

استراتژی‌های طراحی الگوهای ایستا برای کاهش مصرف انرژی در مناطق گرم و خشک ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵

کد مقاله: ۵۸۶۲۶

طیبه خلیج^{۱*}

چکیده

هر چند تاکنون بناهای کثیری با رویکرد بیومیمیکری طراحی شده‌اند با این وجود هنوز موانع زیادی برای اجرای معیارهای اساسی در این نوع تفکر وجود دارد که با توجه به اهمیت استراتژی‌های پایدار در فرایند طراحی، درک و شناخت عمیق از این مفهوم برای بهره‌برداری از آن ضروری است؛ زیرا بیومیمیکری به عنوان یک رویکرد نوآورانه، با الهام از طبیعت، سعی دارد تا راه‌حل‌های عملی برای چالش‌های انسانی ارائه دهد. غفلت از معیارهای اساسی می‌تواند پیامدهای منفی زیادی به همراه داشته باشد و موجب ایجاد تناقض در تبیین مفهوم این تفکر، فرهنگ‌سازی و مبانی مسئله‌ساز در حوزه آموزش طراحی و اختلال در اکوسیستم‌های شهری گردد به همین دلیل، برای تحقق این رویکرد، تحقیق حاضر بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای و به صورت توصیفی-تحلیلی در سه مرحله شامل شناخت، تحلیل و بررسی انجام شده است. به منظور بهبود اجرای این مفهوم، الگوریتمی طراحی شده که هدف آن پیاده‌سازی مفهوم بیومیمیکری است. این الگوریتم به عنوان یک چرخه عمل کرده و می‌تواند در مواجهه با چالش‌های طراحی، به عنوان راهنمایی مؤثر برای طراحان مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: بیومیمیکری، پایداری، سطوح الگوسازی بیومیمیکری

۱- کارشناس ارشد گروه معماری، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران، Tayebah.khalaj@yahoo.com

انقلاب صنعتی باعث افزایش تولیدات، رشد شهر نشینی و افزایش جمعیت شهری شده است. این تحرک جمعیت همچنین تولید ساختمان‌های استاندارد را تسریع کرده است. افزایش کنترل نشده در تولید ساختمان به یکی از مهمترین علل مصرف انرژی و آلودگی محیط زیست تبدیل شده است. ساختمان‌ها ۳۰ درصد باعث انتشار گازهای گلخانه‌ای و حدود ۴۰ درصد از انرژی را مصرف می‌کنند. قبل از انقلاب صنعتی، فقدان فناوری پیشرفته مانع از استفاده از دستگاه‌های مکانیکی برای آسایش حرارتی می‌شد که مصرف انرژی بالایی داشتند و ردپای اکولوژیکی زیادی به جا می‌گذاشتند. همچنین افزایش رویدادهای شدید آب و هوایی، همراه با پدیده جزیره گرمایی شهری (UHI)، نگرانی‌ها در مورد گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی را افزایش داده است (یانو و حسبی^۱، ۲۰۱۳: ۴۳۶). بسیاری از جوامع این مسائل را به عنوان اولویت‌های اصلی می‌دانند (حمدی، کارلوچی، هوز و هسن^۲، ۲۰۱۷: ۳۱۷). یکی از مضربترین پیامدهای تغییرات اقلیمی بر ساختمان‌ها، گرمای بیش از حد است، به ویژه در مناطق آب و هوایی گرم و خشک (سان، کاتایت و خیمز-بسکوس^۳، ۲۰۲۲: ۹). مطالعات نشان داده‌اند که چنین شرایطی به طور قابل توجهی گرمای بیش از حد فضای داخلی ساختمان را تشدید می‌کند. این امر نه تنها بر راحتی و سلامت ساکنان تأثیر می‌گذارد، بلکه مصرف انرژی سیستم‌های خنک‌کننده فعال را نیز افزایش می‌دهد و بحران‌های انرژی و مسائل آلودگی محیط زیست را تشدید می‌کند. این وضعیت، معماری سنتی را قادر ساخته است تا با حفظ محیط طبیعی، استفاده کارآمد از انرژی و استفاده از منابع انرژی طبیعی بدون توسل به استفاده از سوخت‌های فسیلی برای دستیابی به آسایش حرارتی، ویژگی‌های ساختمانی پایدار داشته باشد (ملادو، پارودو، گومز، دلافلور و مارین^۴، ۲۰۲۳: ۲۳۷). با توجه به این ویژگی‌ها، یکی از روش‌های اساسی طراحی ساختمان‌های پایدار، استفاده از معماری سنتی به عنوان راهنما است (کائو، دای و لیو^۵، ۲۰۱۶: ۲۰۵). پایداری نتیجه آگاهی بشر نسبت به مسائل زیست محیطی، و یک دغدغه چندوجهی است. چرا که هر سه سامانه اقتصادی، فرهنگی-اجتماعی و محیطی را در بر می‌گیرد. جونگ‌جین کیم^۶، سه اصل اساسی برای پایداری در معماری را مطرح می‌کند: صرفه جویی در مصرف منابع که با کاهش مصرف، استفاده‌ی مجدد و بازیافت منابع طبیعی به کار گرفته شده در ساختمان سر و کار دارد، طراحی براساس چرخه حیات، که روشی را برای تحلیل فرآیند ساختن بنا و تأثیرات آن بر محیط‌زیست مطرح می‌کند و دست آخر طراحی انسانی، که بر تعامل بین انسان و جهان طبیعی تمرکز دارد؛ همانطور که بیکن مطرح می‌کند: «جهان برای بشر ساخته می‌شود و نه بشر برای جهان». چرا که، طراحی پایدار نوعی از معماری است که حداکثر استعدادهای محیطی را در راستای آسایش استفاده کنندگان مورد توجه قرار داده و کمترین ناسازگاری و مغایرت با محیط طبیعی پیرامون خود، در پهنه وسیع تر با منطقه و جهان دارد. هدف از طراحی این ساختمان‌ها کاهش آسیب بر روی محیط، منابع انرژی و طبیعت است. روش‌های سرمایه‌گذاری غیرفعال می‌توانند بهره‌وری انرژی را بهبود بخشند، گرمای بیش از حد داخلی را کاهش دهند و آسایش حرارتی را بهبود بخشند (مقیم و عزیزپور^۷، ۲۰۱۴: ۲۴۷). با این حال، انتخاب و اجرای صحیح فناوری سرمایه‌گذاری غیرفعال برای بهبود بهره‌وری انرژی ساختمان‌ها بسیار مهم است (سان و همکاران^۸، ۲۰۲۱: ۱۴). پتانسیل ساختمان‌ها برای کاهش مصرف انرژی به سطح کنترل ویژگی‌های محیطی بیرونی بستگی دارد. استفاده مؤثر از پارامترهای طراحی محیط ساخته شده می‌تواند با کنترل انرژی صرف شده برای تهویه مطبوع، تهویه مطبوع غیرفعال را فراهم کند. استراتژی تکنیک‌های طراحی غیرفعال در محیط ساخته شده را می‌توان در پارامترهایی چون:

۱) فرم و حجم بنا (کف، سقف و دیوار): معماری سنتی در اقلیم‌های گرم و خشک با فاصله‌گذاری باریک و ساختمان‌های رو به داخل مشخص می‌شود. این امر منجر به فشردگی بافت شهری سنتی، مزیتی در سایه‌اندازی (طراحی فشرده در سکونتگاه‌های سنتی، باعث سایه اندازی و جلوگیری از قرار گرفتن ساختمان‌ها در معرض آفتاب زیاد در تابستان می‌گردد)؛ عایق حرارتی (تبادل گرما از طریق رسانایی را کاهش می‌دهد و تعامل ساختمان‌ها را با هوای محیط به حداقل می‌رساند)؛ تهویه طبیعی و سرمایش می‌شود. در معماری سنتی با آب و هوای گرم و خشک، خیابان‌ها عموماً باریک و جهت شمال-جنوب ساختمان‌ها یکی از مهم‌ترین راه‌ها برای افزایش سایه‌اندازی است. این نوع قرارگیری بنا باعث می‌شد که خیابان‌ها معمولاً در سایه قرار گیرند. در محل اتصال خیابان‌ها نور و تابش بیشتری دریافت می‌شود، در حالی که خیابان‌های فرعی باریک به نسبت سایه بیشتری دارند.

این اختلاف دما بین خیابان‌ها باعث ایجاد اختلاف فشار می‌شود و در نتیجه تهویه و سرمایش را فراهم می‌کند (کمال^۹، ۲۰۱۴: ۱۶). فضای داخلی ساختمان با زاویه ۳۰ تا ۶۰ درجه و با جهت باد غالب می‌تواند در مقایسه با زاویه قائمه (افلاکی، محی الدین، الشیخ محمود و بهاروم^{۱۰}، ۲۰۱۵: ۱۵۸)، سرمایش تهویه‌ای فضاهای داخلی را افزایش دهد.

1. Yau, Hasbi.
2. Hamdy, Carlucci, Hoes, Hensen.
3. Sun, Calautit, Jimenez-Bescos.
4. Mellado, Pardo, Gómez, De La Flor, Marín.
5. Cao, Dai, Liu.
6. Jong-Jin Kim.
7. Sun et al.
8. Aflaki, Mahyuddin, Al-Cheikh Mahmoud, Baharum.

۲) عناصر معماری بنا (فضاهای باز، نیمه باز و بسته)؛

۳) طراحی اقلیمی (کانسپت و طراحی منظر طبیعی): استفاده از آب و گیاهان؛ درختان از ورود تابش خورشیدی به داخل از طریق بازشوها جلوگیری می کنند و سایه ای برای کف و دیوارها ایجاد می کنند (سفالی، شکوهمیان و شمیرانی، ۲۰۱۶: ۱۱۰). استفاده از درختان برگ ریز، به ویژه در نمای جنوبی حیاط، در دوره های گرم تابستان سایه ایجاد می کند، در حالی که ریزش برگ آنها در دوره های زمستان باعث افزایش گرما می شود (سفالی و همکاران ۲۰۱۶: ۱۰۲). علاوه بر درختان، از تاک های انگور نیز در بالای حیاطها برای سایه انداختن استفاده می شد. این امر حیاط را از تابش خورشیدی محافظت می کند (عظیمی فریدانی، ۲۰۲۱). ۴) مقیاس و موقعیت سایت بنا نسبت به اطراف (طراحی شهری، بافت سکونتگاهی، فاصله و ابعاد ساختمان) گروه بندی کرد. برای استراتژی های طراحی غیر فعال، این معیارها به عنوان چارچوب اصلی برای یک پیشنهاد طبقه بندی عمل می کنند (جدول ۱).

جدول (۱): پارامترهای طراحی محیط در اقلیم گرم و خشک ایران، منبع: نگارنده.

مقیاس سکونتگاه	طراحی اقلیمی	عناصر معماری	فرم و حجم بنا
مقیاس و موقعیت مکانی نسبت به ساختمان های اطراف	ابعاد و جهت بنا نسبت به ساختمان ها	جهت، اندازه و نسبت فضاها	پنجره ها
بافت سکونتگاه	بهره گیری از عناصر منظر	موقعیت فضاها	دیوار
فاصله و ابعاد ساختمان			سقف
			مصالح

این تکنیک ها (تکنیک های غیر فعال) به دو گروه اصلی تقسیم می شوند: (سانتامورس، ۱۹۹۶: ۱۴۵؛ ولراج، ۲۰۱۲: ۹۳۳).

تکنیک های غیر فعال شامل:

الف) حفاظت ساختمان از نور خورشید و گرما به وسیله: ۱) جرم حرارتی؛ ۲) ایجاد سایه. هدف از سیستم سایه بان، جلوگیری از ورود تابش خورشید در روزهای گرم بدون تأثیر بر آسایش بصری است (سان و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۴). این سیستم ها از جمله کم هزینه ترین و در دسترس ترین سیستم ها برای پیاده سازی استراتژی های طراحی برای حفظ گرمای داخلی هستند (تزملیکوس و آسینیتز^۱، ۲۰۰۷: ۳۷۲؛ کمال، ۲۰۲۱: ۱۸). جرم حرارتی با کاهش دریافت و اتلاف گرما در کل پوشش ساختمان، حفظ گرمای داخلی را فراهم می کند (لچنر^۲، ۲۰۱۵؛ منصوری، ۲۰۱۷). می توان آن را به عنوان مانعی برای جلوگیری از جریان گرما به داخل در نظر گرفت.

ب) جلوگیری از اتلاف حرارتی از طریق: ۱) خنک کننده تابشی؛ ۲) خنک کننده تبخیری؛ ۳) خنک کننده تهویه طبیعی؛ ۴) خنک کننده زمینی (جدول ۲). این روش بر کاهش دمای داخل ساختمان از طریق منابع انرژی تجدیدپذیر در محیط بیرون تمرکز دارد. این تکنیک از یک سینک حرارتی طبیعی استفاده می کند (سان و همکاران، ۲۰۱۸: ۴۶۷).

جدول ۲: تکنیک های خنک سازی غیر فعال در اقلیم گرم و خشک ایران. منبع: نگارنده

حفاظت ساختمان از نور خورشید و گرما	جرم حرارتی
	ایجاد سایه
جلوگیری از اتلاف حرارتی	خنک کننده تابشی (خنک سازی عناصر معماری)
	خنک کننده تبخیری (بهره گیری از آب برای خنک کردن جریان هوا و رساندن آن به فضاهای داخلی/بیلا روش، ۲۰۲۰) ^۳
	خنک کننده تهویه طبیعی (هدایت هوای بیرون به داخل ساختمان ها و خارج کردن هوای گرم داخل ساختمان)
	خنک کننده زمینی (در آب و هوای گرم و خشک، دما در طول سال از حدود عمق ۲ تا ۳ متری خاک تقریباً ثابت است، و می توان از خاک جهت خنک سازی در همان عمق بهره گرفت (پاچکو، ۲۰۱۲) ^۴ .

تکنیک های خنک کننده غیر فعال، که به طور مؤثر در طراحی ساختمان معماری سنتی در مناطقی که آب و هوای گرم و خشک استفاده می شوند، به عنوان ابزاری برای طبقه بندی پیشنهاد ایجاد شده در محدوده این مطالعه، فرآیند را هدایت می کنند. از آنجا

1. Tzempelikos, Athienitis.
2. Lechner.
3. P. La Roche.
4. R. Pacheco, J. Ordóñez, G. Martínez

که تکنیک‌های خنک‌کننده غیرفعال در میان استراتژی‌های طراحی غیرفعال به راحتی در فضای داخلی با مصرف انرژی کم کمک می‌کنند، این تکنیک‌ها از منابع انرژی تجدیدپذیر استفاده می‌کنند.

تکنیک‌های خنک‌کننده غیرفعال، گرمای داخل ساختمان را به بیرون هدایت می‌کنند یا از ورود گرمای بیرون به داخل جلوگیری می‌کنند. همچنین جهت‌گیری، عایق‌بندی، پنجره‌های مناسب، تهویه طبیعی و استفاده از مصالح محلی برخی از استراتژی‌های کلیدی طراحی غیرفعال در اقلیم گرم و خشک هستند (عظیمی فریدانی، رودریگز و گاسپار، ۲۰۲۱: ۳۰۵). سوکار و همکارانش (۲۰۲۴)^۱، در مطالعه‌ی خود به مدیریت بازشوها به عنوان یک تکنیک پایدار، غیرفعال و مقرون به صرفه در یک بافت روستایی می‌پردازند. نتایج مطالعات به تضمین سلامت، رفاه و ارتقای صرفه‌جویی در مصرف انرژی در مرحله بهره‌برداری ساختمان بر اساس تهویه طبیعی و مدیریت نور خورشید در تعامل با طراحی ساختمان انجامید. تعیین محدوده آسایش حرارتی در اقلیم‌های متفاوت با مدل‌های مختلف از جمله مدل اولگی و مدل ترجونگ با تکیه بر مؤلفه‌های تأثیرگذار؛ دمای هوا، دمای تابشی، رطوبت، جریان هوا، نرخ فعالیت و نرخ لباس، موضوع پژوهش محققان بسیاری بوده است. همچنین برخی محققین، پژوهش‌هایی در رابطه با بررسی سامانه‌های ایستا نظیر دیوار ترمومب، فضای خورشیدی و بام آبی و ... و نقش آنها در ایجاد شرایط حرارتی مناسب در معماری انجام داده‌اند. با بررسی الگوها، فرم‌ها و ساختار فضایی معماری سنتی، می‌توان شباهت‌هایی میان عناصر سنتی و سیستم‌های ایستای امروزی مشاهده کرد که هدف هر دو، آگاهانه یا ناآگاهانه، کاهش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر وسوخت‌های فسیلی می‌باشد.

از جمله پژوهش‌های انجام یافته در رابطه با بهره‌گیری از سیستم‌های ایستا و انرژی‌های تجدیدپذیر در معماری سنتی می‌توان به پژوهش وکیلی‌نژاد و همکاران اشاره کرد که به بررسی اصول سامانه‌های سرمایش ایستا در معماری سنتی پرداخته است. زندیه و پروردی‌نژاد در پژوهش خود، عناصر اقلیمی و پایدار به کار رفته در معماری سنتی را بررسی کرده‌اند. فولادی و همکاران، گنبد‌های دو پوسته اقلیم کویری کاشان را از منظر حرارتی موضوع پژوهش خود قرار داده‌اند. رسولی‌لارمایی و شهبازی، در پژوهش خود، عملکرد بازشوهای دو پوسته ساختمان‌های نواحی سردسیر تبریز را با انتخاب خانه قدکی و گنجه‌ای‌زاده به عنوان نمونه، مورد مطالعه قرار داده‌اند. ابراهیمی‌اصل و همکاران، در پژوهشی کارایی اقلیمی عنصر بالکن را بررسی کرده‌اند.

در مطالعه‌ای با عنوان «اصول سامانه‌های سرمایش ایستا در عناصر معماری سنتی ایران»؛ رزا وکیلی نژاد و همکاران به بررسی نحوه عملکرد عناصر معماری به کار رفته در معماری سنتی ایران، جهت ایجاد آسایش حرارتی، به تشریح اصول سامانه سرمایشی ایستای مرتبط با هریک از این عناصر پرداخته و عناصر سنتی را که از نظر فرم و کالبد معماری در تناظر با عناصر امروزی قرار می‌گیرند، معرفی می‌نماید.

ژاندرسکیس و همکاران، راه حل‌هایی را برای گرمایش با انرژی کارآمد و پایدار هوای تهویه ارائه نمودند. این کار فن‌آوری‌ها و روش‌های گرمایش هوای تهویه را به عنوان یک جنبه کلیدی برای انرژی بالا و عملکرد زیست‌محیطی ساختمان‌های واقع در آب و هوای سرد بررسی می‌کند.

سارولین و همکاران، یک مطالعه توسعه پایدار در مورد بهره‌وری انرژی ساختمان‌های کم استفاده و چگونگی بهبود تهویه ساختمان‌هایی که به طور فعال استفاده می‌شوند انجام داد. مطالعه داخلی شامل غلظت دی اکسید کربن، دما و رطوبت بود. در نتیجه، چندین ساختمان به طور فعال استفاده شده و کم استفاده در فنلاند پتانسیل استفاده از انرژی خود را بهینه می‌کنند. این مطالعه به پتانسیل گرمای اتلاف تهویه خروجی ساختمان‌های آپارتمانی در منطقه کیمنلاکسو در فنلاند و استفاده از آن توسط EAHF می‌پردازد.

معماریان (۱۳۷۱)، شاخص جهت‌گیری خانه‌ها به عنوان یکی از اصول اولیه سخت و ساز در اقلیم گرم و خشک را جهت شمال شرقی جنوب غربی یا اصطلاحاً- رون راسته معرفی می‌کند که سبب پیدایش عملکردهای اقلیمی منقطی شامل فضاهای تابستانی و اتاق‌های زمستانی و کوچ در فضای داخلی خانه می‌گردد و خیرآبادی (۱۳۷۶) تکمیل می‌کند که قرارگیری این اتاق‌ها اینگونه است که فضاهای تابستان نشین رو به حیاط مرکزی و همواره پشت به حرارت شدید آفتاب و اتاق‌های زمستان نشین، برای بهره‌بردن حداکثری از تابش آفتاب، مخالف بخش تابستانی طراحی می‌شدند. کاک نیلسن (۱۳۸۹) حیاط مرکزی را به عنوان یکی از مولفه‌های کاهش مصرف انرژی در اقلیم گرم و خشک، فضایی باز و بدون سقف در پیرامون و یا مرکز ساختمان جهت افزایش آسایش حرارتی استفاده کنندگان تعریف می‌کند.

¹ . Laila Sokar

۲. روش تحقیق

این مطالعه در اقلیم گرم و خشک سرزمین ایران و مبتنی بر مطالعات پیشین متمرکز شده است و پارامترهای محیط ساخته شده و تکنیک‌های طراحی غیرفعال مورد استفاده برای دسته بندی و ارایه پیشنهاد به همراه جزییات معیارها در ادامه شرح داده شده است. معیارهای طراحی محیط ساخته شده و تکنیک‌های خنک‌سازی غیرفعال به عنوان معیارهای تعیین‌کننده برای یک پیشنهاد طبقه‌بندی برای استراتژی‌های طراحی غیرفعال در این منطقه جغرافیایی ارزیابی می‌گردد. در مرحله نخست استراتژی‌های خنک‌سازی مورد استفاده در ساختمان‌های سنتی در آب و هوای گرم و خشک شناسایی شدند. در مرحله دوم، استراتژی‌های خنک‌کننده براساس پارامترهای طراحی محیط ساخته‌شده گروه‌بندی شدند. در مرحله سوم و پایانی، تکنیک‌های خنک‌کننده غیرفعال به تفصیل مورد بحث قرار می‌گیرند. این گروه‌بندی ابتدا به صورت محافظت در برابر نور خورشید و گرما و اتلاف گرما انجام شد. سپس، محافظت گرما به سایه‌اندازی و اتلاف گرما به خنک‌کننده زمین، تهویه طبیعی، تبخیری و ... تقسیم شد.

۲-۱. اقلیم گرم و خشک

مناطق گرم و خشک ایران، که وسیع‌ترین اقلیم این کشور را تشکیل می‌دهند، در نواحی مرکزی و جنوبی واقع شده‌اند. این مناطق با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های معتدل و کم‌باران مشخص می‌شوند. به دلیل کمبود رطوبت، پوشش گیاهی این مناطق محدود است و بادهای گرم و خشک در آن می‌وزد. با توجه به شرایط اقلیمی گرم و خشک، در معماری این مناطق باید به مسائلی مانند استفاده از مصالح با جرم حرارتی بالا، ایجاد سایه و تهویه مناسب توجه شود تا خانه‌ها از گرمای شدید محافظت شوند.

۲-۲. تامین آسایش حرارتی

آسایش حرارتی را می‌توان به سادگی احساس رضایت از محیط تعریف کرد، سطوح فعالیت، پوشاک و میکرو اقلیم‌ها (درجه حرارت هوا، رطوبت هوا، باد) از عوامل اصلی تأثیرگذار در آسایش حرارتی هستند. تجربه، خلق و خو، عوامل محیطی و پیشینه فردی از عوامل مهم تأثیرگذار بر ادراک حراری هستند. رضایت حرارتی از طریق تعدادی تعاملات آگاهانه و ناخودآگاه بین سه حوزه: انسان، بدن و کلوزیک تجربه می‌شود، به عبارتی آسایش حرارتی شرایطی ذهنی است که احساس رضایت از شرایط حرارتی محیط را بیان می‌کند (شکل ۱).



شکل (۱): آسایش حرارتی، ادراک حرارتی و رضایت حرارتی؛ منبع: نگارنده.

در محاسبه آسایش یا عدم آسایش حرارتی انسان، شاخص‌های تئوری و تجربی زیادی دخیل هستند. آسایش حرارتی انسان نتیجه تعادل انرژی بین سطح بدن و محیط زیست است که بر فیزیولوژی، روانشناسی و رفتار انسان اثرگذار هستند. اصول اساسی آسایش حرارتی عمدتاً جهانی هستند، اما حساسیت حرارتی از فردی به فرد دیگر متفاوت است. بدن انسان موتورهای حرارتی که دائماً با محیط در حال تامل هستند (شکل ۲).



بدن انسان موتورهای حرارتی است که دائماً با محیط در حال تبادل هستند.

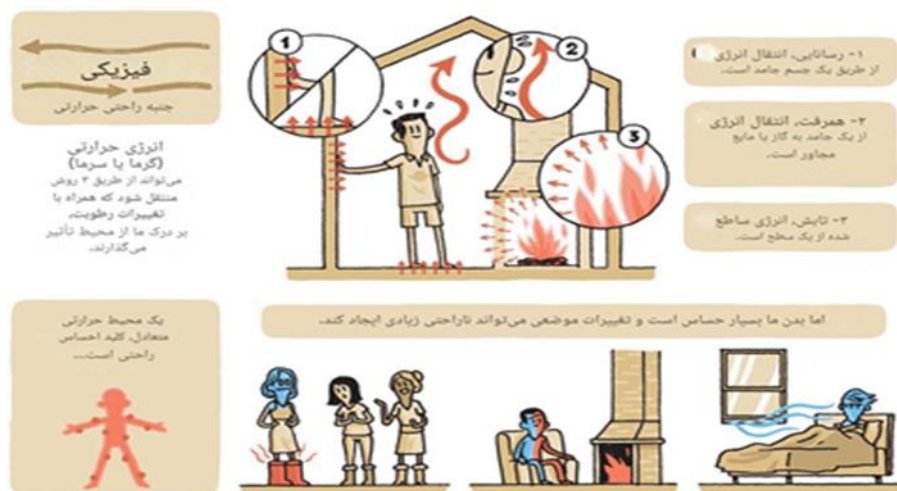


اصول اساسی آسایش حرارتی عمدتاً جهانی هستند، اما حساسیت حرارتی از فردی به فرد دیگر متفاوت است.



شکل (۲): حساسیت حرارتی، ادراک محیط حرارتی و موتورهای حرارتی؛ منبع: نگارنده.

در کل، آسایش حرارتی، مجموعه شرایطی است که از نظر جسمی و روانی مناسب انسان است و انسان برای رسیدن به این شرایط از امکانات طبیعی و مصنوعی در دسترس خود، بهره می‌گیرد. برای ایجاد آسایش جسمی و ذهنی، بایستی فضای زیستی از لحاظ، عملکردی، ابعاد و اندازه، گرمایش، سرمایش و نور و روشنایی متعادل باشد و معماری به عنوان ظرف زندگی، باعث رستگاری و آرامش انسان شده و نیازهای معنوی وی را نیز تأمین کند (شکل ۳). تأمین توانم نیازهای مادی و معنوی و ایجاد شرایط آسایش، نیازمند برآورده شدن همزمان عوامل فوق می باشد. تنشهای مطلوب یا نامطلوب حرارتی میتواند بر جسم و روان انسان تأثیر مثبت یا منفی داشته باشد.



شکل (۳): انرژی حرارتی؛ منبع: نگارنده.

تأمین آسایش حرارتی در ساختمان از مهمترین اهداف طراحی اقلیمی است. از میان سایر روش‌های ایجاد آسایش حرارتی، روش‌های ایستا و فوق ایستا با توجه به استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و عدم ایجاد آلودگی برای محیط زیست و نیز صرفه جویی اقتصادی، مناسبترین روش‌ها هستند. سامانه‌های حرارتی ایستا در دوره‌های مختلف معماری در قالب اجزا و راهکارهای مختلف کاربرد داشته‌اند. در بسیاری از ساختمان‌های سنتی ایران اقدامات بسیاری در جهت طراحی فوق ایستا و ایستا صورت گرفته است. تأمین شرایط مطلوب حرارتی در این ساختمان‌ها دلیلی بر این مدعاست. لذا شناخت روش‌های بکار رفته در معماری سنتی یک سرزمین می‌تواند در طراحی شرایط آسایشی مطلوب در ساختمان‌های معاصر بدون استفاده از انرژی‌های فسیلی، در جهت طراحی مطلوب راهگشا باشد.

۳-۲. طراحی معماری در اقلیم گرم و خشک برای آسایش حرارتی

اقلیم یکی از مهمترین عواملی است که بر مورفولوژی شهرهای سنتی اقلیم گرم و خشک ایران تأثیر گذاشته است. اقلیم گرم و خشک به خاطر خصوصیات خاص آب و هوایی خود، نیازمند رویکردها و راهبردهای معماری منحصر به فردی است.

جدول (۳): اصول طراحی اقلیمی - سیستم سرمایش غیر فعال در اقلیم گرم و خشک، منبع: نگارنده.

فرم و حجم بنا	عناصر فضایی معماری	طراحی اقلیمی	مقیاس و موقعیت و جهت سایت بنا نسبت به اطراف
شبکه و روزنه (۱) فرم (۲) پیش آمدگی (۳) نوع باز شو (۴) شیشه	(۱) ساختمان دارای زیر زمین (۲) فضای باز و یک طرف در زیر زمین (سایت با کدهای ارتفاعی متفاوت)	طراحی منظر میزان مصرف آب بهره گیری از قنات میزان پوشش گیاهی	
	موقعیت مکانی		
	فضاهای داخل زمین: (۱) سرداب (۲) گودال باغچه		
سقف (۱) سقف سفالی (۲) سقف تخت (۳) طاق و گنبد (۴) سقف بلند (۵) سقف دوجداره (۶) مهتابی	فضاهای خالی نیمه باز (۱) ایوان (۲) حیاط (۳) تخت پوش	طراحی شهری محله بافت متراکم (۱) ایجاد سایه (۲) کاهش سطح تماس با نور خورشید معابر سرپوشیده	
	فضای خالی بسته (۱) باغ		
	پیش آمدگی فضاهای باز (۱) بالکن (۲) گزمک		
جنس (۱) بازتابنده	پیش آمدگی فضای بسته (۱) فضای چینه بندی بالایی	کانسپت ساختمان	
	فضای اتصال حیاط به خیابان (۱) دالان (۲) راهرو (۳) هشتی		
	سیستم‌های سرمایش غیر فعال بادگیر		

طراحی اقلیمی در مناطق گرم و خشک ایران، هنری است که با درک درست از شرایط محیطی و با استفاده از اصول معماری بومی، می‌تواند آسایش حرارتی را در ساختمان‌ها ایجاد کرده و به بهینه‌سازی مصرف انرژی کمک کند. ویژگی‌های اقلیمی در این منطقه کمبود رطوبت و کم آبی، گرمای شدید در روز، سرمای شدید در شب، وزش بادهای گرم و خشک است. شاخص اصلی معماری در این اقلیم درونگرایی است. در اقلیم گرم و خشک که دارای طوفان‌های شدید و گرمای زیاد در تابستان و سرمای شدید در زمستان است، هماهنگی با محیط و طبیعت ضرورت دارد. در این مناطق به علت تابش شدید نور خورشید در تابستان و سرمای زیاد در زمستان جهت قرارگیری ساختمان در جنوب و جنوب شرقی باید باشد تا استفاده بیشتری از میزان انرژی را در فصل زمستان دریافت کند. همچنین استفاده از بادگیرها در اقلیم گرم و خشک نقش مهمی در مدیریت انرژی دارد. در واقع بادگیرها، کار مکش را انجام می‌دهند. بنابراین در اقلیم گرم و خشک، دو مؤلفه کم آبی و بالا بودن درجه حرارت مطرح است که مدیریت آنها نقش مهمی در دستیابی به امکان زیست در این مناطق دارد. در ادامه، به گروه بندی استراتژی‌های سیستم سرمایش غیرفعال بر اساس پارامترهای طراحی محیط ساخته‌شده پرداخته می‌شود. استراتژی‌های سرمایش غیرفعال مورد استفاده در معماری سنتی مناطق با آب و هوای گرم و خشک به چهار گروه اصلی طبقه‌بندی می‌شوند: پوسته ساختمان (فرم و حجم بنا)، عناصر فضایی معماری، طراحی اقلیمی و موقعیت و جهت سایت. سپس بسته به کاربردها به زیرگروه‌هایی تقسیم می‌شوند.

۲-۴. سامانه های سرمایشی ایستا

روش‌ها و ابزارهایی که به سرد کردن ساختمان به طور طبیعی و با استفاده از عوامل طبیعی مانند باد، خاک آب و خاصیت مصالح می‌پردازند و وابستگی به انرژی‌های فسیلی را برای سرمایش کاهش می‌دهند، سامانه های سرمایشی ایستا گفته می‌شود. بکارگیری سامانه‌های ایستا و راهبردهای غیرفعال خورشیدی کمک قابل توجهی به کاهش مصرف انرژی می‌کند. بخش اعظم انرژی مصرفی در بخش ساختمان، صرف گرمایش و سرمایش و تأمین آسایش حرارتی می‌شود. تغییر و تحولات در مصالح و اصول ساخت و ساز در دوران معاصر علاوه بر اینکه باعث بحران‌های مختلف زیست محیطی شده است، امکان ایجاد آسایش حرارتی در بناها را نیز به علت عدم سازگاری با محیط با مشکل روبه رو کرده است. بناهای جدید برای تأمین آسایش حرارتی نیازمند صرف انرژی زیادی هستند، بنابراین در سال‌های اخیر استفاده از سامانه‌های ایستا جهت ایجاد آسایش حرارتی اهمیت دوچندان یافته است. استفاده از سامانه‌های ایستا در معماری قدیمی بسیار داشته است. معماران سنتی برای ایجاد آسایش در خانه‌های سنتی، عناصر و الگوهای نظیر؛ بادگیر و شوادان و غیره ابداع و بکار گرفته‌اند که با مفاهیم سامانه‌های ایستای امروزی قرابت زیادی دارند.

۲-۴-۱. اصول سرمایش ایستا در عناصر معماری سنتی اقلیم گرم و خشک ایران

با توجه به اینکه قسمت وسیعی از کشور ایران در اقلیم گرم واقع شده، در معماری سنتی این سرزمین سرمایش فضا از اهمیت بیشتری برخوردار بوده است. معماران سنتی از راهکارها و عناصر معماری متعدد برای ایجاد آسایش به صورت ایستا بهره برده‌اند. نکته حائز اهمیت در انتخاب سیستم ایستای سرمایشی و عنصر معماری با توجه به مجموع شرایط اقلیمی و اولویت عوامل جهت ایجاد آسایش (سرمایش- تهویه- سایه اندازی و غیره) و متناسب با شرایط تغییراتی در آنها صورت گرفته است. در این اقلیم شهرها، دارای ساختار و بافتی فشرده و متراکم هستند و در آن خانه‌ها دارای دیوارهای به هم پیوسته اندو حد و مرز بین آن‌ها غیرقابل تشخیص است. شکل‌گیری بافت متراکم به منظور جلوگیری از نفوذ گرما و سرمای شدید تابستان و زمستان و بادهای ناموفق به داخل بافت مسکونی، در این اقلیم می‌باشد که در جهت کاهش سطح تماس با تابش تند آفتاب تابستان و به ویژه ایجاد سایه شکل گرفته است. در ادامه مهمترین این عناصر و سامانه سرمایشی ایستای مورد استفاده در هریک، از منظر اصول عملکردی مطرح شده است.

بادگیر

دریافت هوای خنک عبوری از روی بام با استفاده از بادگیرها و منطبق با تغییر جهت بادهای محلی در معماری سنتی انجام می‌شده است. در صورتی که هوای گرم در اثر اختلاف فشار از وجه پشت، به داخل کشیده شود، بادگیر به صورت دودکش عمل کرده است. در سرعت‌های کم باد، تهویه ساختمان، تنها به واسطه اثر دودکشی ادامه می‌یابد. در این حالت می‌توان بادگیر را به عنوان نوعی دودکش خورشیدی در نظر گرفت. مطالعات نشان می‌دهد بادگیرها در تمام خانه‌های مناطق گرم و خشک وجود نداشتند، اگرچه در این مناطق بسیار رایج بودند.

بادگیرها معمولاً در خانه‌هایی ساخته می‌شدند که امکان استفاده از این سیستم تهویه طبیعی را فراهم می‌کردند. عوامل مختلفی مانند وضعیت اقتصادی خانواده، نوع معماری خانه، و دسترسی به باد در تعیین وجود یا عدم وجود بادگیر در یک خانه خاص

مؤثر بودند. در مناطق گرم و خشک، بادگیرها به عنوان یک روش سنتی برای خنک کردن خانه‌ها استفاده می‌شدند. آنها با هدایت باد به داخل خانه و ایجاد جریان هوا، به کاهش دمای داخل کمک می‌کردند. با این حال، ساخت بادگیر هزینه‌بر بود و تنها خانه‌هایی که توانایی مالی برای ساخت آن را داشتند، از این سیستم استفاده می‌کردند. همچنین، در مناطقی که باد به اندازه کافی نمی‌وزید یا ساخت بادگیر به دلیل محدودیت‌های معماری امکان‌پذیر نبود، از سایر روش‌های خنک‌سازی استفاده می‌شد. بنابراین، در حالی که بادگیرها در مناطق گرم و خشک بسیار محبوب بودند، وجود آنها در تمام خانه‌ها الزامی نبود و عوامل مختلفی در ساخت یا عدم ساخت آنها نقش داشتند.

حیاط

در محیط‌های شهری گرم و خشک، حیاط‌ها به کاهش گرمای شدید و تأثیر بر ریزاقلیم شهری کمک می‌کنند. حیاط‌ها عایق حرارتی هستند زیرا منطقه حائل بین فضا و محیط خارجی می‌باشند. این عناصر معماری نه تنها نور و فضاهای خصوصی در فضای باز را فراهم می‌کنند، بلکه از طریق بهبود جریان هوا و تبخیر و تعرق، به کاهش اثر جزیره گرمایی شهری (UHI) نیز کمک می‌کنند. حیاط‌ها، که فضاهای باز مرکزی محصور شده توسط ساختمان‌ها هستند، در ایجاد فرصت‌هایی برای تهویه طبیعی ناشی از باد و نیروهای ناشی از شناوری بسیار مهم هستند، همچنین حیاط‌های داخلی، اثربخشی تهویه طبیعی را افزایش می‌دهند که می‌تواند گرمای بیش از حد را در داخل ساختمان کاهش دهد. بنابراین به عنوان یک تنظیم‌کننده ریزاقلیم عمل می‌کنند. نقش حیاط‌ها در تعدیل ریزاقلیم و مناطق داخلی مجاور آنها با ادغام استراتژی‌های سامانه‌های ایستا برای افزایش خنک‌سازی بسیار حائز اهمیت است. حیاط یک استراتژی خنک‌کننده غیرفعال و یکی از رایج‌ترین ویژگی‌های معماری در طراحی ساختمان‌های سنتی است. نیروهای ناشی از باد و اختلاف دما بین حیاط و فضاهای داخلی، جریان‌های تهویه طبیعی را هدایت می‌کنند. فضای حیاط صرفاً جهت اشغال زمین یا تقسیم بندی فضاها بوجود نیامده است، بلکه عرصه‌ای برای شکل‌گیری کیفیت‌های فضایی وابسته به طبیعت می‌باشد تا هم پویایی و سرزندگی و حیات را در معماری خانه‌های ایرانی جاری نماید و هم فرهنگ مردمان را تحت تأثیر قرار دهد تا در زندگی و معماری خود اصول و مبانی همگام شدن با طبیعت را از یاد نبرند. از این روست که کیفیت مکان، فضا و زیستن در خانه‌های سنتی ایرانی دوام می‌یابد و پایداری شکل می‌گیرد.

گودال باغچه

گودال باغچه فضایی در میانه حیاط مرکزی است که داخل زمین فرو رفته است. به عبارتی گودال باغچه حیاطی عمیق در میان توده ساختمان است که علاوه بر تامین نور و تهویه، امکان تماس جداره‌های فضاهای اطراف را با توده زمین میسر می‌نماید. احداث گودال باغچه در سطح پایین‌تر از حیاط در ترکیب با درختان و حوض، اقلیمی با دمای کمتر و شرایط حرارتی متعادل‌تر ایجاد می‌کند. گودال باغچه فضایی است که در اطراف آن اتاق‌های زیرزمین جای گرفته و این چنین ترکیبی، فضاهای خنک را در اتاق‌های زیرزمین به وجود می‌آورد و موجب می‌شود تا از جریان هوا به شیوه صحیح استفاده شود. در این حالت دیگر نیازی به دستگاه‌های خنک‌کننده مصنوعی نیست و در نتیجه مصرف انرژی کاهش می‌یابد؛ بدین صورت که خانه‌ها با گودال باغچه‌های گود و دیوارهای بلندی که دارند، همانند چاه‌های خنک بودند، همچنین ساخت خانه‌ها در گودی، پناهگاه مناسبی در برابر بادهای تند کویری بوده است. گودال باغچه یک راهکار هوشمندانه برای مقابله با شرایط اقلیمی گرم و خشک بوده و با بهره‌گیری از آب، خاک و معماری سنتی، محیطی مطبوع و دلنشین را در خانه ایجاد می‌کرده است.

حوضخانه

حوضخانه فضایی تابستان نشین است و معمولاً شکل هشت گوش دارد. در میان این فضا، حوض کوچکی ساخته شده است که معمولاً شکلی هشت ضلعی دارد و دلیل نامگذاری آن نیز به علت وجود این حوض در میان این فضا است و وجود آب خنک در این فضا، باعث مرطوب شدن و کاهش دمای هوای آن در روزهای گرم تابستان می‌شود. حوضخانه فضایی سرپوشیده است و از سقف نور می‌گیرد و در برخی از حوضخانه‌ها با ساخت بادگیر بلند و مرتفع هوای خنک وارد فضای داخلی حوضخانه می‌شود. سیستم عملکردی حوضخانه به این صورت بوده است که پاشش آب توسط فواره باعث خنک شدن محیط می‌شده است. حوضخانه‌ها در مناطق گرم و خشک با در نظر گرفتن عوامل محیطی و با استفاده از مصالح مناسب و طراحی دقیق، نقش مهمی در ایجاد آسایش و خنکای محیط زندگی ایفا می‌کردند.

شودان

شودان فضایی زیرزمینی است که در عمقی پایین‌تر از زیرزمین‌های معمول (بیش از ۷ متر) احداث شده است. احداث شودان به دلیل خصوصیات ویژه بستر خاک تنها در برخی مناطق میسر بوده است. در این فضا، از سرمایش به وسیله اثر جرم زمین، تهویه

عبوری و تهویه دودکشی استفاده شده است. دریافت هوای تازه و ایجاد تهویه عبوری با استفاده از کانالهای افقی متصل به فضای خارج صورت گرفته است. در سرمایش فضای شبستان یا زیرزمین نیز از کاهش دما توسط اثر جرم زمین استفاده می شود هرچند این فضا نسبت به شوادان در عمق کمتر زمین قرار دارد. در این اقلیم کانالهای افقی بین شوادانها (زیرزمینهای خنک) با هدف ایجاد یک سیستم تهویه طبیعی و خنک کننده طراحی می شوند. این کانالها با استفاده از حرارت زمین، رطوبت و جریان هوا، دمای شوادانها را در فصول گرم سال کاهش می دهند. طراحی کانالهای افقی باید با توجه به شرایط اقلیمی و توپوگرافی منطقه انجام شود استفاده از مصالح مناسب و اجرای صحیح کانالها، از عوامل کلیدی در کارایی سیستم است.

ایوان

ایوان با محافظت از دیوارها و دهانه های ساختمان در برابر تابش خورشید، سایه ایجاد می کند. به عنوان حائلی بین فضاهای بسته نشیمن و حیاط نیمه باز عمل می کند و از فضاها در برابر گرما محافظت می کند (تزمیلیکوس و همکاران، ۲۰۰۷: ۳۶۹). تأمین سرمایش تهویه شده عمدتاً به جریان هوای کارآمد از نظر شناوری وابسته است. هوا از حیاط گرم به ایوان خنک کننده جریان می یابد. این جریان هوا برای تأمین سرمایش به فضاهای داخلی منتقل می شود (کمال، ۲۰۱۲: ۸۶). این ایوان سرمایش تبخیری را در ترکیب با یک عنصر آب مانند حوض فراهم می کند. عملکرد سرمایش تهویه شده معمولاً بر اساس اختلاف دما است. هوای گرم از حیاط گرم بالا می رود. هوای خنک به دلیل شناوری (اختلاف دما) به جای هوای گرم از حیاط خنک کشیده می شود. به این ترتیب، حیاط و در نتیجه فضاهای اطراف آن با تهویه خنک می شوند. ایوان به عنوان عنصری کلیدی در معماری سنتی مناطق گرم و خشک ایران، نقش مهمی در ایجاد آسایش و هماهنگی با محیط ایفا می کند. به دلیل ویژگی های اقلیمی این مناطق، نقش بسزایی در ایجاد شرایط آسایش دارد. ایوانها با ایجاد سایه، تهویه طبیعی و جلوگیری از ورود گرد و غبار، به کاهش دمای محیط و افزایش کیفیت هوا در داخل بنا کمک می کنند.

جدول (۴): ویژگی های کلی ایوان در اقلیم گرم و خشک ایران، منبع: نگارنده.

ویژگی های کلی ایوان در اقلیم گرم و خشک ایران	در این منطقه به دلیل شرایط خاص اقلیمی، فضاهای نیمه باز رایج است و در نیمی از ایام سال استفاده می شود، زیرا این فضاها امکان برقراری جریان هوا را همزمان با محافظت از تابش آفتاب فراهم می نمایند.	
	فضای نیمه باز در این اقلیم به دو صورت ساخته می شوند:	
	(۱) فضای نیمه باز مستقل، تحت عناوینی مانند تالار، ایوان، غرفه... (۲) فضای نیمه باز پیش فضا، که فضاهای باز را به فضاهای بسته متصل می سازند	
	فضای نیمه باز مستقل	فضاهای نیمه باز مستقل معمولاً دارای ابعاد و تناسباتی مانند فضاهای بسته هستند و برای مقاصد مشابه مورد استفاده قرار می گیرند،
عملکرد ایوان	فضای نیمه باز پیش فضا	پیش فضاهای نیمه باز، افزون بر نقش واسطه ای خود، نقش سایبان افقی را نیز برای پنجره ها و دیوارهای پشت خود ایفا می کنند. بدین لحاظ این فضاها شکل و ابعاد مشخصی ندارند.
	صرف شام یا صبحانه استفاده از چشم انداز از باغ و حیاط و آسمان در تابستان و بهار اتاقی برای نشستن و استراحت خواب شبانه پذیرایی از مهمان کار خانه	
اقلیم	از لحاظ اقلیمی ارزش های زیادی دارد.	

خیشخان

برج های خنک کننده تبخیری بدون استفاده از فن و یا باد، هوای خنک را به داخل ساختمان وارد می کنند. برج های خنک کننده، هوای خنک و مرطوب را از دریچه های که در بالا قرار گرفته و دهانه آن با لایه مرطوبی پوشیده شده است، وارد بنا می سازند. قطرات آب با استفاده از پمپ های آبی الکتریکی کوچک، بر روی لایه واقع در دهانه برج می ریزد. اساس کار برج ها استفاده از سرمایش تبخیری و سرمایش از طریق تهویه است. در میان سامانه های سرمایشی ایستا، عملکرد خیشخان در اقلیم های گرم و خشک برای ورود هوای خنک و مرطوب به داخل مشابه با عملکرد برج خنک کننده تبخیری است.

شناسیل، که در معماری بومی مناطق گرم و خشک ایران به عنوان یک فضای نیمه باز و سایه‌دار شناخته می‌شود، ویژگی‌های خاصی دارد که به سازگاری با این اقلیم کمک می‌کند. این فضا معمولاً در جبهه جنوبی ساختمان قرار می‌گیرد و به عنوان یک واسطه بین فضای داخلی و خارجی عمل می‌کند. در اقلیم گرم و خشک، شناسیل با ایجاد سایه، کاهش تابش مستقیم آفتاب و تسهیل جریان هوا، به خنک شدن فضای داخلی و ایجاد آسایش حرارتی کمک می‌کند. شناسیل به عنوان یک عنصر کلیدی در معماری بومی مناطق گرم و خشک، نقش مهمی در ایجاد آسایش حرارتی و سازگاری با اقلیم دارد.

۳- بحث و یافته‌ها

در معماری سنتی، راهکارهایی برای تأمین سرمایش و آسایش حرارتی از طریق سایه‌اندازی، عایق حرارتی و تهویه طبیعی ارائه شده است. راهکارها و استراتژی طراحی سامانه‌های ایستا در این مناطق مورد توجه قرار گرفته‌اند. استراتژی سرمایش با تهویه طبیعی بیشترین استفاده را در معماری سنتی داشته است. مطالعات کنستانتینو و آلفاندرو (۲۰۱۸)^۱، ساموئل و همکاران^۲، این نتایج را تأیید می‌کنند. بر این اساس، می‌توان گفت که معماری سنتی در اقلیم‌های گرم و خشک بر تهویه طبیعی، سرمایش و سایه‌اندازی تمرکز دارد. استفاده از عنصر سایه‌اندازی در محدوده حفاظت حرارتی از مهمترین استراتژی‌های خنک‌سازی این مناطق است. عنصر سایه‌بان یکی از ارزان‌ترین و آسان‌ترین استراتژی‌های طراحی غیرفعال برای خنک‌سازی هستند (ترمپلیکوس و همکاران، ۲۰۰۷: ۳۶۹). علاوه بر این، استفاده صحیح از عناصر سایه‌بان می‌تواند میزان مصرف انرژی را تا ۱۰ تا ۴۰ درصد کاهش دهد. همچنین در آب و هوای گرم و خشک، استفاده صحیح از خنک‌سازی تبخیری می‌تواند دمای داخل ساختمان را تا ۱۰ درجه سانتیگراد کاهش دهد (کمال، ۲۰۱۲: ۹۲). این امر اهمیت ادغام خنک‌سازی با عنصر آب و تهویه طبیعی را تأیید می‌کند. این نشان می‌دهد که استراتژی‌های معماری سنتی برای سایه‌اندازی، عایق‌بندی، تهویه طبیعی و سرمایش مکمل همدیگر هستند (لچنر، ۲۰۱۵: ۱۴۵). نتایج این مطالعه باید در طراحی‌های مدرن مورد استفاده قرار گیرند. بدون توجه به این روابط، نتایج نادرستی در طراحی‌ها حاصل می‌شود. یافته‌ها نشان از آن دارد که استراتژی‌های طراحی غیرفعال در معماری سنتی مناطق گرم و خشک ایران برای طراحی ساختمان‌های پایدار قابلیت دارند. علاوه بر استفاده منحصر به فرد از استراتژی‌های طراحی غیرفعال در معماری سنتی، توجه به این نکته ضروری است که می‌توان با ادغام استراتژی‌ها در بین خود، عملکردهای سرمایشی را افزایش داد. این امر برای سازگاری‌های مدرن مهم است.

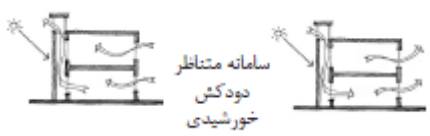
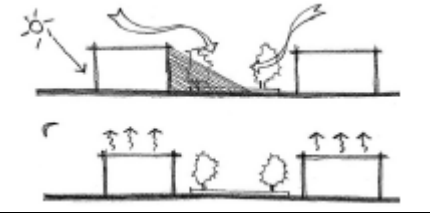
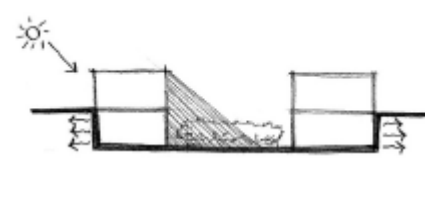
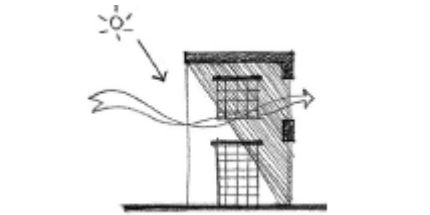
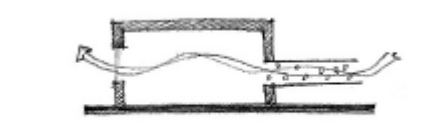
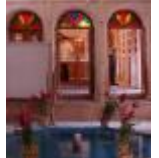
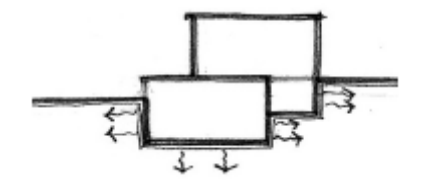
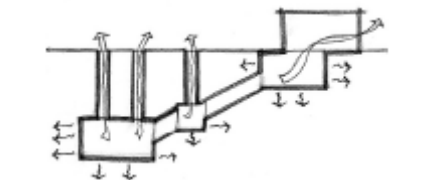
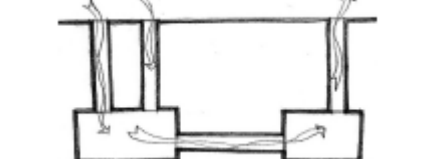
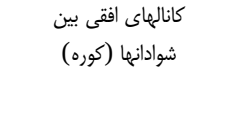
۴- نتیجه‌گیری

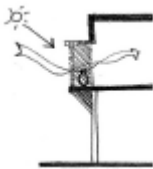
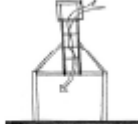
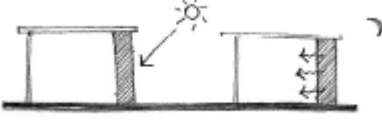
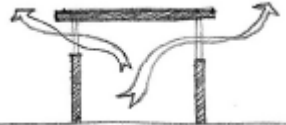
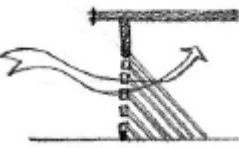
مطالعه حاضر، استراتژی‌های طراحی الگوهای ایستا در معماری سنتی با اقلیم گرم و خشک را از نظر عناصر معماری و روابط بین آنها مورد ارزیابی قرار داد. در این زمینه برای ساده‌سازی و بهره‌گیری شفاف‌تر یک پیشنهاد طبقه‌بندی نیز ارائه شده است. هدف اصلی، ساده‌سازی ویژگی‌های کاربردی استراتژی‌های سرمایش غیرفعال مورد استفاده در معماری سنتی با اقلیم گرم و خشک و تسهیل الهام‌بخشی برای تفسیر نسخه‌های مدرن آنها است. ترکیب و ساده‌سازی این استراتژی‌ها به درک کاربرد و اولویت‌های آنها در معماری معاصر کمک خواهد کرد. حفاظت بنا از گرما در اولویت طراحی این معماری اقلیمی قرار دارد و اتلاف گرما به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این معماری، تهویه طبیعی، سرمایش، سایه‌بان و عایق‌بندی حرارتی برای آسایش حرارتی اهمیت پیدا می‌کنند. استراتژی‌های مورد استفاده برای این اهداف به هم مرتبط هستند. در این مطالعه، ترکیب استراتژی‌های طراحی غیرفعال سنتی، راهنمایی برای بهره‌گیری و سازگاری بناها در معماری مدرن است.

جدول (۵): استراتژی‌های طراحی غیرفعال سنتی، منبع: نگارنده.

ردیف	اقلیم	اختلاف دما و فشار هوا	جهت وزش باد	مصالح ساختمانی	ارتفاع و عمق	جهت گیری عنصر سرمایشی	معماری و طراحی	دسترسی به آب (قنات)	تهویه طبیعی	سایه بان	جنس خاک	ارتباط با طبیعت	نیازهای ساکنین
بادگیر	✓	✓	✓					✓	✓				
حیات مرکزی	✓			✓			✓	✓		✓		✓	✓
گودال باغچه	✓			✓	✓		✓	✓				✓	
ایوان		✓	✓		✓	✓	✓			✓		✓	✓
حوضخانه	✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓			
شبستان	✓			✓		✓	✓		✓			✓	
شودان				✓	✓	✓		✓	✓		✓		
کانالهای افقی بین شودانها (کوره)	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓				
شناسیل	✓				✓	✓	✓		✓	✓		✓	
خیشخان	✓			✓		✓		✓	✓	✓		✓	
مصالح با ظرفیت حرارتی زیاد				✓		✓			✓			✓	
پنجره های زیر سقفی				✓	✓		✓		✓	✓			
بدنه های آب مجاور ساختمان	✓		✓				✓	✓		✓			
اجزای ساختمانی دو پوسته							✓			✓		✓	

جدول (۶): اصول سرمایش ایستا:

توضیحات	اصول طراحی سرمایش ایستا	عنصر معماری
 سامانه متناظر دودکش خورشیدی	سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری و تهویه دودکشی)	بادگیر 
	سرمایش تبخیری (مستقیم) سرمایش تابشی سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری و تهویه دودکشی) سرمایش از طریق تهویه شبانه -تابش شبانه سرمایش تبخیری (مستقیم و غیر مستقیم) در ترکیب با بدنه های آب مجاور سایه اندازی -تله سرمایی	حیاط مرکزی 
	سرمایش تبخیری (مستقیم) سرمایش تابشی سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری و تهویه دودکشی) سرمایش از طریق تهویه شبانه -تابش شبانه سرمایش تبخیری (مستقیم و غیر مستقیم) در ترکیب با بدنه های آب مجاور سایه اندازی -تله سرمایی سرمایش با اثر جرم (تماس مستقیم)	گودال باغچه 
	سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری و تهویه دودکشی) سرمایش تبخیری (مستقیم و غیر مستقیم) در ترکیب با بدنه های آب مجاور -سایه اندازی	ایوان 
 کولرهای تبخیری (سیستم حلقه باز)	سرمایش از طریق تهویه (تهویه دودکشی) سرمایش تبخیری (مستقیم و غیر مستقیم)	حوضخانه 
	سرمایش با اثر جرم (تماس مستقیم) سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری و تهویه دودکشی) ذخیره سازی فصلی حرارت	شبستان 
	سرمایش با اثر جرم (تماس مستقیم) سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری و تهویه دودکشی) ذخیره سازی فصلی حرارت	شودادان 
	سرمایش با اثر جرم (تماس غیر مستقیم) سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری) سرمایش تبخیری (غیر مستقیم)	کانالهای افقی بین شودادانها (کوره) 

		
	سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری) سرمایش تبخیری (مستقیم - سایه اندازی	شناسیل 
 برج خنک کننده تبخیری	سرمایش تبخیری (مستقیم) سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری)	خیشخان 
 دیوار ترومپ	سرمایش با تهویه شبانه تاخیر در زمان حرارت کاربرد در گرمایش به صورت جذب مستقیم و دیوار ذخیره ساز حرارتی	مصالح با ظرفیت حرارتی زیاد 
	سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری و تهویه دودکشی)	پنجره های زیر سقفی 
	سرمایش تبخیری (مستقیم و غیرمستقیم)	بدنه های آب مجاور ساختمان 
 دیوارهای دو پوسته مدرن	سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری) سایه اندازی کاربرد در سرمایش و گرمایش	اجزای ساختمانی دو پوسته
 سامانه متناظر سایبانهای قلابی شکل سایبان های عمودی و افقی	سایه اندازی	گره بندی چوبی و گچی پنجره 
	سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری) سرمایش تبخیری (مستقیم و غیرمستقیم) در ترکیب با بدنه های آب مجاور - سایه اندازی	پنجره مشبک آجری یا کاشی (فخرمدین) 

پیشنهادهای

توصیه‌های زیر را می‌توان برای طراحی ساختمان پایدار در این زمینه ارائه داد.

- (۱) موقعیت مکانی و شکل ساختمان
- (۲) حفاظت بنا از گرما در اولویت است. سیستم‌های اتلاف گرما نیز باید در نظر گرفته شوند.
- (۳) باید به نحوه تأثیر استراتژی‌ها بر سایر ویژگی‌های حفاظت و اتلاف گرما توجه شود. ارتباط بین عایق‌بندی، سایه‌اندازی، تهویه طبیعی و سرمایه‌ش در این زمینه بسیار مهم است.
- (۴) علاوه بر استفاده منحصر به فرد از استراتژی‌های طراحی غیرفعال در معماری سنتی، توجه به این نکته ضروری است که می‌توان با ادغام استراتژی‌ها باهمدیگر بر حسب شرایط و مقیاس بنا، عملکردهای سرمایه‌ش را افزایش داد. این امر برای سازگاری با طراحی معماری مدرن مهم است.

منابع

- [1] . A. Aflaki, N. Mahyuddin, Z. Al-Cheikh Mahmoud, M.R. Baharum, A review on natural ventilation applications through building façade components and ventilation openings in tropical climates, *Energy Build.* 101 (2015) 153–162, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.04.033>.
- [2]. A. Tzempelikos, A.K. Athienitis, The impact of shading design and control on building cooling and lighting demand, *Sol. Energy* 81 (3) (2007) 369–382, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.06.015>.
- [3] . E. Diz-Mellado, A. Ruiz-Pardo, C. Rivera-Gómez, F.J. Sanchez De La Flor, C. Gal'an-Marín, Unravelling the impact of courtyard geometry on cooling energy consumption in buildings, *Build. Environ.* 237 (2023) 110349, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110349>.
- [4] .F. Soflaei, M. Shokouhian, S.M. Mofidi Shemirani, Investigation of Iranian traditional courtyard as passive cooling strategy (a field study on BS climate), *Int. J. Sustain. Built Environ.* 5 (1) (2016) 99–113, <https://doi.org/10.1016/j.ijse.2015.12.001>
- [5] . H. Sun, C. Jimenez-Bescos, M. Mohammadi, F. Zhong, J.K. Calautit, Numerical investigation of the influence of vegetation on the aero-thermal performance of buildings with courtyards in hot climates, *Energies* 14 (2021) 5388, <https://doi.org/10.3390/en14175388>.
- [6] . H. Sun, J.K. Calautit, C. Jimenez-Bescos, Examining the regulating impact of thermal mass on overheating, and the role of night ventilation, within different climates and future scenarios across China, *Clean. Eng. Tech.* 9 (2022) 100534, <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100534>.
- [7] . Lechner, N. (2015). *Heating, Cooling and Lighting-Sustainable Design Methods for Architects* (E. Maz, Ed.; 4th ed., Vol.
- [8] . M.A. Kamal, The morphology of traditional architecture of Jeddah: Climatic design and environmental sustainability, *Glob. Built Environ. Rev.* 9 (1) (2014) 4–26.
- [9] . M.A. Kamal, An Overview of Passive Cooling Techniques in Buildings: Design Concepts and Architectural Interventions, *Civ. Eng. Archit.* 55 (1) (2012) 84–97.
- [10] . M. Hamdy, S. Carlucci, P.-J. Hoes, J.L.M. Hensen, The impact of climate change on the overheating risk in dwellings—a Dutch case study, *Build. Environ.* 122 (2017) 307–323, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.06.031>.
- [11] . M. Santamouris, D. Asimakopoulos, *Passiv. Cool. Build.* Vol. 1 (1996).
- [12] . N. Azimi Fereidani, E. Rodrigues, A.R. Gaspar, A review of the energy implications of passive building design and active measures under climate change in the Middle East, *J. Clean. Prod.* 305 (2021), <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127152>
- [13] . N.B. Geetha, R. Velraj, Passive cooling methods for energy efficient buildings with and without thermal energy storage - A review, *Energy Educ. Sci. Technol. Part A: Energy Sci. Res. Vol.* 29 (Issue 2) (2012) 913–946.
- [14] . N. Sun, Y. Cui, Y. Jiang, S. Li, Lighting and ventilation-based building sun-shading design and simulation case in cold regions, *Energy Procedia* 152 (2018) 462–469, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.09.254>.

- [15] . S. Moghimi, F. Azizpour, S. Mat, C.H. Lim, E. Salleh, K. Sopian, Building energy index and end-use energy analysis in large-scale hospitals—case study in Malaysia, *Energy Efficiency* 7 (2014) 243–256, <https://doi.org/10.1007/s12053-013-9221->
- [16] . X. Cao, X. Dai, J. Liu, Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade, *Energy Build.* 128 (2016) 198–213, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.089>.
- [17] . Y.H. Yau, S. Hasbi, A review of climate change impacts on commercial buildings and their technical services in the tropics, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 18 (2013) 430–441, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.035>.