

ایجاد سایه در فضای باز با هدف افزایش آسایش حرارتی^۱

سپیده جعفریان^۲: دانشجوی کارشناسی ارشد، معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
sepideh.jafarian@shahroodut.ac.ir

الهام سرکرده‌ئی: استادیار، معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
sarkardehee@gmail.com

دانیال منصفی پراپری: طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
parapari@shahroodut.ac.ir

محمد رضا مجاهدی: استادیار، معماری، دانشگاه آزاد اسلامی شاهرود، شاهرود، ایران
m.mojahedi@gmail.com

چکیده

تغییرات اقلیمی و گرم شدن زمین لزوم توجه به آسایش حرارتی در محیط شهری را آشکار می‌سازد. آسایش حرارتی بیرونی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کیفیت فضای باز و سلامت کاربران پیاده است و تأمین آن منجر به حضور هر چه بیشتر افراد در فضای باز و سرزندگی شهری می‌گردد. کنترل تابش و سایه‌اندازی از عوامل تأثیرگذار بر آسایش حرارتی بیرونی هستند. سایه به عنوان مانعی در برابر تابش شدید آفتاب بوده و وجود سایه روی زمین سبب کاهش دمای سطح می‌شود. به منظور سایه‌اندازی می‌توان از سایه‌بان‌های طبیعی و مصنوع استفاده نمود. سایه‌اندازهای طبیعی اغلب به زمان نسبتاً زیادی برای رسیدن به مرحله سایه‌اندازی نیاز دارند. سایه‌بان‌های مصنوع به دلایلی از جمله سرعت دستیابی به سایه مورد نظر، بسیار مورد توجه و استفاده هستند. از جمله سایه‌بان‌های مصنوع می‌توان به سایه‌بان‌های غشایی اشاره کرد. امروزه استفاده از سایه‌بان‌های غشایی در فضاهای باز گسترش یافته است. لذا مقاله حاضر بر پایه یک روش توصیفی - تحلیلی شامل مطالعات کتابخانه‌ای، به بررسی تأثیر سایه‌بان غشایی به عنوان یکی از عوامل ایجاد سایه در فضای باز با هدف افزایش آسایش حرارتی می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهد که سایه‌بان‌های غشایی به دلیل سبکی، سرعت و سهولت احداث و ویژگی‌های حرارتی خاصی که دارند بخصوص برای استفاده در فضای باز اقلیم‌های گرم مناسب هستند و سبب سایه‌اندازی موثر در محیط و افزایش آسایش حرارتی بیرونی می‌شوند.

کلمات کلیدی: سایه، آسایش حرارتی بیرونی، سازه غشایی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱-مقاله حاضر از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشجو سپیده جعفریان با موضوع "طراحی سایه‌بان غشایی سبک انعطاف‌پذیر با هدف ایجاد آسایش حرارتی در اقلیم گرم و خشک" به راهنمایی خانم دکتر الهام سرکرده‌ئی و آقای دکتر دانیال منصفی پراپری و مشاوره آقای دکتر محمد رضا مجاهدی استخراج شده است.
۲-نویسنده مسئول

۱- مقدمه

فضاهای باز عمومی در زندگی امروزی در برگیرنده بخش عظیمی از فعالیت‌های روزمره فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی است. فضاهای باز موفق، مردم را به گذران اوقات و ایجاد زندگی در محیط شهری دعوت می‌کنند (کرمی‌راد و دیگران، ۱۳۹۷). یکی از مهم‌ترین ابعاد پیرامون خلق فضای مطلوب، طراحی فضاهای باز در شهرها با هدف تأمین آسایش شهروندان و همچنین توجه به کیفیت این فضاهاست (مجیدی و دیگران، ۱۳۹۸). پوشش گیاهی و سایه‌اندازی می‌توانند راهبردهای اصلی جهت بهبود بخشیدن به شرایط آسایش محیطی عابران پیاده در ماه‌های گرم سال باشند. با استفاده از سایه‌بان یا پوسته و درختان می‌توان از گرمای نامطلوب خورشید در تابستان تا حدی جلوگیری کرد (طبیعی‌چهره و کسمایی، ۱۳۹۹). سایه‌بان‌های ساخته شده نسبت به سایه‌اندازهای طبیعی دارای مزایای سایه قابل پیش‌بینی‌تر، محافظت در برابر باران، سرعت احداث و طیف وسیعی از کاربردها هستند. اگر سایه‌بان به خوبی طراحی و به درستی تنظیم شود، در زمان مناسب روز و سال، از تابش مستقیم و غیرمستقیم محافظت می‌کند. ساختارهای سایه‌انداز باید در تمام فصول سال راحت و جذاب باشند، بطوریکه مردم بخواهند در تمام طول سال از آن‌ها استفاده کنند. در نظر گرفتن آب و هوای یک مکان در طراحی سایه‌بان مؤثر، مهم است. هنگام اطمینان از راحتی سایه‌بان، باید چهار عنصر اصلی: دمای هوا، رطوبت، حرکت هوا، تابش گرمای خورشید و محیط اطراف در نظر گرفته شود.

بیش از چهل سال است که سیستم سازه‌های غشایی مورد توجه قرار گرفته‌است. این سازه‌ها می‌تواند به عنوان پوشش یا سایه‌بان دائم، موقت و با قابلیت جابجایی مورد استفاده قرار گیرد و یک فضای شهری را مطلوب سازد. این سازه‌ها سبک، زیبا، نیمه‌شفاف، دارای طول عمر زیاد و به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه هستند. در مناطق گرمسیری با استفاده از غشاهای چادری می‌توان مقدار زیادی از نور خورشید را منعکس کرد (Belda, 2003). لذا در این تحقیق به بررسی تأثیر سایه‌بان غشایی به عنوان یکی از عوامل ایجاد سایه در فضای باز با هدف افزایش آسایش حرارتی با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای پرداخته شده‌است.

۲- روش تحقیق

این پژوهش با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای با رویکردی مروری-تحلیلی انجام شده‌است، که در آن به جمع‌آوری داده‌ها از طریق بررسی‌های اسنادی و کتابخانه‌ای و مرور مفاهیم آسایش حرارتی و سازه غشایی و ویژگی‌های آن پرداخته شده‌است. بررسی منابع و متون موجود از جمله کتب و مقالات از اصلی‌ترین اهداف این پژوهش است. 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 می‌باشد. خلاصه ساختار تحقیق در شکل ۱ مشاهده می‌شود.



شکل ۱. ساختار تحقیق (نگارندگان)

۳- پیشینه تحقیق

پژوهش‌هایی که در خصوص سایه‌بان‌های غشایی و تأثیر سایه و سایه‌اندازی به عنوان عوامل ایجاد آسایش حرارتی در فضای بیرونی صورت گرفته به صورت خلاصه ارائه شده‌است.

نیکولوپولو در سال ۲۰۰۱ در پژوهش خود با عنوان آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری: درک پارامتر انسانی، که یکی از نخستین مطالعات آسایش حرارتی در فضای باز شهری است، تأثیر کیفیت آسایش حرارتی بر الگوهای رفتاری عابران پیاده در فضای باز شهری را بررسی می‌کند (Nikolopoulou et al, 2001). در سال ۲۰۱۰ لین و همکارانش در پژوهش تأثیر سایه‌اندازی بر آسایش حرارتی طولانی مدت در فضای خارجی، نشان دادند که سایه کم باعث عدم آسایش در تابستان و سایه زیاد باعث عدم آسایش در زمستان می‌شود، برای بهبود آسایش حرارتی در تابستان، باید بوسیله درختان و ساختمان‌ها سایه کافی ایجاد شود، همچنین نیاز حرارتی افراد و خرد اقلیم محلی باید در ایجاد فضاهای باز سایه‌دار مورد توجه قرار بگیرد (Lin et al, 2010). چن و ان‌جی در سال ۲۰۱۲، در پژوهشی به مرور تحقیقات دهه گذشته در خصوص آسایش حرارتی بیرونی و فعالیت‌های بیرونی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که شرایط آفتابی و سایه تأثیر چشمگیری بر تمایل افراد در ماندن یا ترک فضا دارد (Chen & Ng, 2012). ستای و همکارانش در سال ۲۰۱۳ در پژوهشی با عنوان ارزیابی آسایش حرارتی محیط بیرونی در ریزاقلیم شهری نواحی گرم و خشک، روش‌های دسترس پذیر برای افزایش سطح آسایش حرارتی عابران در فضای باز ریزاقلیم‌های شهری گرم و خشک را مورد بررسی قرار دادند (Setaih et al, 2013). در سال ۲۰۱۶ میدل و همکارانش در پژوهشی با عنوان تأثیر سایه بر آسایش حرارتی بیرونی، تأثیر سایه‌بان‌ها و درختان را بر آسایش حرارتی شهروندان در یک مرکز عابر پیاده را مورد ارزیابی قرار دادند (Middel et al, 2016). احمدپور کله‌رودی و همکارانش در سال ۱۳۹۶، در پژوهش نقش و تأثیر عناصر طراحی در کیفیت آسایش حرارتی فضاهای باز شهری، میزان تأثیرگذاری عناصر الحاقی نما، سایه‌بان، پوشش و سطوح آب به عنوان پرکاربردترین ابزار طراحی

مؤثر بر کیفیت آسایش حرارتی عابرین پیاده در نواحی گرم و خشک بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که سایه بان و ترکیب سایه بان و سطوح آب دارای بیشترین تأثیرگذاری بودند (احمدپور کله‌رودی و همکاران، ۱۳۹۶). عبداللهی و یوسفی‌تذکر در سال ۱۳۹۶، در پژوهش آسایش حرارتی روزانه در فضای باز شهری، به این نتیجه رسیدند که ابتکارهای عمده طراحی اقلیمی شامل افزایش پناهگاه‌های سایه‌دار، کاشت درختان هستند (عبداللهی و یوسفی‌تذکر، ۱۳۹۶). تابان و مجیدی در سال ۱۳۹۷ در پژوهشی با عنوان ارزیابی تأثیر آسایش حرارتی بر رفتار مردم در محیط شهری، به این نتیجه رسیدند که مردم برای رسیدن به آسایش حرارتی در بیشتر اوقات سال به سایه نیاز دارند و از جمله راهکارهای طراحی برای رسیدن به این نتیجه مطلوب در فضاهای شهری، باید به ایجاد فضای سایه‌دار از طریق استفاده از سایه بان مصنوعی، محصوریت فضا و درختان تنه بلند اشاره کرد (تابان و مجیدی، ۱۳۹۷).

طاهباز در مقاله طراحی سایه در فضای باز در سال ۱۳۸۶، اهمیت تأمین سایه در مناطق گرمسیر به عنوان یکی از روش‌های مؤثر کاهش دما بررسی کرده و روش طراحی سایه بان برای فضای باز با استفاده از روش نقاب سایه الگی را تشریح کرد و همچنین بر شناخت اقلیم محلی و شرایط آسایش انسان در طراحی سایه بان تأکید نمود (طاهباز، ۱۳۸۶). هی و هوپانو در سال ۲۰۰۹ در پژوهشی با نام اندازه‌گیری و شبیه‌سازی محیط حرارتی در فضای ساخته شده زیر سازه‌های غشایی، خصوصیات محیط گرمایی تابستان در یک سازه غشایی واقعی و فضای زیر آن را با استفاده از اندازه‌گیری و شبیه‌سازی مطالعه نمودند به این نتیجه رسیدند که انتقال خورشیدی یکی از عوامل اصلی بر محیط حرارتی زیر سازه غشایی است (He & Hoyano, 2009). واسعی و آصفی در سال ۱۳۹۷ در پژوهش خود با عنوان طراحی و فرم‌یابی سایه بان فضای جمعی با سطوح حداقل، به این نتیجه رسیدند که، از راهکارهای ایجاد آسایش حرارتی و کنترل نور در فضای باز شهری استفاده از انواع سایه بان است، در طراحی سایه بان با سطوح حداقل با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف، امکان تطبیق و تغییر طرح متناسب با اقلیم و فعالیت‌های محلی در هنگام طراحی فراهم است (واسعی و آصفی، ۱۳۹۷). در پژوهشی در سال ۲۰۱۹ با عنوان بررسی تأثیر سازه پارچه‌ای کششی در فضاهای نیمه باز شهرهای گرمسیری، این نتیجه حاصل شد که اختلاف دمای قابل توجهی بین فضای بیرون و فضای نیمه باز منطقه مورد مطالعه با سازه غشایی وجود دارد و همچنین استفاده از ساختار کششی در فضای نیمه باز می‌تواند درجه حرارت را تا حد معینی کاهش دهد (Sultana & Bari, 2019).

۴- مبانی نظری

۴-۱- آسایش حرارتی

منظور از شرایط آسایش، مجموعه شرایطی است که از نظر حرارتی حداقل برای ۸۰ درصد از افراد مناسب باشد و انسان در آن شرایط احساس سرما یا گرما نکند (محمدی و سعیدی، ۱۳۸۷). طبق تعریف اشری، آسایش حرارتی شرایط ذهنی است که رضایت از محیط گرمایی را ابراز می‌کند و با سنجش ذهنی ارزیابی می‌شود (ASHRAE, 2010). آسایش حرارتی از سه جنبه مختلف قابل بررسی است: جنبه روانی که احساس ذهنی رضایت از شرایط حرارتی فضای باز است، جنبه ترموفیزیولوژیک که به واکنش‌های بیولوژیک و گیرنده‌های حرارتی روی پوست نسبت به محیط اطراف کمک می‌کند و در نهایت جنبه انرژی که وابسته به جریان گرما از بدن و به بدن انسان است (خلیلی و دیگران، ۱۳۹۷).

بطور کلی کیفیت آسایش حرارتی به هشت عامل: دمای هوا، رطوبت، فشار بخار آب، سرعت جریان هوا، تابش از جداره‌های داخلی فضا (دمای متوسط تشعشعی)، انسان (سن، جنس)، نوع فعالیت انسان و نوع پوشش انسان، وابسته است (قیایکلو، ۱۳۹۴).

۴-۲- آسایش حرارتی بیرونی

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 (محمدی و دیگران، ۱۳۸۹). فضاهای باز و معابر عرصه‌هایی هستند که زندگی جمعی در آنها جریان دارد، بسیاری از فعالیت‌های مردم نیز در فضاهای باز، در فصول مناسب سال صورت می‌گیرد، حال آن که در اوقات گرم بویژه در اقلیم گرم و خشک، 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 برای کسب آسایش حرارتی شده است. بنابراین آسایش حرارتی یکی از عوامل مهم در فرایند طراحی فضاهای باز شهری است (حیدری، ۱۳۹۱)، (طاهباز و دیگران، ۱۳۹۳). بالا بودن درجه حرارت در نواحی انسان ساخت به ویژه در نواحی گرم و خشک لزوم توجه به آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری را در این مناطق دو چندان می‌کند (احمدپور کله‌رودی و دیگران، ۱۳۹۶).

۴-۳- سازه غشایی

غشا ورق نازکی از ماده است که برای انواع مقاصد عملکردی می‌تواند بارهای وارده را تحت کشش تحمل کند و در مقابل فشار و خمش و برش مقاومتی از خود نشان نمی‌دهد، غشاها سبک وزن بوده و به وسیله اعضای فشاری نگه داشته می‌شوند (سالوادوری، ۱۳۹۳). غشاها پارچه‌ای همزمان سازه و پوشش مقاوم در برابر بارهای وارده و شرایط جوی را تأمین می‌کنند (گلابچی و دیگران، ۱۳۹۴). یعنی در سازه‌های چادری فرم معماری و عملکرد سازه‌ای یکی است (مور، ۱۳۹۲). سازه‌های غشایی دارای کیفیت‌های متعددی هستند که بطور خلاصه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. کیفیت‌های مختلف سازه‌های غشایی (Forester & Mollaert, 2004)

کیفیت‌ها	توضیحات
انعطاف‌پذیری	<ul style="list-style-type: none"> سازه‌های غشایی کششی صلب نیستند، تحت تأثیر باد و برف شکل خود را تغییر می‌دهند. انعطاف‌پذیری سازه‌های کششی امکان جابجایی‌های بزرگ بدون تغییر شکل دائمی را ایجاد می‌کند. میزان انعطاف‌پذیری پارچه‌های مختلف، متفاوت است. مواد بسیار انعطاف‌پذیری وجود دارد که امکان تابش بدون شکستگی یا سایش را دارند. این مواد اساس سازه‌های کارآمد متحرک و تغییر پذیر هستند.
محافظت در برابر آب و هوا	<ul style="list-style-type: none"> از اصلی‌ترین کارکردهای یک سقف، فراهم کردن سرپناهی از باد و باران و سایه از خورشید، با توجه به اقلیم منطقه است، تا فضای بیرونی مطبوعی ایجاد کند. 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. برای محافظت در برابر باران و برف، باید زهکشی سریع و آسان ایجاد شود. از برکه شدن آب باران و انباشت زیاد برف در بام باید اجتناب شود.



متحرک و موقت	<ul style="list-style-type: none"> • سازه‌ای که می‌تواند بارها در مکان‌های مختلف احداث شود بیانگر تحرک یک سازه کششی است. • چنین سازه‌ای می‌تواند تلفیقی از چادر عشایری و سکونت‌گاه دائمی باشد. سبکی و انعطاف‌پذیری مصالح باعث می‌شود، این سازه‌ها به راحتی و به سرعت مستقر شوند و در مواقعی که استفاده نمی‌شوند، حجم متوسطی را به خود اختصاص دهند. • این خصوصیات برای سازه‌های موقتی و سیار و در هنگام فاجعه و شرایط اضطراری که پناهگاه برای تعداد زیادی از افراد در مدت زمان کوتاه نیاز است، مفید است.
شکل پذیری	<ul style="list-style-type: none"> • شکل‌پذیری برخلاف اشکال مرسوم در ساخت ساختمان، یک ویژگی مفید و مهم سازه پارچه‌ای است. • خصوصیات کششی موجود در 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 قالی هستند. • انعطاف‌پذیری در تکیه‌گاه‌های غشایی همچنین باعث تغییر شکل پذیری آن‌ها می‌شود، البته که باید از پایداری کلی اطمینان حاصل شود.
تغییرپذیر و سازگار	<ul style="list-style-type: none"> • سازه‌های قابل تغییر سیستم‌های سازگار ساخته انسان هستند که مانند بسیاری از ارگانیسم‌های طبیعی مطابق ضرورت تغییر می‌کنند. • آن‌ها در آرایش فضایی و پاسخ به تغییرات اقلیمی انعطاف‌پذیر و سازگار هستند. این روش طراحی بطور خودکار از طریق کنترل نور طبیعی و دما منجر به امکان صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود. • انعطاف‌پذیری سازه‌های قابل تغییر باعث تغییر فضای معماری می‌شود، 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 را ایجاد می‌کند.

۴-۴- پیشینه سازه‌های غشایی

سایه‌بان پارچه‌ای یکی از قدیمی‌ترین شکل‌های پوشش سقف است و هزاران سال است که از نوع سنتی آن برای ساخت استفاده می‌شود. در جدول ۲ پیشینه سازه‌های غشایی بطور مختصر آمده‌است. با این حال، سازه‌های پارچه‌ای مدرن با استفاده از مواد مصنوعی تنها در حدود چهل سال است که مورد استفاده قرار می‌گیرند. سازه‌های پارچه‌ای امکان ساخت شکل‌های قابل توجهی را دارند، که منحصر به فرد برای این نوع ساخت و سازه‌ها است (Bridgens et al, 2005).

جدول ۲. پیشینه سازه‌های غشایی (نگارندگان)

تصویر	ساختار	ویژگی	جنس	مبدا	نوع
	ستون‌های چوبی داخلی، چادر و طناب‌های پیرامونی بافته‌شده از موی بز	قابلیت جمع‌شدن، حمل و نقل، سهولت و سرعت نصب	موی بز	بین‌النهرین، ایران، سیبری، شمال آسیا	۱ سیاه‌چادر
	ساختار استوانه‌ای از قاب مشبک چوبی، سقف گنبد قرقیزی یا مخروط مغولی، پوشش از نمد یا چرم	سهولت انتقال‌پذیری، سرعت نصب، همساز با اقلیم	چوب، نمد	آسیای مرکزی، مغولستان، ایران، ترکیه	۲ یورت
	سازه مخروطی شکل از تیرک‌های چوبی، پوشش غشایی از پوست حیوانات	قابلیت انتقال، پایداری به دلیل شکل مخروطی	چوب، پوست حیوانات	آمریکای شمالی	۳ تیبی
	غشای کششی، میله نگهدارنده میانی، دنده‌هایی تحت فشار	سایه‌بان	-	آشور	۴ چتر
	تیرهای چوبی و ترکه‌های عمودی متصل با طناب، زاویه قرارگیری سقف قابل تغییر با کشیدن طناب	سایه‌بان چادری باز و بسته شونده	پارچه	روم	۵ ولوم
	چادری دایره‌ای مخروطی، دکل عظیم مرکزی، پایداری با ریسمان‌های مهارکننده خارجی	چادرهای موقت به منظور سرگرمی، قابل حمل	-	اروپا	۶ چادر بارگاه سلطنتی
	داربستی از الوار و تیرهای چوبی چفت شده با تسمه و بست آهنی بر روی دیوارها با پوششی از چادر	پوشش فضاهای باز و عمومی برای مراسم عزاداری، سایه‌اندازی	چادر کرباسی ضخیم	ایران	۷ چادر جمع‌شونده تکایا

	۱- قاب فلزی یا چوبی خودایستا با پوشش پارچه ۲- ساختار کششی با دکل تکیه‌گاهی	متحرک، قابل حمل، پوشش فضاهای شهری محدود و فضاهای باز	چادر معمولاً کرباس	اروپا، آمریکا	چادر سیرک	۸
	سازه گسترش پذیر قابل تا شدن در اندازه کوچک و باز شدن دوباره	حجم فشرده کم، مونتاژ سریع، سهولت استقرار	-	آمریکا	سازه‌های گسترش پذیر هوا و فضا	۹




۵-۴- فرم سازه‌های غشایی

تنوع فرم یکی از مشخصه‌های اصلی سازه‌های پارچه‌ای کششی است. به علاوه، اینکه بایستی در طراحی معماری سازه‌های چادری، فرم غشا را بخشی از سیستم سازه‌ای و باربری سازه‌های غشایی دانست. سازه‌های غشایی دارای فرم‌های متعددی از جمله خطی، قوسی، مخروطی، چتری، چتری معکوس، زین اسبی، تیزه و دره و ... هستند، که در شکل ۲ قابل مشاهده است. امروزه استفاده از سازه‌های غشایی گسترش یافته است. برخی از نمونه‌های سازه‌های غشایی اجرا شده بطور مختصر در جدول ۳ بررسی و ارائه شده است.



شکل ۲. اشکال سازه‌های غشایی (Prametric3d.com)

جدول ۳. نمونه‌های مختلف سازه‌های غشایی (نگارندگان)

تصویر	نوع سازه غشایی	نمونه	۱
	مخروطی	سازه چادری بازار گل ابریشم	
	مخروطی	سازه چادری مرکز تجاری ستاره یزد	۲
	زین اسبی	سایه‌بان مزار شهدای کوهسار	۳
	چتری معکوس	سازه‌های چادری مسجدالنبی	۴

		طاق گهواره‌ای	سازه چادری بوستان بانوان نرگس	۵
--	--	------------------	-------------------------------	---

۶-۴- ویژگی حرارتی سازه‌های غشایی

غشاهای پارچه‌ای نازک در پاسخ به تغییرات دمای خارجی یا نور خورشید می‌توانند تغییر درجه حرارت سریعی را تجربه کنند، بنابراین دمای هوا در فضای داخلی، بسته به همجواری با سطوح دارای دماهای مختلف، می‌تواند تغییرات قابل ملاحظه‌ای داشته باشد. در روزهای آفتابی، درجه حرارت سطح سقف پارچه‌ای، بسیار بیشتر از سطح کف زیرین خود خواهد بود. این عامل همراه با تمایل هوای گرم به بالا آمدن و طبقه طبقه شدن مستقیم آن در زیر پارچه -در ناحیه‌ای بالاتر از سر استفاده‌کنندگان- منجر به افت دمای ۵ درجه سانتیگراد یا بیشتر میان ترازهای بالایی و پایینی داخل فضا می‌شود. این رفتار ممکن است در اقلیم‌های آفتابی و گرم با وجود میزان عایق‌بندی کم پارچه‌ها به طور باورنکردنی منجر به سطح آسایش بالایی در زیر سقف‌های پارچه‌ای شود (گلابچی و دیگران، ۱۳۹۰). پوشش اکثر مواد غشایی بازتاب بالایی از تابش خورشیدی (تا ۰.۸۰) 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 مناسب هستند. اثر خنک‌کنندگی سایه می‌تواند با ایجاد تهویه طبیعی، با استفاده از جریان هوا یا باد در زیر سازه تقویت شود (Forester & Mollaert, 2004).

۵- تحلیل یافته‌ها

۵-۱- عوامل مؤثر بر آسایش حرارتی در فضای باز

با توجه به موارد ذکر شده در خصوص آسایش حرارتی و آسایش حرارتی بیرونی می‌توان عوامل مؤثر بر آسایش حرارتی در فضای باز را بر اساس عوامل محیطی، انسانی و طراحی دسته‌بندی نمود، این دسته‌بندی در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴. عوامل مؤثر بر آسایش حرارتی بیرونی (حیدری و منعم، ۱۳۹۲)، (رنجبران، ۱۳۹۳)

عوامل محیطی	عوامل انسانی	عوامل طراحی
۱- رطوبت نسبی (RH)	۱- سن	۱- موقعیت قرارگیری ساختمان‌ها و عناصر نرم و سخت
۲- دمای هوا (Ta)	۲- جنسیت	۲- پوشش گیاهی (کنترل اقلیم، افزایش رطوبت، سایه‌اندازی)
۳- میانگین دمای تابشی (Tmrt)	۳- قد	۳- عناصر مصنوع فضاهای شهری
۴- دمای سطح زمین (Ts)	۴- وزن	۴- مصالح
۵- دمای کروی (Tg)	۵- نرخ لباس	
۶- سرعت وزش باد (Va)	۶- نرخ فعالیت	

۲-۵- تأثیر سایه‌اندازی بر آسایش حرارتی

اقلیم معماری، در فصل تابستان (فصول گرم) که سرمایش مورد نیاز است، به دنبال مقاومت در برابر حرارت تابش خورشیدی با ایجاد سایه می‌باشد (رضائی و دیگران، ۱۳۹۷). استفاده از سایه در سطح شهر، اولین روش تعدیل حرارتی 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 (حیدری، ۱۳۹۱). سایه‌اندازی، دمای هوا را به واسطه قطع کردن تابش خورشید و جلوگیری از افزایش دمای هوا/سطح، خنک‌تر می‌کند (خلیلی و دیگران، ۱۳۹۷). با توجه به وجود آسمان صاف و تابش شدید خورشید در اکثر مواقع سال در مناطق گرمسیر، ایجاد سایه در فضاهای باز و معابر یکی از عوامل بسیار مؤثر در خنک‌سازی محیط و کاهش دمای هوا در دوره‌های گرم است (طاهباز، ۱۳۸۶). سایه‌بان‌ها دارای اثرات گوناگونی از قبیل کنترل تابش مستقیم آفتاب، کنترل نور، منظره و تهویه طبیعی هستند (کسمائی، ۱۳۹۱). در نقاط مختلف جهان به دلایل اقلیمی از جمله تابش زیاد یا بارش زیاد باران یا برف، فضاهای باز را برای افزایش بهره‌وری، می‌پوشانند. در کشورهایی با اقلیم گرم و خشک، بیشتر از سایه‌بان‌های چادری برای کاهش تابش شدید آفتاب استفاده می‌شود (خاکی‌قصر، ۱۳۹۵).

۳-۵- آسایش حرارتی در سازه غشایی

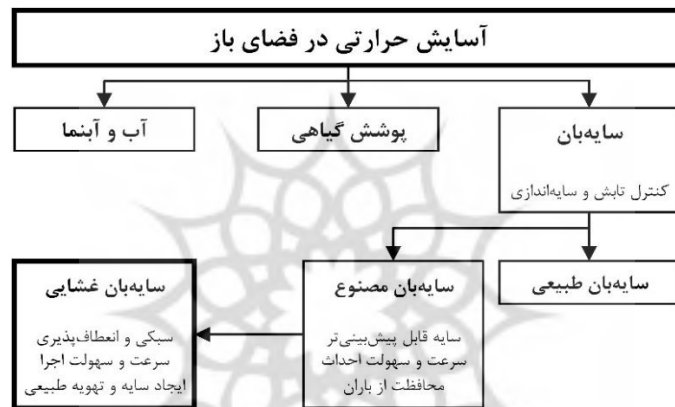
حالت‌های مختلف آسایش حرارتی در زیر سازه غشایی در جدول ۵ بطور مختصر بررسی شده است.

جدول ۵. حالات مختلف آسایش داخلی یا زیر سازه غشایی (Elnokaly et al, 2002)

<p>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.</p>	
--	--

<p>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 موثری 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.</p>	
<p>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 غیرفعال مورد d.</p>	
<p>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.</p>	

بنابر یافته‌های تحقیق می‌توان بیان نمود که استفاده از سایه‌بان‌های مصنوع در تمام اقلیم‌ها بخصوص در اقلیم گرم و خشک، جهت تأمین سایه و کاهش دمای محیط و در نتیجه ایجاد آسایش حرارتی در فضای باز کاربرد دارد. آن چه که از یافته‌های تحقیق برداشت شده بطور خلاصه در نمودار شکل ۳ قابل مشاهده است.



شکل ۳. نتایج تحلیل یافته‌ها (نگارندگان)

۶- نتیجه‌گیری

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 آبنا 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 بطور 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. علاوه بر این در اقلیم‌هایی که رطوبت بالاست، رطوبت‌زایی درخت یک عامل منفی است اما استفاده از سایه‌بان مصنوع در تمام اقلیم‌ها عمومیت داشته و در جهت تأمین سایه و کاهش دمای محیط کاربرد دارد. سایه‌بان‌های غشایی به دلیل سبکی، انعطاف‌پذیری، بازتاب بالای تابش خورشید، بهره‌گیری از خاصیت دودکشی و ویژگی‌های حرارتی خاصی که دارند، سبب سایه‌اندازی موثر در محیط و کاهش دما می‌شوند لذا برای استفاده در فضاهای باز بخصوص در اقلیم‌های گرم بسیار مناسب هستند.

۷- منابع

۱. احمدپور کلهرودی، نرگس؛ پورجعفر، محمدرضا؛ مهدوی‌نژاد، محمدجواد؛ یوسفیان، سمیرا. (۱۳۹۶). نقش و تاثیر عناصر طراحی در کیفیت آسایش حرارتی فضاهای باز شهری بررسی موردی: طراحی پیاده‌راه طمق‌چی‌ها در کاشان. دوفصلنامه دانشگاه هنر، دوره ۹، شماره ۱۸.
۲. تابان، زهره. مجیدی، محسن. (۱۳۹۷). ارزیابی تأثیر آسایش حرارتی بر رفتار مردم در محیط شهری (نمونه موردی شهر بوشهر). کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و مدیریت توسعه شهری در ایران. تهران: دانشگاه تهران.
۳. حیدری، شاهین (۱۳۹۱). برهم کنش جریان هوا، دما و راحتی در فضاهای باز شهری، مطالعه موردی: اقلیم گرم و خشک ایران. نشریه هنرهای زیبا، شماره ۴۷، صص ۳۷-۴۲.
۴. حیدری، شاهین؛ منعم، علیرضا (۱۳۹۲). ارزیابی شاخصه‌های آسایش حرارتی در فضای باز. مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۲۰، صص ۱۹۷-۲۱۶.
۵. خاکی‌قصر، آزاده. (۱۳۹۵). الگوهای پوشش الحاقی موقت برای فضاهای باز نیازمند پوشش در بافت تاریخی یزد. نشریه معماری اقلیم گرم و خشک، سال ۴، شماره ۴.

۶. خلیلی، سهیلا؛ فیاض، ریما؛ ذوالفقاری، علیرضا. (۱۳۹۷). بررسی تأثیر سایه‌اندازی ساختمان‌ها بر شرایط آسایش حرارتی فضای باز در محوطه دانشگاه بیرجند. پنجمین کنفرانس انجمن انرژی ایران.
۷. رضائی، فاطمه؛ تقدیری، علیرضا؛ خواجه، اسماعیل. (۱۳۹۷). ارزیابی شاخصهای معماری همساز با اقلیم در خانه‌های بومی شهر گرگان در راستای نیل به آسایش حرارتی (مطالعه موردی: خانه باقری‌ها و خانه فاطمی). فصلنامه معماری شناسی. سال ۱، شماره ۶.
۸. رنجبران، حدیث. (۱۳۹۳). پایان نامه کارشناسی ارشد: بررسی نقش رطوبت و سایه در دستیابی به آسایش حرارتی نمونه موردی: بازطراحی پارک گفت و گو. دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس.
۹. سالوادوری، ماریو. (۱۳۹۳). سازه در معماری. ترجمه: گلابچی، محمود. انتشارات دانشگاه تهران. تهران.
۱۰. طاهباز، منصوره. (۱۳۸۶). طراحی سایه در فضای باز. نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۱، ص ۲۸.
۱۱. طاهباز، منصوره؛ نوذری فردوسی، احمد؛ امین اسلامی، محمد. (۱۳۹۳). راهکارهای طراحی اقلیمی معابر فضای باز (مطالعه موردی: پیاده راه‌های دانشگاه کاشان). نشریه هویت شهر، سال ۱۰، شماره ۲۶.
۱۲. طیبی چهره، فرانک؛ کامران کسمایی، حدیثه. (۱۳۹۹). تأثیر نقش انرژی خورشید بر ساختمان‌های اداری شمال شهر تهران با هدف کاهش مصرف انرژی. فصلنامه معماری شناسی. سال ۳، شماره ۱۶.
۱۳. عبداللهی، راحله؛ یوسفی تذکر، مسعود. (۱۳۹۶). آسایش حرارتی روزانه در فضای باز شهری. سومین همای ملی و سومین همایش بین المللی معماری، عمران و شهرسازی در آغاز هزاره سوم. تهران.
۱۴. قیابکلو، زهرا. (۱۳۹۴). مبانی فیزیک ساختمان ۲ (تنظیم شرایط محیطی). انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر. تهران.
۱۵. گرمی‌راد، سینا؛ آبادی، محمدعلی؛ حبیبی، امین. (۱۳۹۷). سنجش تأثیر هندسه شهری بر شرایط آسایش حرارتی بیرونی در مقیاس خرد اقلیم (مورد پژوهی: فضای باز مجتمع مسکونی گلدشت شیراز). فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال ۸، شماره ۲۹.
۱۶. کسمائی، مرتضی. (۱۳۹۱). اقلیم و معماری. نشر خاک. اصفهان.
۱۷. گلابچی، محمود؛ مجاهدی، محمدرضا؛ سرکرده‌ئی، الهام. (۱۳۹۰). سازه‌های پارچه‌ای کششی. انتشارات دانشگاه تهران. تهران.
۱۸. گلابچی، محمود؛ تقی‌زاده، کتابون؛ گلابچی، محمدرضا. (۱۳۹۴). سیستم‌های ساختمانی. انتشارات دانشگاه پارس، تهران.
۱۹. مجیدی، فاطمه‌السادات؛ حیدری، شاهین؛ قلعه‌نوعی، محمود؛ قاسمی سیچانی، مریم. (۱۳۹۸). ارزیابی و تحلیل وضعیت آسایش حرارتی فضای باز محلات مسکونی با استفاده از شاخصه‌های حرارتی. نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران، دوره ۱۰، شماره ۱۸، صص ۱۲۶-۱۱۳.
۲۰. محمدی، حسین؛ سعیدی، علی. (۱۳۸۷). شاخص‌های زیست اقلیمی موثر برای ارزیابی آسایش انسان؛ مطالعه موردی شهر قم. مجله محیط شناسی، سال ۳۴، شماره ۴۷.
۲۱. محمودی، سید امیرسعید؛ قاضی زاده، سیده ندا؛ منعم، علیرضا (۱۳۸۹). تأثیر طراحی در آسایش حرارتی فضای باز مجتمع‌های مسکونی (نمونه مورد مطالعه: فاز سه مجتمع مسکونی اکباتان). نشریه هنرهای زیبا، شماره ۴۲، صص ۵۹-۷۰.
۲۲. مور، فولر. (۱۳۹۲). درک رفتار سازه‌ها. گلابچی، محمود. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ص ۵۰.
۲۳. واسعی، مازیار. اصفی، نازنین. (۱۳۹۷). طراحی و فرم‌یابی سایه‌بان فضای جمعی با سطوح حداقل. کنفرانس بین المللی عمران، معماری و مدیریت توسعه شهری در ایران. تهران.
۲۴. ASHRAE. (2010). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ANSI/ASHRAE Standard 55-2010. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta.
۲۵. Belda, E.F. (2003). Constructive problems in deployable structure of Emilio Perez pinero. Transactions on the Built Environment, 21, 141-142.
۲۶. B.N. Bridgens, P.D. Gosling, M.J.S Birchall. (2005). "Tensile fabric structures: concepts, practice and developments." The structural engineers 21-28.
۲۷. Chen, Liang & Ng, Edward. (2012). Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decades. Cities, 29, 118-125.
۲۸. Elnokaly, Amira. Chilton, J.C & Wilson, Robin . (2002). Environmental behaviour of tensile membrane structures. Conference: The World Conference on Technology Advances for Sustainable Development (Energy, Water, and Environment).
۲۹. Forester, Brian & Mollaert, Marijke. (2004). European Design Guide for Tensile Surface structures. Brussels: Tensinet publisher.
۳۰. He, Jiang & Hoyano, Akira. (2009). Measurement and simulation of the thermal environment in the built space under a membrane structure. Building and environment, 44.
۳۱. Lin, Tzu-ping. Matzarakis, Andreas & Hwang, Ruey-lung. (2010). Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. Building and Environment 45.pp. 213-221.
۳۲. 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.
۳۳. Nikolopoulou, Marialena. Baker, Nick. Steemers, Koen. (2001). Thermal comfort in outdoor urban spaces: Understanding the Human parameter; Solar Energy, 70(3). pp 227-235.
۳۴. 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.
۳۵. Sultana, Latifa & Bari, Nafisa. (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.