بسته شدن حرکت می‌دهد. محافظت از غشا در حالت بسته به کمک باله‌های کربنی سبک که به بازوهای چتر متصل می‌شوند، محقق می‌شود. در فرآیند بسته شدن، این باله‌ها از تا شدن غشا محافظت می‌کنند و وقتی سازه بسته شد پوششی صلب برای پارچه تأمین می‌کنند.	
پناهگاه موقت ریکاور ترکیب غشا و سازه تکیه‌گاهی متحرک، تاشونده، دوار	این سازه برگرفته از اوریگامی، سازگار با محیط زیست، ارزان قیمت برای تولید و آسان برای حمل و نقل است. طراح متیو مالون به منظور امداد رسانی در مواقع اضطراری، پناهگاهی برای یک خانواده 4 نفره به مدت یک ماه و موارد دیگر آن را طراحی کرد. این سازه توسط یک نفر در چند دقیقه تنظیم و هنگام جمع شدن در یک طرف جمع و آماده حمل است.	
سقف پارچه‌ای جمع شونده قلعه هویزنشتام، آلمان ترکیب غشا و سازه تکیه‌گاهی متحرک، چرخشی، دوار	سقف پارچه‌ای جمع شونده برای محافظت از آب و هوا ساخته شده‌است. سازه باربر از قوس‌های فولادی بیضوی، با آرایش شعاعی ساخته شده و توسط ستون مرکزی نگهداشته می‌شود. 13 تیر یک سازه پوسته‌ای سبک ایجاد می‌کند، که توسط یک شبکه از عناصر برای نیروهای کششی و فشاری تکمیل می‌شود. قطعه در حال حرکت در یک مسیر ریلی مدور، که توسط یک موتور الکتریکی رانده می شود، می‌چرخد.	

جدول 6- موارد استفاده و مزایای سازه‌های باز و بسته شونده (Asefi et al., 1395)

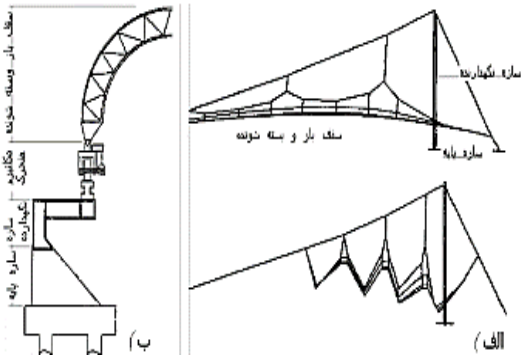
Tab. 6- Uses and benefits of opening and closing structures (Asefi et al., 1395)

موارد استفاده	مزایای استفاده
ساختمان‌ها و سرپناه‌ها در نقاط دوردست و صعب‌العبور	پیش ساخته بودن
پل‌ها و سرپناه اضطراری	سبک و کم حجم بودن سازه در حالت جمع شونده
گنبدها یا چلیک‌های کروی و سهموی ثابت یا متحرک	سهولت حمل و نقل و سریع النصب بودن
سرپناه‌های محافظ موقتی عملیات راه‌سازی	نیاز به نیرو، تخصص و تجهیزات کم برای نصب و برچیدن
انبارها، مخازن و تعمیرگاه‌های سهل‌الحصول موقت یا دائمی	قابلیت جمع آوری و انتقال و نصب مجدد
جرثقیل‌ها، پله‌ها، برج‌ها و دکل‌های بازشو و جمع شونده	قابلیت استفاده در ابعاد و دهانه‌های مختلف
سرپناه به عنوان سایه‌بان یا محافظت در برابر بارندگی	تنوع در شکل و طرح و چند منظوره بودن

3-7- اجزای تشکیل دهنده سازه باز و بسته شونده

سازه سقف غشایی باز و بسته شونده از چهار قسمت اصلی تشکیل می‌شود (Ahmadnejad Karimi and Haghparast, 1391):

1-سازه پایه: بخشی از سازه سقف، انتقال‌دهنده نیروهای منتقل‌شده به سازه نگهدارنده به تکیه‌گاه، نوع سازه پایه به سازه نگهدارنده و نوع تکیه‌گاه بستگی دارد. 2-سازه نگهدارنده: انتقال‌دهنده بار وزن سقف به سازه پایه، متشکل از کابل‌های کششی و اسکلت قابی، استحکام پوشش غشایی به سازه نگهدارنده بستگی دارد. 3-پوشش سقف. 4-مکانیزم حرکتی (شکل4).



شکل 4- سقف باز و بسته شونده غشایی: سازه نگهدارنده الف) کابل کششی، ب) اسکلت قابی (Ahmadnejad Karimi and Haghparast, 1391).

Fig. 3- opening and closing Membrane roof
(Ahmadnejad Karimi and Haghparast, 1391)

3-8- نحوه حرکت سقف‌های باز و بسته شونده

پیشرفت تکنولوژی و تولید مصالح سبک وزن، منجر به افزایش نوآوری در طراحی سازه‌های باز و بسته شونده و گسترش کاربرد آن‌ها شده است. در این گونه سقف‌ها با توجه به شرایط اقلیمی و محیطی، بخشی از سقف و یا کل آن در زمان کوتاهی باز یا بسته می‌شود. هنگامی که سقف باز است، دید به آسمان، نور و تهویه طبیعی فراهم است (Kamarian and Sadeghpour, 1398).

3-9- زمان باز و بسته شدن در سازه باز و بسته شونده

با توجه به شرایط جوی دو نوع سازه سقف باز و بسته شونده وجود دارد؛ نوع اول سازه‌هایی که بیشتر اوقات بسته‌اند و فقط در زمان‌های خاصی باز می‌شوند (زمانی که هوا مساعد است)، نوع دوم سازه‌هایی که بیشتر اوقات بازند و فقط در شرایطی که هوا نامساعد است بسته می‌شوند. در سازه‌های باز و بسته شونده با توجه به هدف و کاربرد، تعداد دفعات باز و بسته شدن آن‌ها با یکدیگر متفاوت است. این سازه‌ها را با توجه به کاربرد و دفعات باز و بسته شدن می‌توان به موارد زیر تقسیم کرد: 1- دو بار در سال؛ باز در تابستان و بسته در زمستان، 2- بیشتر به صورت بسته و گاهی باز. 3- بیشتر به صورت باز و گاهی بسته، 4- به دفعات به صورت باز و بسته (Ahmadnejad Karimi, 1392).

3-10- سازه‌های غشایی (پارچه‌ای)

سازه پارچه‌ای، غشایی است یکپارچه و نازک که بارهای وارده را تحت کشش تحمل کرده و معمولا بوسیله ستون یا قوسی فشاری نگهداشته می‌شود. چادر نوعی متفاوت از سازه کابلی با انحنای مضاعف است که در آن فاصله بین کابل‌ها کاهش یافته و به صفر رسیده و سطح آن یک پوسته پیوسته شده است. این سطوح با حداقل مساحت کارایی زیادی داشته و از بسیاری سیستم‌های دیگر به مصالح کمتری نیاز دارند، همچنین با افزایش طول دهانه، نیروی کششی پوسته افزایش می‌یابد (Moore, 1392)، (Golabchi et al., 1394). غشاهای پارچه‌ای همزمان سازه و پوشش مقاوم در برابر بارهای وارده و شرایط جوی را تأمین می‌کنند (Golabchi et al., 1394)، یعنی در سازه‌های چادری فرم معماری و عملکرد سازه‌ای یکی است. در این سازه از ستون‌های مرکزی به عنوان تکیه‌گاه استفاده می‌شود ولی ممکن است از قوس‌ها یا سازه‌های ترکیبی فشاری برای تأمین تکیه‌گاه عمودی استفاده شود. کابل‌های زنجیرواره می‌توانند در کنار ستون‌ها برای نگهداری خطالراس چادرها در چند نقطه به طور معلق طراحی شوند (Moore, 1392). طبقه‌بندی جدول7 برخی از کاربردهای سازه‌های کششی در دو دسته باز و تغییرپذیر است.

جدول7- کیفیت‌های مختلف سازه‌های غشایی (Forester and Mollaert, 2004)

Tab. 7- Different qualities of membrane structures
(Forester and Mollaert, 2004)

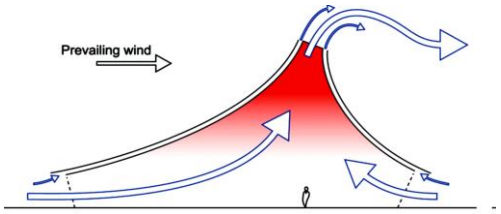
کیفیت‌ها	توضیحات
انعطاف‌پذیری	• سازه‌های غشایی کششی صلب نیستند، تحت تأثیر باد و برف شکل خود را تغییر می‌دهند. • انعطاف‌پذیری سازه‌های کششی امکان جابه‌جایی‌های بزرگ بدون تغییر شکل دائمی را ایجاد می‌کند. • میزان انعطاف‌پذیری پارچه‌های مختلف، متفاوت است. مواد بسیار انعطاف‌پذیری وجود دارد که امکان تاشدن بدون شکستگی یا سایش را دارند. این مواد اساس سازه‌های کارآمد متحرک و تغییر پذیر هستند.

محافظت در برابر آب و هوا	• اصلی‌ترین کارکرد سقف، فراهم کردن سرپناهی از باد و باران و سایه از خورشید، با توجه به اقلیم منطقه است. • مصالح غشایی با ساختار باز متخلخل نیز برای سایه‌اندازی استفاده می‌شود. این امر کنترل خاصی در انتقال و بازتاب نور خورشید انجام می‌دهد، تا نور پراکنده و تهویه طبیعی در فضای زیرین ایجاد شود. • محافظت در برابر باران و برف، باید با زهکشی سریع و آسان برای جلوگیری از برکه شدن باران و انباشت زیاد برف ایجاد شود.
متحرک و موقت	• سازه‌ای که می‌تواند بارها در مکان‌های مختلف احداث شود بیانگر تحرک یک سازه کششی است. • این چنین سازه‌ای می‌تواند تلفیقی از چادر عشایری و سکونتگاه دائمی باشد. سبکی و انعطاف‌پذیری مصالح باعث می‌شود، سازه‌ها به راحتی و به سرعت مستقر شوند و هنگامی که استفاده نمی‌شوند، حجم متوسطی را اشغال کند. • در سازه‌های موقتی و سیار در هنگام فاجعه و شرایط اضطراری که پناهگاه برای تعداد زیاد افراد در زمان کوتاه نیاز است.
تغییرپذیر و سازگار	• سازه‌های قابل تغییر سیستم‌های سازگار ساخته انسان هستند و مانند برخی ارگانیسم‌های طبیعی مطابق ضرورت تغییر می‌کنند. • آن‌ها در آرایش فضایی و پاسخ به تغییرات اقلیمی انعطاف‌پذیر و سازگار هستند. این روش طراحی به طور خودکار از طریق کنترل نور طبیعی و دما منجر به امکان صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود. • انعطاف‌پذیری سازه‌های قابل تغییر باعث تغییر فضای معماری شده، زیرا می‌توان فضا را به روشی بازتر یا پناهنده‌تر تجربه کرد. حرکت ظریف یک سقف قابل تغییر با طراحی زیبا حس هماهنگی بین انسان و طبیعت ایجاد می‌کند.
شکل پذیری	• شکل‌پذیری برخلاف اشکال مرسوم در ساخت ساختمان، یک ویژگی مفید و مهم سازه پارچه‌ای است. • خصوصیات کششی مصالح غشایی چندین مرتبه بزرگتر از آن‌هایی است که در فلزاتی مانند استیل وجود دارد. در نتیجه سازه‌های پارچه‌ای تحت بارگذاری دارای شکستگی‌ها و تغییرات هندسی بسیار بزرگتر از سازه‌های قابی هستند. • انعطاف‌پذیری تکیه‌گاه‌های غشایی باعث تغییرشکل‌پذیری آن‌ها می‌شود، البته باید از پایداری کلی مطمئن شد.

3-11- ویژگی حرارتی سازه‌های غشایی

حفاظت حرارتی از فضای تحت پوشش سازه‌های غشایی به دلیل ضخامت نازک آن‌ها، مشکل بزرگی است (kostic et al., 2018). سازه غشایی سبک و نازک بوده و ظرفیت حرارتی بسیار کمی دارد، یعنی در مقایسه با مصالح ساختمانی معمولی، غشا بسیار سریع به ورودی‌های گرمای خارجی مانند تابش خورشیدی جذب شده واکنش نشان می‌دهد. تغییرات تابش خورشیدی سبب نوسانات دما روی غشا می‌شود، مبادله گرمای تابشی و همرفتی در سطح غشا اثر می‌گذارد. اغلب ارتفاع زیاد سقف غشایی موجب تجمع هوای گرم شناور در نقاط مرتفع سازه و تشکیل لایه‌های خنک‌تر در مناطق پایین می‌شود. مطابق شکل 5، هوای گرم در سطوح بالا می‌تواند از طریق منافذ سطح بالایی تخلیه شود و یک جریان هوای خنک‌کننده در منطقه ساکن پایین توسط اثر دودکشی ایجاد کند (Wilson et al., 2007).

پوشش اکثر مواد غشایی بازتاب بالایی از تابش خورشیدی (معمولا بین 65% تا 80%) دارد و می‌توان از آن‌ها برای سایه‌اندازی مؤثر در فضا استفاده کرد. همراه با توانایی آن‌ها برای پوشاندن فضاهای بزرگ با حداقل امکانات، سازه‌های غشایی به ویژه برای سایه‌اندازی مناسبند. اثر خنک‌کنندگی سایه باید با ایجاد تهویه طبیعی، با استفاده از جریان هوا یا باد در زیر سازه تقویت شود. اگر پناه از باران مد نظر نباشد، استفاده از پارچه‌های متخلخل می‌تواند با گردش جریان باد از طریق پارچه، باعث افزایش اثر خنک‌کنندگی شود (Forester and Mollaert, 2004). ویژگی‌های سازه‌های کششی برای طیف وسیعی از کارکردهای معماری از سازه‌های موقت تا دائمی، سایه‌بان‌های ساده تا طرح‌های پیچیده مناسب است. عمر مفید غشاهای چادری بیش از 20 سال بوده که برای استفاده در سازه‌های دائمی مناسب است، همچنین سازه چادری به عنوان سازه موقت برای نمایشگاه، بازار و سایه‌بان استفاده گسترده‌ای دارد (Moore, 1392)، (Golabchi et al., 1394). جدول 9 شرح برخی حالات آسایش زیر سازه غشایی است.

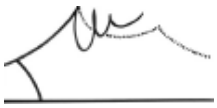
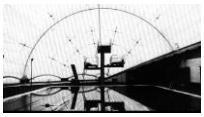


شکل 5- اثر دودکشی (Forester and Mollaert, 2004)

Fig. 5- Stack effect

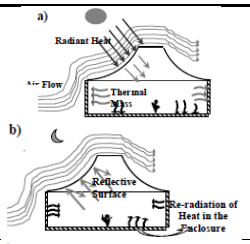
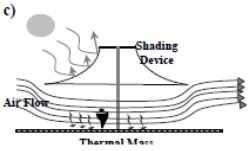
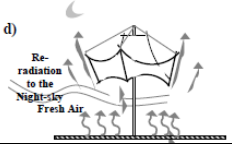
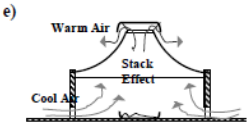
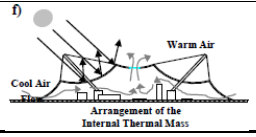
جدول 8-شرح باز و تغییرپذیر (Forester and Mollaert, 2004)

Tab. 8- Open and changeable description(Forester and Mollaert, 2004)

نوع	باز	باز و پوشاننده	تغییرپذیر	تغییرپذیر و پوشاننده
توضیح	بیشترین کاربرد سازه‌های کششی، سازه‌های غشایی باز است که از باران و آفتاب محافظت می‌کند. علاوه بر محافظت در برابر آب و هوا، احساس هوای آزاد را نیز ایجاد می‌کند.	غشای باز، یک منطقه، فضای باز یا یک ساختمان را پوشش می‌دهد. چادرهای بزرگ، چادرهای قاب‌بندی‌شده و نشانه‌های چشم‌نواز، پیکربندی‌هایی متنوع ایجاد می‌کنند.	سازه‌های سازگار می‌توانند شکل خود را هر چند وقت یکبار در زمان نسبتا کوتاهی تغییر دهند.	پوسته خارجی سازگار می‌تواند با شرایط آب و هوایی محلی ارتباط داشته باشد و متناسب با فصل و نوسانات روز و شب تغییر کند.
تصویر				

جدول 9- حالات مختلف آسایش داخلی یا زیر سازه غشایی (Elnokaly et al., 2002)

Tab. 9- Different modes of thermal comfort or membrane structure

در زمستان سازه‌های پارچه‌ای باید محکم باشند تا از باد غالب جلوگیری کنند مانند مورد a و b. استفاده از جرم حرارتی، مانند دیوارها و کف‌ها برای ذخیره گرما در طول روز و انتشار مجدد آن‌ها در شب به فضای محصور مناسب است. در عین حال باید از تابش مجدد گرمای جذب شده در روز، به آسمان شب جلوگیری کرد. داشتن سطح غشایی بسیار بازتابنده داخلی و فرم خود سازه می‌تواند به این امر کمک کند. این مورد می‌تواند به عنوان سایه‌بان در آب و هوای گرم که گرمای خورشید بسیار زیاد است استفاده شود.	
آزمایش‌های اولیه تونل باد از طریق مشاهده دقیق جریان هوا نشان می‌دهد که هوا به محض ورود به سازه، به سمت پایین خم می‌شود، این امر می‌تواند به طور مؤثری در القای جریان هوا در سازه‌های غشایی پارچه‌ای در آب و هوای گرم استفاده شود، مانند مورد c که می‌تواند برای تهویه طبیعی نیز مورد استفاده قرار گیرد.	
استفاده از سایه‌بان‌های قابل جمع شدن یا پارچه‌ها در آب و هوای گرم می‌تواند بسیار مفید باشد زیرا باز کردن سازه در شب امکان تهویه متقابل را فراهم کرده و همچنین گرمای جذب شده در طول روز را به آسمان شب بازتاب می‌کند. از چشمه‌ها و استخرها می‌توان در کنار این سازه برای خنک‌کنندگی استفاده کرد، مانند تکنیک‌های خنک‌کنندگی غیر فعال مورد d.	
مورد e نشان می‌دهد که چگونه می‌توان اثر دودکش را در این نوع سازه‌ها به طور مؤثر استفاده کرد. نقاشی ضمیمه با رنگ تیره‌تر می‌تواند جذب اشعه خورشیدی را بیشتر کند تا بتواند سریعتر از بقیه پارچه گرم شود، این امر باعث فرار هوای گرم‌تر از بیرون شده و هوای خنک‌تر از آن را سریع‌تر جایگزین می‌کند.	
سازه‌های کششی غشایی می‌توانند به عنوان یک منطقه بافر بین محیط خارجی و داخلی مانند مورد f، به طور مؤثر استفاده شوند.	

12-3- اقلیم گرم‌وخشک

اغلب در بسیاری از نقاط جهان اقلیم توسط عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا مشخص می‌شود. ایران با قرار گرفتن بین 25 و 40 درجه عرض جغرافیایی شمالی در منطقه گرم قرار دارد. بنابر تقسیمات چهارگانه دکتر حسن گنجی که با تغییر در تقسیم‌بندی کوپن به وجود آمده، تقسیمات اقلیمی ایران به این صورت است: اقلیم معتدل و مرطوب (سواحل جنوبی دریای خزر)، اقلیم سرد (کوهستان‌های غربی)، اقلیم گرم‌وخشک (فلات مرکزی)، اقلیم گرم‌ومرطوب (سواحل جنوبی). در این تقسیم‌بندی اقلیم گرم و خشک دارای تابش شدید مستقیم آفتاب و هوایی خشک است، رطوبت کم و نبود ابر در آسمان سبب دامنه تغییرات زیاد دمای هوا می‌شود، از جمله مشخصه‌های دیگر این اقلیم

زمستان‌های سردوسخت و تابستان‌های گرم‌وخشک است (Kasmaie, 1391).

3-13- تحلیل یافته‌ها

در سطح شهر اولین روش تعدیل حرارتی، استفاده از سایه است. اگر سایه‌اندازی مناسب شهری به وجود نیاید، افراد در معرض تابش مستقیم آفتاب، بازتابش آسمان و بازتابش کف گرم خیابان‌ها و پیاده‌روها خواهند بود، برای سایه‌اندازی شهری می‌توان از درختان، گیاهان، سقف‌های سبک و نازک استفاده کرد (Heidari, 1391). بدیهی است که ایجاد سایه برای یک لحظه معین کار مشکلی نیست. انسان در اثر تجربه می‌داند چگونه جسم حاجبی بین خود و خورشید حائل کند تا سایه مورد نیاز را فراهم آورد. اما ایجاد سایه دلخواه و سایه‌بان ثابت و دائمی به طوری که در همه اوقات گرم سایه درست کند و در مواقع سرما جلوی آفتاب را نگیرد، کار نسبتا پیچیده و نیازمند محاسبات زمان بر لیکن ساده است (Razjouian, 1388). سایه‌بان‌ها دارای اثرات گوناگونی از قبیل کنترل تابش مستقیم آفتاب، کنترل نور، منظره و تهویه طبیعی هستند. در سایه‌بان‌های متحرک می‌توان انتقال نور و گرمای خورشید را به‌طور دلخواه کنترل کرد (Kasmaie, 1391). یکی از ویژگی‌های مناطق گرمسیر، وجود آسمان صاف و تابش شدید خورشید در اکثر مواقع سال است. در این شرایط ایجاد سایه در فضاهای باز و معابر یکی از عوامل مؤثر در خنک سازی محیط و کاهش دمای هوا در دوره‌های گرم است (Tahbaz, 1386).

اقلیم گرم‌وخشک دارای آب و هوای گرم و کمبود رطوبت است، در واقع در این اقلیم دو عامل ازدیاد دما و کمبود رطوبت وجود دارد، که این عوامل رسیدن به شرایط آسایش حرارتی در فضای بیرونی اقلیم گرم‌وخشک را دشوارتر می‌سازد. با بررسی سازه‌های غشایی و به صورت خاص‌تر سازه‌های غشایی منطعف، این نتیجه حاصل شد که این نوع از سازه‌ها به دلیل خصوصیات فیزیکی (از جمله سبکی، نازکی، تنوع فرم و ...)، خصوصیات حرارتی (از جمله بازتاب بالا، بهره‌گیری از خاصیت دودکشی، ایجاد تهویه و ...) و همچنین قابلیت انعطافی که دارند، بسیار برای استفاده در فضاهای باز در اقلیم گرم‌وخشک مناسب هستند؛ چرا که با سایه‌اندازی و کنترل تابش و همچنین ایجاد تهویه شرایط آسایش حرارتی بیرونی را فراهم می‌سازند.

4- نتیجه‌گیری

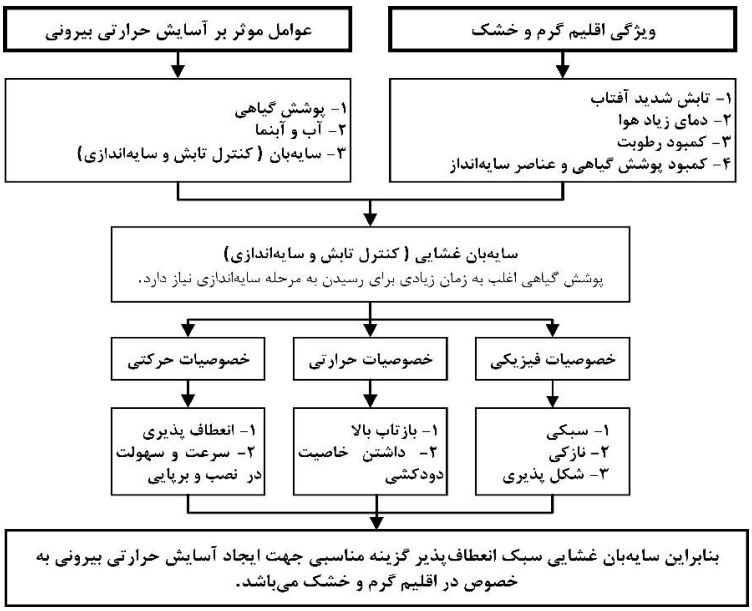
امروزه سازه‌های متحرک و انعطاف‌پذیر در بسیاری از فضاهای عمومی و شهری در عملکردهای گوناگونی مورد استفاده قرار می‌گیرند و علاوه بر فراهم نمودن ساختمان‌هایی با کارکردهای متنوع و بهینه، از منظر پایداری و حفظ منابع انرژی نیز بسیار سودمند خواهند بود. از مزیت‌های چشم‌گیر سایه‌بان‌های غشایی، تطابق سقف‌های منعطف با اقلیم منطقه در تمام روزهای سال است (Moshksar and Roshanzamir, 1390). در مناطق گرمسیری با استفاده از غشاهای چادری می‌توان مقدار زیادی از نور خورشید را منعکس کرد و دما را با صرف انرژی کمتری تنظیم نمود (Belda, 2003).

مکارمی و همکارانش در پژوهشی در آب‌وهوای گرم و مرطوب مالزی به این نتیجه رسیدند که مکان‌هایی با سطح بالای سایه به‌دست آمده از گیاهان و ساختمان‌های اطراف از گرمای بیشتری برخوردارند (Makaremi et al., 2012). همچنین هو و همکارانش در پژوهشی در آب‌وهوای مرطوب نیمه گرمسیری ژاپن به این نتیجه رسیدندکه میانگین اختلاف دمای هوا در داخل و خارج استادیوم‌های غشایی محصور بزرگ به دلیل قابلیت محفظه‌ای سازه‌های غشایی 6.2 و 3.1 درجه سانتی‌گراد برای آزمایش‌های تابستان و زمستان است (Hu et al., 2018). سولتانا و باری نیز در پژوهشی در آب و هوای گرم و مرطوب بنگلادش دریافتند که اختلاف دمای قابل توجهی بین فضای بیرونی و نیمه بیرونی پوشیده شده با سازه غشایی وجود دارد و استفاده از سازه غشایی کششی در فضای نیمه بیرونی تغییر دما را امکان پذیر می‌کند (Sultana and Bari, 2019). اما در پژوهش حاضر تأثیر سایه‌بان غشایی انعطاف‌پذیر در اقلیم گرم‌وخشک مورد بررسی قرار گرفته است.

در اقلیم گرم‌وخشک به دلیل گرمای زیاد، کمبود پوشش گیاهی و همچنین نداشتن سایه، شرایط آسایش حرارتی در فضای بیرونی به صورت محدود برقرار می‌شود.

فضاهای بیرونی در این اقلیم در ساعات محدودی از روز و همچنین در بعضی فصول قابل استفاده است، اما با کنترل دما و ایجاد سایه در فضاهای بیرونی تا حدی می‌توان شرایط آسایش حرارتی را فراهم نمود. در فضاهای باز، سطح آسایش حرارتی افراد می‌تواند تحت تأثیر عواملی از جمله مصالح سطوح، وجود سایه‌بان، استفاده از فضای سبز و نیز به کارگیری آبنما و آب افشان در محوطه قرار بگیرد. سایه یکی از عوامل مهم در تأمین آسایش حرارتی است، نور آفتاب را کنترل می‌کند، موجب کاهش شرایط ناراحتی ناشی از تابش امواج با طول موج کوتاه می‌شود، علاوه بر این سایه بر روی زمین دمای سطح را کاهش می‌دهد و موجب افزایش تابش امواج با طول موج بلند می‌شود. کمبود سایه در محیط‌های شهری منجر به بالا رفتن دمای هوا و سطوح می‌شود. سایه‌اندازی به وسیله پوشش گیاهی و عناصر مصنوع یکی از راهکارهای اصلی در کاهش استرس حرارتی در ساعات گرم تابستان است. سایه‌اندازی توسط عناصر طبیعی (درختان) محدودیت‌هایی دارد به طور مثال رشد درختان و رسیدن به مرحله سایه‌اندازی به زمان زیادی نیاز دارد، حال آن که سایه‌اندازی توسط عناصر مصنوع (سایه‌بان غشایی) به سرعت و سهولت فراهم می‌شود. استفاده از سایه‌بان مصنوع در تمام اقلیم‌ها عمومیت داشته و در جهت تأمین سایه و کاهش دمای محیط کاربرد دارد.

بنابراین سایه‌بان‌های غشایی به دلیل سبکی، انعطاف‌پذیری، سرعت و سهولت اجرا و همچنین امکان باز و بسته شدن، بازتاب بالای تابش خورشید، بهره‌گیری از خاصیت دودکشی و ویژگی‌های حرارتی خاصی که دارند؛ برای استفاده در فضاهای باز به خصوص در اقلیم‌های گرم بسیار مناسب هستند. تطابق سقف‌های منعطف با اقلیم منطقه در تمام روزهای سال از ویژگی‌های آن‌ها است. سیستم سایه‌بان‌های ثابت قابل تنظیم نیستند و دارای عملکرد محدودی در استفاده از نور روز و جهت‌گیری مناسب برای سایه‌اندازی هستند؛ سایه‌بان‌های متحرک قابل تنظیمند و می‌توانند در طول یک روز و یا در طول فصول تنظیم شده و باز یا بسته شوند. لذا وجود سایه‌بانی بهینه ضمن ایجاد آسایش حرارتی، سبب حضور مؤثر کاربران در فضا می‌شود. این نوع از سایه‌بان‌ها (چتری، مخروطی و ...) با داشتن امکان باز و بسته شدن در زمان‌های مختلف، در تمام طول سال قابل استفاده هستند. سایه‌بان‌های متحرک، به هنگام باز بودن، سبب ایجاد سایه در ساعات حضور خورشید می‌شوند، و در هنگام بسته بودن امکان بهره گیری از نورخورشید را در مواقع لزوم فراهم می‌کنند.



شکل 6- تحلیل و نتیجه‌گیری

Fig. 6- Analysis and Conclusion

جدول 10- پیشنهادات جهت بهبود آسایش حرارتی بیرونی در اقلیم گرم‌وخشک

Tab. 10- Suggestions for improving outdoor thermal comfort in hot and dry climate

ردیف	پیشنهادها	مزایا
1	سایه‌بان غشایی	کنترل تابش و سایه‌اندازی (سرعت و سهولت)
2	ترکیب سایه‌بان غشایی و آب	کنترل تابش و سایه‌اندازی + افزایش رطوبت
3	ترکیب سایه‌بان غشایی و پوشش گیاهی	کنترل تابش و سایه‌اندازی + افزایش رطوبت + منظر (نسبتا زمان‌بر)

منابع

Abdollahi, R., Yousefi, M. (1396). Daily thermal comfort in urban open space. The Third International Conference on Civil Architecture and Urban Planning at the beginning of the third millennium. Tehran. [in Persian].

Ahmadnejad Karimi, M. (1392). M. A. Thesis: Pool design with opening and closing structures. Faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University. [in Persian].

Ahmadnejad Karimi, M., Haghparast, F. (1391). Membrane opening and closing and expandable roofs: An adaptable approach to a sustainable and flexible architecture. First national conference on sustainable construction. Mashhad Municipality press. Mashhad. [in Persian].

Ahmadpour, N., Pourjafar, M., Mahdavinejad, M., Yousefian, S. (1396). The Role and Impact of Design Elements on the Quality of Thermal Comfort in Urban Open Spaces Case Study: Design of Pedestrian Way in Tamghachiha Pathway in the City of Kashan. Journal of Art University, 9(18). [in Persian].

Asefi, M., Farokhi, Sh., Nesarnobari, M. (1396). Methods of Creating Architectural Flexibility in Small-scale Residential Buildings. Journal of Iranian Architecture & Urbanism, No. 13. [in Persian].

Asefi, M., Sami, Z., Mahmoudi, R. (1395). Scissor-like folding arm awning inspired by functional geometry. International Congress of Contemporary Civil Engineering, Dubai. [in Persian].

Azizmohammadi, M. (1396). M. A. Thesis: Design based on moving architecture adapted to the exploration system strategy to achieve an optimal structural system. Pars Higher Education Institute of Art and Architecture. [in Persian].

Belda, E.F. (2003). Constructive problems in deployable structure of Emilio Perez pinero. Transactions on the Built Environment, 21, 141-142.

Berger, H. (2005). Light structure- structures of light. AuthorHouse publisher. Bloomington, USA.

Elnokaly, A., Chilton, J.C and Wilson, R . (2002). Environmental behaviour of tensile membrane structures. Conference: The World Conference on Technology Advances for Sustainable Development (Energy, Water, and Environment).

Forester, Brian and Mollaert, Marijke. (2004). European Design Guide for Tensile Surface structures. Brussels: Tensinet publisher.

Ghiabaklou, Z. (1394). Fundamentals of Building Physics 2. Amirkabir University Jihad press. Tehran. [in Persian].

Golabchi M., Taghi zadeh K., Golabchi M. (1394). Building systems. Pars University Press, Tehran. [in Persian].

He, J. and Hoyano, A. (2009). Measurement and simulation of the thermal environment in the built space under a membrane structure. Building and environment, 44.

He, J. and Hoyano, A. (2010). Measurement and evaluation of the summer microclimate in the semi-enclosed space under a membrane structure. Building and environment, 45.

Hebbelinck, S., Mollaent, M. and Hasse, J. (2004). From small parts of large structures. Beven mit texhlien heft.

Heidari, Sh. (1391). Interaction of air flow, temperature and comfort in urban open spaces, Case study: Hot and dry climate of Iran. Journal of Fine Arts, 47, pp. 37-42. [in Persian].

Hu, J., Chen, W., Zhang, S., Yin, Y., Li, Y., Yang, D. (2018). Thermal characteristics and comfort assessment of enclosed large-span membrane stadiums. Applied energy, 220, 728-735.

Ishii, K. (2000). Structural Design of Retractable Roof Structures, WIT Press.

(Sample: Ekbatan residential complex, Phase 3). Journal of Fine Arts, 42, pp. 59-70. [in Persian].

Makaremi, N., Salleh, E., Zaky Jaafar, M., GhaffarianHoseini, A. (2012). Thermal comfort conditions of shaded outdoor spaces in hot and humid climate of Malaysia. Building and Environment, 48, 7-14.

Mashayekh faridani, S. (1392). Art of Engineering Inspired by Nature. Housing and rural environment, 32 (143). P 7. [in Persian].

Metje, N., Sterling, M. and Baker, C.J. (2008). Pedestrian comfort using clothing values and body temperatures. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 96(4):412-435.

Middel, A., Selover, N., Hagen, B., Chhetri, N. (2016). Impact of shade on outdoor thermal comfort—a seasonal field study in Tempe, Arizona, International Journal Biometeorol, Vol. 60, pp. 1849–1861.

Moore, F. (1392). Understanding the behavior of structures. Golabchi, Mahmoud. University of Tehran Press, Tehran. P 50. [in Persian].

Moshksar, M., Roshanzamir, A. (1390). Investigation of moving and opening and closing structures with a case study of Carlos Mosili amphitheater. Second International Conference on Architecture and Structure. Tehran. [in Persian].

Norberg-Schultz, Ch. (1980). Meaning in western architecture. Rizzoli International Publications. New York, USA.

Ranjbaran, H. (1393). M.A Thesis: Investigating the role of moisture and shade in thermal comfort Case study: Goftegou park redesign. Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University. [in Persian].

Razjouian, M. (1388). Comfort under the protection of climate-friendly architecture. Shahid Beheshti University, Printing and Publishing Center. [in Persian].

Roshani, P., Khaki, A., Pourmehdi Ghaem Maghami, H. (1394). Investigating the technological features of deformable structures to approximate flexibility in parts of architecture. International Conference on Man, Architecture, Civil Engineering and the City. [in Persian].

Jafari M., Taban M. (1396). Evaluation of thermal comfort in open space (case study: Nobahar Park, Kermanshah). The first international conference on civil engineering, architecture and sustainable green city. Hamedan. [in Persian].

Jafarian, S. (1399). M. A. Thesis: The Flexible Lightweight Membrane Canopy Design in Order to Provide Thermal Comfort in Hot and Dry Climate. Faculty of architecture and urbanism, Shahrood university of technology. [in Persian].

Kamarian, M., Sadeghpour, A. (1398). Analysis and evaluation of various movement mechanisms in deformable structures. Third International Conference on Applied Research in Structural Engineering and Construction Management. Sharif university. [in Persian].

Karamirad, S., Banazade, B., Aliabadi, M. (1396). Factors affecting external thermal comfort conditions. Fourth International Conference on Environmental Planning and Management. Tehran. [in Persian].

Kasmaie, M. (1391). Climate and architecture. Khak press. Isfahan. [in Persian].

Keshavarzpour, F. (1395). M. A. Thesis: Organizing Noor city beach space with spatial development approach (light-flexible structures). Rasam Institute of Higher Education. [in Persian].

Khaki Qasr, A. (1395). Cover patterns Strategies for Exposed Spaces in the Historic Districts of Yazd Journal of Architecture in Hot and Dry Climate, 4(4). [in Persian].

Kostic, D., Milosevic, Vuk., Bogdanovic, V., Vasov and Miomir. Vucur, A. (2018). Influence of Single and Double Membrane Roofs on Thermal Behaviour of Enclosed Space. Technical Gazette. No. 25.

Lenzholzer, S. (2012). Research and design for thermal comfort in Dutch urban squares . Resources, Conservation and Recycling, Vol. 64, pp. 39-48.

Lin, Tzu-ping., Matzarakis, Andreas and Hwang, Ruey-lung. (2010). Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. Building and Environment 45.

Mahmoudi, S., Ghazizadeh, N., Monam A. (1389). The effect of design on the outdoor thermal comfort of residential complexes

Urban Management and Fifth Specialized Exhibition of Mass Builders of Housing and Construction in Tehran Province. Tehran. [in Persian].

Taleb, H., Taleb, D. (2014). "Enhancing the thermal comfort on urban level in a desert area: Case study of Dubai, United Arab Emirates". Urban Foresty and Urban Greening, 13.

Vasei, M., Asefi, N. (1397). Design and formulation of collective space canopies with minimum levels. International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Development Management in Iran. Tehran. [in Persian].

Walter, Matthias. (2006). Convertible Roofs. Ferienakademie.

Walton, Darton Kenneth, Donn, Michael. (2007). The relative influence of wind, sunlight and temperature on user comfort in urban outdoor spaces. Building and Environment 42.

Wilson, Robin. Devulder, Thaibault and Chilton, John. (2007). The thermal behaviour of buildings incorporating single skin tensile membrane structures. International Journal of Low-Carbon Technologies 2(20).

Zabetian, E., Kheirodin, R. (1397). The role of comfort perception, especially thermal comfort in the pattern of citizen's behavior in urban spaces (Case Study of Imam Khomeini square and Imam Hussein in the City of Tehran). Urban Management, No. 50, pp 5-20. [in Persian].

Setaih, Kh., Hamza, N., Townshend, T. (2013). Assessment of outdoor thermal comfort in urban microclimate in hot arid areas. 13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France, August 26-28.

Sultana, L. and Bari, N. (2019). A Study on the Impact of Tensile Fabric Structure in Semi-Outdoor Spaces of Tropical Cities. International Journal of New Innovations in Engineering and Technology.

Taban, Z., Majidi, M. (1397). Evaluation the effect of thermal comfort on people's behavior in the urban environment (case study of Bushehr). International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Development Management in Iran. Tehran: University of Tehran. [in Persian].

Taghizade, K., Sanaee, N. (1391). An Investigation on Structural Systems of Mobile and Temporary Shelters. Naqshejahan; 2 (2). [in Persian].

Tahbaz, M. (1386). Outdoor shade design. Journal of Fine Arts, 31, p. 28. [in Persian].

Tahbaz, M., Nozari Ferdowsieh, A., Amin Eslami, M. (1393). Climate Design Solutions for Outdoor Passages (Case Study: Kashan University Sidewalks). Journal of Hoviatshahr, 10(26). [in Persian].

Taheri Shahraeini, M., Talebsafa, Sh. (1398). Investigation of factors affecting outdoor thermal comfort. Sixth National Conference on Applied Research in Civil Engineering, Architecture and