

## میکروکلیمای شهری ، طراحی مدل ها و معماری طراحی شهری بر اساس مدل سازگار با اقلیم

زینب عسکری<sup>۱</sup>، مهدی مدیری<sup>۲</sup>

۱: دانشجوی کارشناسی ارشد ، دانشگاه صنعتی مالک اشتر ، تهران

۲: عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر ، تهران

### چکیده :

انسان همواره در طول تاریخ به منظور ایجاد سرپناهی امن برای سکونت سعی در شکل دهی محل زندگی و پیرامون خود با توجه به محدودیت های اقلیمی محل در تناسب و سازگاری با طبیعت دارد تا بتواند شرایط مناسبی برای ادامه حیات خویش ایجاد کند. در اهمیت ارتباط معماری با شرایط محیط طبیعی شکی نیست و این ارتباط به شدت به شرایط اقلیمی وابسته است. همیشه در احداث بنا توجه به شرایط محیطی مدنظر معماران بوده است. طراحی اقلیمی به معنی خلق معماری سازگار با اقلیم است. یکی از راهکارهای مهم برای کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها ، توجه به معماری همساز با اقلیم است. طراحی همساز با اقلیم عبارت است از نگهداری وضعیت میکرو کلیمای مسکن در محدوده آسایش، صرف نظر از وضعیت خارج از ساختمان . در این تحقیق از طریق مطالعات کتابخانه ای و بررسی اسنادی بررسی می کنیم که آیا می شود که با به کارگیری میکروکلیمای در یک شهر آسایش بهتری را فراهم کرد که فاقد آلودگی هوا باشد و در مصرف انرژی صرفه جویی شود ؟ ایران به طور کلی دارای چهار منطقه اقلیمی است که هر کدام از آنها میکروکلیمای مخصوص به خود را دارند و در طراحی باید به آنها توجه کرد و در این مقاله راجع عوامل مؤثر در میکروکلیمای شهری و ویژگی ها و راهبردهای معماری همساز با اقلیم های ایران صحبت شده است . برای ارزیابی شرایط آسایش انسان از محیط نیازمند پارامترهای هواشناسی و شاخص های زیست اقلیمی هستیم که در این پژوهش به توضیح مختصری از آنها پرداخته شده است.

کلیدواژگان : میکروکلیمای شهری ، شهرسازی همساز با اقلیم ، جزیره گرمایی شهری ، آسایش حرارتی

## ۱- مقدمه و بیان مسئله

بر اساس پیش‌بینی‌های سازمان ملل، انتظار می‌رود جمعیت شهری جهان تا سال ۲۰۵۰ به میزان ۸۰ درصد افزایش یابد و از ۸ میلیارد در سال ۲۰۲۴ به ۹/۷ میلیارد در سال ۲۰۵۰ برسد. در نظر گرفتن شرایط آب‌وهوایی هنگام طراحی شهرها می‌تواند به مزایای بهداشتی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی منجر شود؛ بنابراین، با ادغام اهداف اجتماعی و زیست‌محیطی، می‌توان کیفیت زندگی شهروندان را بهبود بخشید و مناطق مسکونی منسوخ را احیا کرد. (ایریناتومینی، استر هیگراس گارسیا و سرجیوبائرسویل رادا، ۲۰۱۶)

اگر عوامل مؤثر بر ریز اقلیم شهری درک شوند و شکل شهر به گونه‌ای متناسب با موقعیت مکانی آن باشد، کیفیت زندگی میلیون‌ها نفر از مردم ساکن در شهرها را می‌توان بهبود بخشید. زیر بنای این رویکرد این ایده است که طراحی شهری از نظر اقلیمی برای هر مفهوم پایداری حیاتی است؛ ساختمان‌ها را قادر می‌سازد تا بهتر از انرژی طبیعی استفاده کنند، پتانسیل راحتی عابران پیاده و فعالیت در فضاهای بیرونی و مطلوبیت شهر را افزایش می‌دهد و ساکنان وابستگی خود را به ساختمان‌های دارای تهویه مطبوع و وسایل نقلیه شخصی تعدیل کنند.

## ۱-۱ مقدمه

**اقلیم** عبارت است از شرایط جوی که توسط کیفیت و تکامل وضع هوای منطقه معین مشخص می‌شود. اقلیم به عنوان یک پدیده طبیعی همواره مورد توجه شهرسازان و معماران بوده است. هدف از اقلیم‌شناسی عبارت است از کشف و تعیین رفتار طبیعی اتمسفر و بهره‌برداری از آن جهت منافع انسان، تقریباً تمام فعالیت‌های بشری برای تداوم چرخه زندگی به طور کامل مستقیم یا غیرمستقیم تحت تأثیر هوا و اقلیمی باشد.

**طراحی اقلیمی** که به نام زیست‌اقلیمی ساختمان نیز نامیده می‌شود شامل یک سری اصول علمی و کاربردی است که در نظر گرفتن این اصول در طراحی ابنیه توسط طراحان و معماران می‌تواند منجر به طراحی فضاهای بهینه از نظر آسایش انسان و صرفه‌جویی در مصرف انرژی شود. طراحی اقلیمی روشی است برای کاهش همه‌جانبه انرژی یک ساختمان، طراحی ساختمان اولین خط دفاعی در مقابل عوامل اقلیمی خارجی بنا است. آب‌وهوا یکی از عوامل مهم و اثرگذار بر زندگی است و عبارت است از هوای غالب یک منطقه در درازمدت. طراحی اقلیمی موجب می‌گردد که ساختمان‌ها دارای شرایط آسایش بهتری باشند و بجای این که به سیستم‌های گرمایش و سرمایش فشار زیادی تحمیل شود، خود ساختمان بدون سروصدا بدون پنکه و کولر یا سایر دستگاه‌ها و بدون این که حداکثر فشار به دستگاه‌های مولد مرکزی وارد شود، شرایط آسایش را فراهم می‌کند. ساختمان‌های ساخته شده بر اساس اقلیم نه تنها در مقابل عوامل نامساعد جوی عملکرد خوبی دارند، بلکه یک محیط انسانی سالم و زیبا نیز فراهم می‌کنند.

عواملی چون حرارت، رطوبت، باد و... در نوع و سبک معماری بناهای شهر مؤثر می‌باشد. اهداف عمده طراحی اقلیمی عبارت است از ۱- کاهش اتلاف انرژی در ساختمان ۲- کاهش تأثیر باد در اتلاف حرارت ساختمان ۳- بهره‌گیری از انرژی خورشیدی در گرمایش ساختمان ۴- محافظت ساختمان در برابر هوای گرم خارج ۵- محافظت ساختمان در برابر تابش آفتاب ۶- بهره‌گیری از

نوسان روزانه دمای هوا ۷- بهره‌گیری از شرایط مناسب هوای خارج ۸- ایجاد کوران در فضای داخلی ۹- بهره‌گیری از رطوبت مطلوب هوا ۱۰- محافظت از ساختمان در برابر بارندگی ۱۱- کاهش تأثیر بادهای غبارآلود بر ساختمان ۱۲- جلوگیری از آلودگی صوتی. حانیه سادات میرزایی زاده، هادی محمودی نژاد، (۱۳۹۴)

ویژگی‌های اقلیمی هر محل به عوامل متعددی بستگی دارد که موجب تفاوت اقلیم در چهار سطح اقلیم کلان، میانه، محلی و خرد می‌شود، در سطح اقلیم کلان که منطقه وسیعی را در بر می‌گیرد، تفاوت‌های آب‌وهوایی بسیار بارز است و مناطق اقلیمی مختلفی چون گرم و خشک، معتدل و مرطوب، گرم و مرطوب، سرد و ... را در بر می‌گیرد. در این سطح پهنه‌های اقلیمی واقع در یک قاره یا یک کشور مشخص می‌شود. مناطق واقع در یک اقلیم کلان، اگرچه از نظر کلیات اقلیمی مشابه‌اند، اما از نظر شدت سرما یا میزان رطوبت، بارندگی و یخبندان مشابه نیستند و خود به گروه‌های کوچک‌تری تقسیم‌پذیرند که اقلیم میانه نامیده می‌شود. معمولاً هر اقلیم کلان به دو یا چند اقلیم میانه (زیر اقلیم) تقسیم می‌شود؛ مانند اقلیم نسبتاً سرد و اقلیم بسیار سرد که زیرمجموعه اقلیم سرد محسوب می‌شوند مناطق واقع در اقلیم میانه، به سطوح کوچک‌تری به نام اقلیم محلی تقسیم می‌شود و ویژگی‌های جغرافیایی و توپوگرافی نظیر شدت و جهت شیب زمین، سطوح آب و گیاه، مجاورت با جنگل یا بیابان، باغ‌ها و مزارع، مجموعه‌های ساختمانی، می‌توانند موجب بروز اختلافاتی در شرایط اقلیمی قسمت‌های مختلف یک مجتمع شوند، مانند اقلیم محلات مختلف واقع در یک شهر. در سطح بسیار کوچک، خصوصیات موجود در ساختار یک فضای خاص مانند یک کوچه، یک حیاط، یا ... موجب بروز اختلافات جزئی اقلیمی می‌شود، مانند اختلاف اقلیم بین اتاق‌های رو به آفتاب و پشت به آفتاب در یک خانه که به‌عنوان زمستان‌نشین و تابستان‌نشین ساخته می‌شوند. این سطح اقلیم خرد نامیده می‌شود. (را حله ظهوری قره درویشلو، ۱۳۹۴)

#### میکرو کليما به معنی ريز اقليم است .

آب‌وهوا از مهم‌ترین عوامل محیطی است که نقش مؤثری در طراحی اقلیمی ساختمان‌ها و شهرسازی دارد. علی‌رغم تغییرات اقلیمی در سراسر جهان و مشکلات ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، میزان مصرف انرژی در جهان و ایران هر ساله افزایش می‌یابد. باتوجه‌به این که کشور ایران دارای مناطق مختلف آب‌وهوایی است، در این مناطق برای گرمایش، خنک‌کنندگی و تهویه، مقدار قابل توجهی از انرژی مصرف می‌شود که این حجم از مصرف انرژی باید در طراحی شهری و معماری همساز با اقلیم لحاظ گردد. (علیرضا انتظاری، فاطمه میوانه، فروغ خزاعی نژاد، ۱۳۹۷)

#### ۲-۱ طرح مسئله و ضرورت آن

میکروکلیمای شهری نقش مهمی در مصرف انرژی و کاهش آلودگی دارد. امروزه شهرها به افزایش بهره‌وری انرژی، کاهش انتشار آلاینده‌ها و کاهش فقدان آشکار پایداری نیاز دارند. باتوجه‌به این موضوع، توجه به استفاده از مفاهیم زیست اقلیم در توسعه شهری معطوف شده است، همچنین ریز اقلیم شهری یک پارامتر ضروری است که در سطح محلی و جهانی بر روی زیست‌پذیری شهری، هندسه شهری، تراکم شهری، حمل‌ونقل شهری، سطح آب و ویژگی‌های سطوح و گیاهان تأثیر مستقیم دارد. استفاده نامناسب از آن، رفتار خشن طبیعت را افزایش می‌دهد و به‌این‌ترتیب دمای مناطق شهری را بالاتر از حومه شهر می‌کند. این پدیده نامیده می‌شود. این اثر می‌تواند مصرف منابع انرژی را افزایش دهد، سطح رطوبت را تغییر دهد و آلودگی جزیره گرمایی شهری هوا را بدتر کند. در همین راستا، مسئله میکروکلیمای شهری به موضوع اصلی هم برای طراحان شهری و هم برای اقلیم‌شناسان تبدیل شده است. (مهدی مکوندی، بائونگ لی، ۲۰۱۶)

برای رسیدن به معماری همساز با اقلیم باید برای تأمین آسایش به جستجوی الگوهای اقلیمی و سازگار با آن که حاصل تجربیات هزاران ساله گذشتگان است روی آورده و از آن در باززنده سازی بافت های تاریخی شهری و همچنین الگوبرداری جهت سازگاری هر چه بیشتر معماری عصر جدید با اقلیم بپردازیم. ایجاد ساخت و سازهای گوناگون در سطح شهرها بدون در نظر گرفتن مسئله اقلیم و آسایش انسان ها است که نمونه آنها عدم هماهنگی مصالح و عدم جهت گیری درست آنها طبق زاویه مناسب آفتاب و جهت باد و ... است که به علت عدم آگاهی موجب عدم آسایش ساکنین می شود. (محمد رحیم رهنما، احمد ارجمند، ۱۳۹۴)

ریز اقلیم را می توان به عنوان هر منطقه ای تعریف کرد که در آن آب و هوا با منطقه اطراف آن متفاوت باشد. خرد اقلیم شهری به تأثیرات اقلیمی محلی در شهرها و نواحی شهری اطلاق می شود که شامل تغییرات دمای هوای بیرون، دمای سطح، رطوبت، سرعت باد و جهت باد است. چندین عامل ناشی از انسان می تواند باعث ایجاد ریز اقلیم شهری شود. مصالح ساختمانی می توانند بر آلودگی، هدایت حرارتی و ظرفیت حرارتی مختلف سطح شهری تأثیر بگذارند و در نتیجه بر میزان انرژی بازتابی تأثیر بگذارند. در ضمن تبخیر و تعرق از گیاهان و آبیاری کمتر در مناطق شهری معمولی می تواند منجر به تبادل گرمای نهان کمتر با محیط بیرون شود. مورفولوژی شهری، از جمله تراکم و ارتفاع ساختمان، می تواند بر الگوهای باد، الگوهای سایه اندازی تأثیر بگذارد و تله های حرارتی بین ساختمان های متراکم ایجاد کند (به عنوان مثال، اثر دره شهری) علاوه بر این، گرمای انسانی (از وسایل نقلیه، ساختمان ها، صنعت و متابولیسم انسانی و غیره) در محیط شهری یکی از مهم ترین علل اثر جزیره گرمایی شهری (UHI) است. (وانی ژانگ، بری هوپر، ژوان لو، ۲۰۱۶)

هدف پژوهش حاضر بررسی شرایط آسایش و تعیین بهترین تدابیر جهت طراحی و معماری همساز با اقلیم با تأکید بر کنترل مصرف انرژی و کاهش آلاینده هاست. راه حل های مختلف را با هدف بهبود ریز اقلیم محلی در اقلیم های ایران بررسی و ارزیابی می کنیم. ما در این پژوهش این را بررسی می کنیم که آیا میشود که با به کارگیری میکروکلیم در یک شهر آسایش بهتری را فراهم کرد که فاقد آلودگی هوا باشد و در مصرف انرژی صرفه جویی شود؟

### ۳-۱ روش شناسی تحقیق

روش مطالعه در این تحقیق به صورت توصیفی - تحلیلی و روش جمع آوری اطلاعات کتابخانه میدانی و اسنادی صورت گرفته است. به طوری که نگارنده با مطالعه مقالات، کتاب ها و مشاهدات، به بیان نقش میکروکلیم در طراحی شهری پرداخته است. در این تحقیق سعی شده است با مطالعه ویژگی های اقلیم های ایران و بررسی میکروکلیم و مطالعات کتابخانه ای ضوابط و احکام طراحی شهری و مجتمع های مسکونی در قالب الگو و احکام نوشتاری تدوین و ارائه گردد.

### ۴-۱ پیشینه تحقیق

خلاصه ای از مطالعات انجام شده :

جدول ۱. پیشینه مطالعات انجام شده (مأخذ: نگارندگان)

شماره	محققان	سال	عنوان	نتایج
۱	استیو کاردینال جوسف	۲۰۱۵	تجزیه و تحلیل میکرو اقلیم شهری با در نظر گرفتن دمای محیط محلی، افزایش گرمای	میکرو اقلیم شهری را با در نظر گرفتن دمای محیط محلی، افزایش گرمای خارجی، تهویه شهری، و آسایش حرارتی در فضای باز در مناطق استوایی تجزیه و تحلیل کردند. این مطالعه نشان داده

			خارجی ، تهویه شهری ، و آسایش حرارتی در فضای باز در مناطق استوایی	است که افزایش تهویه شهری و فضای سبز به تدریج دمای محیط ، آسایش حرارتی در فضای باز و همچنین عملکرد انرژی را کاهش می دهد . علاوه بر این ، دره های وسیع تر و فضای بیرونی بیشتر می توانند تهویه شهری بهتر ، نور روز بیشتر به ساختمان ها و فعالیت اجتماعی عابران پیاده را به دلیل وجود فضای باز بزرگ تر ایجاد کنند .
۲	جیان شیانگ هوانگ ، تانگ پینگ هائو ، شان شان هو ، فیل جونز	۲۰۱۹	طراحی شهری مبتنی بر شبیه سازی : بهبود ریز اقلیم شهری در تمرین دنیای واقعی در یک شهر با تراکم بالا	در این مطالعه، محققان در یک پروژه نوسازی شهری در منطقه شهری پر تراکم هنگ کنگ کار کرده اند و با استفاده از نرم افزارهای شبیه سازی توسعه یافته داخلی مانند Virvil2-HTB و +CityComfort دریافتند که بهبود سرعت باد در سطح عابر پیاده به دلیل شکل های ساده تر سکو و کاهش رد پای ساختمان اثرات قابل توجهی بر کاهش UTCI و تنش حرارتی متوسط در فصل گرم دارد.
۳	کلورتون داون	۲۰۲۰	مروری بر تأثیر رنگ آبی فضا در ریز اقلیم شهری	با استفاده از مطالعات سنجش از دور تأثیر فضای آبی را بر فضای شهری و میکرو اقلیم و جزیره گرمای شهری بررسی می کنند و در میابند آسایش حاصل از خنک سازی معقول را می توان با افزایش محتوای بخار آب جبران کرد و در طول شب فضاهای آبی ممکن است در واقع UHI را تشدید کنند و آسایش حرارتی شهری را کاهش دهند.
۴	وانی ژانگ - بری هویر - ژوان لو	۲۰۲۱	میکروکلیمای شهری و تأثیر آن بر عملکرد ساختمان : مطالعه موردی سانفرانسیسکو	میکرو اقلیم شهری و جزیره گرمایی شهری و تأثیر آن بر میکرو اقلیم شهری را با استفاده از نرم افزار شبیه سازی CDF تحلیل می کند . این مطالعه از داده های ساعتی آب و هوای ۱۰ ساله در ۲۷ سایت در سانفرانسیسکو استفاده می کند .
۵	نیاز علی امانی ، مهرداد مظاهری کوکبی ، عباس خدابنده	۱۳۹۴	بررسی نقش عوامل اقلیمی در شکل گیری بافت شهری (نمونه موردی : شهرستان بجنورد	ابتدا عوامل اقلیمی مؤثر و اهمیت هریک از پارامترهای اقلیمی را شناسایی و سپس نقش عوامل اقلیمی و انطباق آن با شکل گیری بافت شهر (درجه حرارت، بارندگی، رطوبت، باد، تابش آفتاب) بررسی کردند که آیا شهر بجنورد طبق این پارامترها شکل گرفته است ؟
۶	کلثوم محمدی ، حسن ذوالفقاری ، طاهره کولیوند	۱۳۹۷	شبیه سازی شرایط میکروکلیمایی و آسایش حرارتی در معابر اصلی کلان شهر کرمانشاه	آسایش حرارتی در فضای باز و عوامل تأثیرگذار بر آن مانند عرض پیاده روها ، ابعاد تنگه های شهری و جهت گیری آن را بررسی کردند و دریافتند افزایش عرض معابر به میزان ۵۰٪ موجب افزایش دما در تابستان و زمستان می شود همچنین افزایش ارتفاع ساختمان ها سبب بهبود آسایش حرارتی در تابستان و برعکس در زمستان می شود .
۷	علی دربان صدیقه السادات صالحی	۱۳۹۹	بررسی معماری همساز با اقلیم در منازل مسکونی کاشان	با بررسی ویژگی های خانه های سنتی کاشان نشان دادند که استفاده از شرایط محیطی برای ایجاد آسایش در داخل بناها از اهداف مهم طراحی بوده و باعث همساز شدن ساختمان با شرایط اقلیمی می شود

با بررسی فاکتورهای مهم اقلیمی (باد، تابش و ...) دریافتند که در اقلیم قم عوامل تابش خورشیدی، باد، رطوبت نسبی، دما، جهت نیل به مطلوبیت اقلیمی و رسیدن به آسایش اقلیمی کنترل موارد فوق ضروری است.	ارائه استراتژی‌های بیوفیلیک معماری همساز با اقلیم با استفاده از تحلیل عوامل کلیماتولوژی؛ موردپژوهی: شهر قم	۱۴۰۱	پریسا ذوالفقاری، اعظم سادات رضوی زاده	۸
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------	---------------------------------------------	---

## ۲- مبانی نظری و ادبیات تحقیق

### ۲-۱ عوامل مؤثر در میکروکلیمای شهری

ادبیات پژوهش در ارتباط با حوزه توازن انرژی در سطح زمین، جزیره گرمایی شهری، جزایر خنک شهری و آسایش حرارتی انسان است. بدین سبب در ادامه به بیان مختصری از مبانی نظری مفاهیم موردنظر می‌پردازیم:

#### ۲-۱-۱ توازن انرژی:

توازن انرژی برگرفته از قانون اول ترمودینامیک است که بر اساس آن انرژی به وجود نمی‌آید و از بین هم نمی‌رود، بلکه فقط از یک شکل به شکل دیگر تبدیل می‌شود و در سطح مناطق شهری به‌عنوان یک پدیده محلی یا متوسط مقیاس در نظر گرفته می‌شود.

عناصر مؤثر در توازن انرژی که باعث تفاوت میکروکلیمای شهری با مناطق دیگر می‌شود عبارت‌اند از تابش، شار گرمای محسوس همرفتی، شار گرمای نهان، ذخیره حرارتی، گرمای انسان‌زاد و فرا رفت.

- تابش: میزان جذب و بازتاب تابش خورشیدی که باتوجه به شکل هندسی شهر و مشخصات سطحی مصالح انسان‌ساخت و آلودگی هوا تأثیر می‌گذارد. منبع اصلی تأمین انرژی تابش خورشیدی است و شکل هندسی شهر، بر میزان جذب این پوشش تأثیر می‌گذارد. هنگامی که بازتاب‌های متعدد تابش خورشیدی بر سطوح ساختمان‌ها، منجر به جذب بیشتر انرژی تابشی خورشید در سطوح عمودی در مقایسه با سطوح افقی مسطح می‌شود، میزان نفوذ تابش مستقیم خورشیدی به سطح خیابان، کاهش می‌یابد.

- شار گرمای محسوس همرفتی: در صورت وجود تفاوت دمایی بین هوا و سطح شهر، حرارت محسوس از طریق همرفت بین این دو انتقال می‌یابد. تبادل گرمای محسوس بین یک سطح و هوای اطراف آن، به دمای هوای نزدیک سطح بستگی دارد. بافت ناصاف محیط شهری، علاوه بر ایجاد گردش در جریان باد، موجب افزایش تلاطم جریان باد شده و سرعت متوسط آن را نیز کاهش می‌دهد، به همین دلیل است که سرعت باد در نزدیکی سطح زمین به حداقل و با ارتفاع افزایش می‌یابد.

- شار گرمای نهان: یکی از تفاوت‌های اصلی بین محیط شهری و محیط روستایی در پهنه زمینی است که بارش را جذب می‌کند و یا رطوبت را از طریق تبخیر از دست می‌دهد. در دسترس بودن رطوبت بر بزرگی شار گرمای نهان تأثیر می‌گذارد و آن هم به نوبه خود بر میزان افزایش دمای هوا به دلیل انرژی تابشی موجود، اثر می‌گذارد. کمبود نسبی پوشش گیاهی به‌عنوان یکی از دلایل اصلی تفاوت بین محیط‌های شهری و روستایی می‌دانند.

- ذخیره حرارتی: میزان گرمایی که در بافت شهری ذخیره می‌شود. توانایی سطوح در جذب، ذخیره‌سازی یا انتشار انرژی تابشی تأثیر بسزایی در میکروکلیمای شهری دارد به جز مشخصات مصالح بکار رفته در این سطوح، بزرگی و آرایش فضایی سطح هم بر



ذخیره سازی انرژی در شهر تأثیر دارد. فرایند ذخیره سازی نیز بر دمای سطوح شهری تأثیر دارد و به همین دلیل تأثیر قابل توجهی بر آسایش حرارتی افراد حاضر در این محیط دارد.

- گرمای انسان زاد: انسان برای انجام فعالیت های خود به انرژی نیاز دارد. مقدار انرژی مورد نیاز برای انجام فعالیت ها نه تنها به اقلیم منطقه، بلکه به آرایش کلی شهر، نوع وسایل مورد نیاز به حمل و نقل و بازده تأمین نور و گرما در ساختمان ها بستگی دارد. گرمای متصادم شده از ساختمان ها به مصرف برق برای تأمین روشنایی، تهویه هوا و تجهیزات موجود در ساختمان و همین طور استفاده از سوخت های مختلف برای تأمین گرمایش فضا در شرایط سرد محیطی مرتبط است.

- فرا رفت: عواملی مانند تراکم ساختمانی و مساحت منطقه بر توازن انرژی تأثیر می گذارد و نقاط گرم و نقاط نسبتاً سردتر را در کنار یکدیگر به وجود می آورد. به این ترتیب گرما و رطوبت از یک مکان به مکان دیگر منتقل می شود.

## ۲-۱-۲ جزیره گرمایی شهری:

رشد شهری باعث تغییرات قابل توجهی در تعادل تابشی فضای شهری، تبادل گرمای همرفتی بین زمین و ساختمان ها، جریان هوا در بالای محدوده شهری و تولید گرما در داخل شهر شده است. پیامد اصلی این اثرات اختلاف دمای هوا بین مناطق شهری و روستایی است. این پدیده جزیره گرمایی شهری (UHI) نامیده می شود.

شکل گیری جزایر گرمایی شهری بازتابی از تغییرات ناشی از فعالیت ها بشر در محیط طبیعی است. جزیره گرمایی شهری در نتیجه اختلاف دمایی بین منطقه گرم شهری و محیط نسبتاً سردتر اطراف شکل می گیرد. در نتیجه سرمایش یا گرمایش هر سطح در هر لحظه به توازن انرژی شهر بستگی دارد. باین حال، مطالعات تکمیلی نشان می دهد که جمعیت شهرها شاخصی از ساختار فیزیکی شهر و فرایندهای مختلف تبادل انرژی است که در کنار یکدیگر موجب تشکیل جزایر گرمایی می شوند.

عوامل مؤثر در جزیره گرمایی شهری:

- شکل ظاهری شهر: شدت اختلاف دمای بین منطقه شهری و روستایی، بیشتر به سرعت سرد شدن سطوح روستایی وابسته است که اگر این سرعت نسبتاً پایین باشد جزیره گرمایی شهری نسبتاً کوچک خواهد بود و برعکس. شکل شهرها به ابعاد ساختمان ها و فضای بین آنها و مشخصات سطوح مصنوعی شهری و میزان فضای سبز موجود بستگی دارد.

- تراکم ساختمانی: گرافتادن انرژی خورشیدی به دلیل موارد متعدد جذب و بازتاب داخل کانیون شهری باعث کاهش سپیدایی شهر و افزایش گرمای ذخیره شده در بافت شهری می شود.

- سطوح نفوذناپذیر: اکثر سطوح شهری نفوذناپذیر هستند، این سطوح در زمان بارش باران کاملاً خیس شده و آب موجود می تواند گرمای محسوس را به گرمای نهان تبدیل کند و باعث سرمایش تبخیری سریع هوا شود. در مناطق روستایی بیشتر سطوح متخلخل هستند و در نتیجه در زمان بارش، کاهش دمای کمتری در این مناطق اتفاق می افتد.

- پوشش گیاهی: پوشش گیاهی بر انرژی سطح تأثیر می گذارد و جلوی تابش نور خورشید را می گیرد و در زمان وزش باد، سرعت جریان هوا را کاهش می دهد و از طریق تبخیر و تعرق، رطوبت مورد نیاز را تأمین می کند. نبود پوشش گیاهی در شهر موجب افزایش دمای هوا در طول روز و کاهش شدت جزیره گرمایی می شود.

- مشخصات مصالح بکار رفته در محیط شهری: اگر به جای استفاده از آسفالت یا سفال های تیره در پشت بام ساختمان، از مصالح سبک تر و صیقلی تر استفاده کنیم، شدت جزایر گرمایی شهری کاهش پیدا خواهد کرد.

- هوا : هوا و پوشش ابروباد بر شدت جزیره گرمایی اثر می گذارد . جزیره گرمایی در هوای آرام و صاف از هر زمان دیگری بزرگتر و شدیدتر است ، زیرا وزش بادهای پر قدرت باعث اختلاط لایه های هوا شده و در نتیجه جزیره گرمایی را چه در طول روز و چه در شب از بین می برد .

- موقعیت جغرافیایی : موقعیت جغرافیایی هر شهر را اقلیم و توپوگرافی منطقه مشخص می کند و پدیده های جوی می توانند بر جزایر گرمایی شهری تأثیر بگذارند . شهرهایی که در مناطق روستایی با رطوبت بالا قرار دارند به دلیل سرعت پایین سرد شدن سطوح ، می توانند جزیره گرمایی را کاهش دهند .

- گرمای آزاد شده ناشی از فعالیت های انسانی : انسان ها با فعالیت ها خود به شکل های مختلف بر اتمسفر شهری تأثیر می گذارد . انرژی گرمایی خارج شده از فضای گرم ساختمان ها می تواند دمای هوای فضای بیرونی را به شکل قابل توجهی افزایش دهد . سرمایش تبخیری ساختمان ها ، گرمای نهان را افزایش می دهد و در نتیجه می تواند موجب افزایش سطح رطوبت و تنش گرمایی در شهر شود .

### ۳-۱-۲ جزایر خنک شهری :

جزیره سرمایی شهری (UCI) با ایجاد اثر خنک کننده توسط سایه های درختان در طول فصل گرم، در مقابل جزیره گرمایی شهری (UHI) که نتیجه ساختارهای شهرها و تداخل آن با آب و هوای محلی است، یکی از مهم ترین راهکارهای ایجاد تعادل آسایش حرارتی در شهرها به شمار می رود . در مقایسه با جزیره گرمایی شهری کمتر به این پدیده پرداخته شده است و علت آن ضعیف بودن این پدیده نسبت به جزایر گرمایی شهری است .

وقتی سطح زمین در سایه باشد ، هوای نزدیک به سطح زمین گرمای چندانی دریافت نمی کند و اگر در این شرایط ، وزش باد هم وجود نداشته باشد هوا سردتر از سایر مناطقی که بیشتر در معرض تابش نور خورشید هستند ، باقی می ماند .

عوامل مؤثر در شدت جزایر خنک شهری عبارتند از :

- عرض جغرافیایی : اینکه ساختمان های شهری تا چه اندازه مانع رسیدن تابش مستقیم خورشید به دیگر سطوح شهری می شوند ، به جهت خیابان و موقعیت نسبی خورشید بستگی دارد . احتمال وجود جزایر خنک شهری در عرض های جغرافیایی بالا بیش از مناطق استوایی است .

- هندسه کانیون شهری و ویژگی های سطوح : شکل هندسی شهری بر تبادل انرژی تابشی و ذخیره انرژی تأثیر می گذارد . دمای سطوح واقع در کانیون شهری ، برعکس خاک منطق روستایی که کاملاً در معرض نور خورشید قرار دارند ، در شب هم بیشتر از دمای هوا خواهد بود و شار گرمایی اندک ولی مثبتی را خواهد داشت .

- ذخیره حرارتی : تأثیر ذخیره حرارتی شهری بر دمای هوا مانند اثر توده حرارتی بر دمای هوای داخل ساختمان هاست .

- گرمای انسان زاد : مقدار شار گرمای انسان زاد به تراکم شهر و اقلیم و ترکیب مصالح بکار رفته در ساختمان ها بستگی دارد . در اقلیم های گرم تر که بیشتر در معرض تابش نور خورشید قرار دارند ، گرمای انسان زاد نقش پررنگی در توازن انرژی شهری ندارد .

### ۴-۱-۲ آسایش حرارتی انسان :

مبنای اصلی این احساس حرارتی ، شیوه ای است که بدن یک فرد به طور فیزیکی گرم و به نوبه خود گرما را به محیط اطراف منتقل می کند . عدم آسایش حرارتی به واسطه گرم شدن یا سرد شدن بیش از اندازه سریع بدن به وجود می آید .



تحت شرایط گرم بدن انسان مقداری از گرمای خود را از طریق تبخیر از دست می‌دهد. وقتی بدن در تماس مستقیم با سطح دیگری قرار بگیرد گرما را از طریق هدایت گرمایی جذب می‌کند یا از دست می‌دهد. متغیرهای اقلیمی مانند دما، رطوبت و ... در کنار یکدیگر، ناحیه آسایش را تعیین می‌کنند.

عوامل مؤثر در آسایش حرارتی عبارتند از:

- تابش: میزان تماس افراد با تابش موج کوتاه خورشیدی مهم‌ترین مؤلفه در تعیین آسایش حرارتی فضاهای شهری است.
- همرفت: یک جسم از طریق همرفت گرمایی به دلیل تفاوت‌های دمای هوای محلی و همرفت اجباری ناشی از باد، با هوای اطرافش تبادل گرما و حرارت دارد. تبادل همرفتی میزان اتلاف گرمای بدن را نشان می‌دهد؛ یعنی خنک‌سازی.
- متابولیسم، کار، تعریق و تنش گرمایی: شاخص تنش گرمایی معیاری است که نشان می‌دهد بدن انسان برای حفظ تعادل گرمایی خود باید با چه سرعتی تعریق داشته باشد. در شرایط آب‌وهوایی گرم، بدن انسان با استفاده از سازوکارهای سرمایش تبخیری و از طریق تعریق، تعادل گرمایی خود را حفظ می‌کند. متابولیسم تابع مشخصات فیزیکی و فعالیت بدن فرد است و تبادل گرما با محیط از طریق دو مؤلفه تابش و همرفت صورت می‌گیرد.

## ۲-۲ بکارگیری میکروکلیم در طراحی شهری

حال به توضیح دو مثال می‌پردازیم که با استفاده از به‌کارگیری میکروکلیم در طراحی توانسته‌اند جزیره گرمایی شهری را کاهش داده و آسایش حرارتی ساکنین و عابرین آن منطقه را فراهم کنند:

### ۲-۲-۱ نوه زین

محله نوه زین در مجاورت سد بوکر در بیابان نگو فلسطین اشغالی مجموعاً ۷۹ خانه شخصی که خانه‌ها جدا از هم و به‌صورت تک خانوادگی را در خود جای داده است.

اقلیم منطقه: سد بوکر در ارتفاعات خشک بیابان نگو در جنوب فلسطین اشغالی واقع شده است. این منطقه تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد ولی آفتابی با نوسانات دمایی زیاد بین شب و روز را تجربه می‌کند.

اهداف طراحی: خلق یک محله بیابانی مدرن که در عین پاسخگویی به شرایط سخت محیط، تمام تسهیلات امروزی را برای ساکنان خود فراهم سازد.

- تضمین دسترسی تمام ساختمان‌های محله به نور خورشید

- ایجاد جریان نسیم، جهت افزایش جریان هوا در محله

- داشتن کمترین تماس عابرین با گردوغبار

- تأمین آسایش حرارتی عابرین پیاده

طرح: هر دو سمت کوچه‌ها دیوارهایی طراحی شدند که این دیوارها، در کنار سایبانی که در نقاط حساس کوچه نصب شده است موجب شکل‌گیری یک فضای مطلوب و به‌دور از تابش شدید خورشید در فصل تابستان و همین‌طور کاهش تماس محیط با بادهای سرد زمستانه می‌شود. ساختمان‌های مجاور نیز با فاصله کمی از فضای کوچه ساخته شده‌اند.

ساختمان‌ها خوشه‌بندی شدند. برای هر خوشه چهار نقشه تهیه شد و ساختمان‌ها در گوشه‌های خارجی خوشه قرار گرفتند به طوری که حق دسترسی به نور خورشید برای تمام ساختمان‌ها حفظ شود و دسترسی کافی به نور خورشید در تمام طول زمستان در ساعات آفتابی تضمین شود. همچنین روی فضای کوچه و جاده سایه انداخته و از وزش باد محافظت کنند. اغلب فضای باز عمومی محله را با سنگ‌فرش‌های آجری پوشاندند و قسمت‌هایی از فضای باز را با پوشش گیاهی محصور کردند و به وسیله سایه درختان و ساختمان‌های مجاور از آنها محافظت می‌کنند تا از ایجاد گردوغبار جلوگیری کنند.

## ۲-۲-۲ کلارک کوای

کلارک کوای که در نزدیکی مصب رودخانه سنگاپور قرار دارد، مرکز تجاری شهر به حساب می‌آید. اقلیم محله: سنگاپور در شمال خط استوا واقع شده است و از نظر آب‌وهوایی در اقلیم استوایی قرار دارد. اقلیم این کشور به وسیله یکنواختی دمای هوا، رطوبت اتمسفری بالا و بارش فراوان در تمام طول سال مشخص می‌شود. اهداف طرح: تغییر شکل ساختمان‌ها و بازسازی منطقه اطراف رودخانه سنگاپور

- حفظ ساختمان‌های قدیمی، ایجاد آسایش برای ساکنین و مصرف کم انرژی

طرح: از عناصر مصنوعی سایه‌اندازی که به طور مستقل از ساختمان‌ها پشتیبانی می‌شود استفاده کردند تا تقریباً تمام مقاطع عرضی خیابان‌های اصلی را پوشش دهند. پروژه ساخت تاج‌پوش مصنوعی (سایبان) در ارتفاع پشت‌بام ساختمان انجام شد تا نسیم رودخانه به خیابان‌های شهری نفوذ کند. از دستگاه‌های دمنده هوا هم برای افزایش جابه‌جایی هوا و ایجاد یک نسیم ملایم و از درختان برای تکمیل سایه‌اندازی تاج‌پوش‌های مصنوعی استفاده کردند تا فرایند تبخیر و تعرق، موجب خنک‌کنندگی محیط شوند.

مکان قرارگیری و اندازه درخت‌ها طوری طراحی شد که ضمن ایجاد حداکثر سایه، مسیر جریان هوای تولید شده توسط پنکه‌ها را سد نکنند. در عین استفاده از تاج‌پوش و درختان به عنوان سایبان، نور طبیعی روز هم به فضاهای اصلی عمومی وارد می‌شود. میزان نور روزانه آن‌قدر هست که نیاز به روشنایی مصنوعی در ویت‌ترین مغازه‌ها نباشد. تاج‌پوش مصنوعی علاوه بر کمک به آسایش حرارتی عابرین، بار گرمایی ساختمان‌های مجاور را نیز کاهش می‌دهد. پنکه‌ها طوری طراحی شده‌اند که همراه با باد غالب جنوبی موجب شکل‌گیری نسیم ملایم در مناطق خیابانی شوند و در نتیجه آسایش حرارتی کاربران خیابان را بهبود می‌بخشد.

در این منطقه چهار خیابان اصلی در یک فضای حیاط مرکزی به هم می‌رسند. در این حیاط، آب‌نمایی طراحی شد تا هم کاربران از فضا لذت ببرند و هم سبب سرمایش تبخیری شود.

## ۳- یافته‌ها و تجزیه و تحلیل

شرایط جوی و اقلیمی یکی از اساسی‌ترین عواملی است که باید در طراحی شهری مورد توجه قرار گیرد. تنظیم شرایط محیطی، یعنی ایجاد محیط کالبدی مناسب برای انسان از نظر گرما، سرما و نور. مباحث در تنظیم شرایط محیطی به چهار بخش کلی تقسیم می‌شود: اقلیم، انرژی، انسان و معماری و طراحی محیط. فلات ایران از نظر تقسیم‌بندی اقلیمی در یک منطقه خشک از

جهان قرار گرفته است؛ اما این تقسیم‌بندی بسیار کلی است. اگرچه آب‌وهوای اکثر نقاط ایران خشک است؛ ولی با وجود این قاعده کلی شرایط آب‌وهوایی مختلفی در ایران وجود دارد. در یک تقسیم‌بندی ایران به لحاظ اقلیمی به ۴ منطقه تقسیم شده است. تأثیرات اقلیم بر بافت شهری، فرم ابنیه و فرم مصالح خصوصیت مشترکی در هر یک از این ۴ اقلیم به وجود آورده است: ۱- کرانه جنوبی دریای خزر ۲- کرانه شمالی خلیج فارس ۳- نواحی کوهستانی و مرتفع فلات ۴- دشت‌های فلات.

### ۳-۱ ویژگی‌های طراحی و ساخت متناسب با اقلیم‌های ایران

#### ۳-۱-۱ اقلیم معتدل و مرطوب

این منطقه از پرباران‌ترین و سرسبزترین مناطق اقلیمی ایران است و در تمامی فصول سال دارای بارندگی و رطوبت بالا است. با وجود عرض نسبتاً کم این کرانه از دو ناحیه جلگه‌ای و ناحیه کوهستانی تشکیل شده است. خصوصیات آب‌وهوایی اقلیم معتدل و مرطوب به شرح زیر است: بارندگی زیاد در تمام فصول سال، خصوصاً در فصول پاییز و زمستان - رطوبت نسبتاً زیاد در تمام فصول سال - اختلاف کم درجه حرارت بین شب و روز - پوشش وسیع گیاهی

در این اقلیم پلان‌ها گسترده و باز با فرم هندسی طویل، باریک و کشیده در جهت رو به بادی که از دریا می‌وزد، شکل ساختمان به‌صورت برون‌گرا، بام‌های شیب‌دار و شیب‌های تند به علت بارندگی زیاد، استفاده از کوران و تهویه طبیعی، کف طبقه هم کف بالاتر از سطح طبیعی زمین، عدم وجود زیر زمین، مصالح طبیعی سبک و با حداقل ضخامت و حداقل ظرفیت حرارتی (به علت نوسانات کم‌دمای شبانه‌روز) و ... از ویژگی‌های آن است.

ویژگی‌ها و راهبردهای به‌کارگیری میکروکلیمای شهری در اقلیم معتدل و مرطوب:

- در نواحی خیلی مرطوب، کرانه‌های نزدیک به دریا، برای محافظت ساختمان از رطوبت بیش از حد زمین، خانه‌ها بر روی پایه‌های چوبی ساخته شده‌اند؛ اما در دامنه کوه‌ها رطوبت کمتر است، معمولاً خانه‌های بر روی پایه‌هایی از سنگ و گل بنا شده‌اند.

- به‌منظور حفاظت اتاق‌ها از باران، بالکن‌های عریض و سرپوشیده‌ای در اطراف اتاق‌ها ایجاد گردیده‌اند. این فضاها در بسیاری از ماه‌های سال برای کار و استراحت و در پاره‌ای از موارد برای نگهداری محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

- اکثر ساختمان‌ها با مصالحی با حداقل ظرفیت حرارتی بنا گردیده‌اند و در صورت استفاده از مصالح ساختمانی سنگین، ضخامت آنها در حداقل ممکن نگاه‌داشته شده است (استفاده از مصالح ساختمانی سبک در این مناطق بسیار منطقی است. چون هنگامی که نوسان دمای روزانه هوا کم است ذخیره حرارت هیچ‌گونه استفاده‌ای نداشته و علاوه بر این، مصالح ساختمانی سنگین، تا حدود زیادی از سودمندی تهویه و کوران که یکی از ضروریات در این منطقه است می‌کاهند).

- استفاده از کوران و تهویه طبیعی بدون استثنا در تمامی ساختمان‌های این‌گونه مناطق به چشم می‌خورد. به‌طور کلی ساختمان‌ها دارای پلان‌هایی گسترده و باز بوده و بیشتر اشکالی هندسی، طویل و باریک هستند. به‌منظور حداکثر استفاده از وزش باد در ایجاد تهویه طبیعی در داخل اتاق‌ها، جهت استقرار ساختمان‌ها با توجه و در رابطه با جهت وزش نسیم‌های دریا انتخاب گردیده‌اند. در نقاطی که وزش باد شدید و طولانی است، قسمت‌های رو به باد ساختمان‌ها کاملاً بسته هستند.

- از نظر سازمان یابی بناها در مجموعه نیز به منظور استفاده هر چه بیشتر از جریان هوا و همچنین به دلیل فراوانی آب و امکان دسترسی به آن در هر نقطه، ساختمان ها غیرمتمرکز و پراکنده هستند.
- به دلیل وجود بارندگی زیاد در این مناطق بام ها شیب دار بوده و بیشتر شیبشان تند است.
- در مناطق مرطوب می توان با پراکنده ساختن ساختمان ها، از باد به منظور کاهش رطوبت محیطی بهره جست.
- در مناطق معتدل و مرطوب، شکل باید مستطیلی و در جهت شرقی - غربی باشد، تا علاوه بر وجود ضلع جنوبی گسترده برای گرفتن نور خورشید در زمستان، تهویه شرقی - غربی ساختمان در تابستان نیز امکان پذیر باشد.
- اگر نقشه ساختمان به گونه ای طراحی شود که فعالیت های روزانه مطابق با مسیر خورشید باشد، امکان صرفه جویی بسیار زیاد در مصرف انرژی به وجود می آید؛ برای مثال در صورت تقسیم فضاهای داخل خانه به دو فضای گرم و سرد، کارایی سیستم مذکور مؤثر خواهد شد.

## ۲-۱-۳ اقلیم گرم و مرطوب

بر اساس تقسیم بندی اقلیمی، باریکه ای از سواحل خلیج فارس و دریای عمان و جزایر ایرانی واقع در این حوزه دارای اقلیم گرم و مرطوب هستند. این نواحی تابستان های گرم، مرطوب و طولانی داشته و زمستان های آن معتدل و کوتاه است و به دلیل وجود رطوبت زیاد دامنه نوسان دما در طول شبانه روز در این اقلیم کم است. از دیگر ویژگی های این اقلیم، شدت زیاد تابش آفتاب است که در هوای مرطوب این ناحیه باعث خیرگی و ناراحتی چشم می شود. در این مناطق، مقابله با گرمای شدید، رطوبت زیاد و شرحی هوا حائز اهمیت است.

استفاده از مصالح ساختمانی با ظرفیت حرارتی کم و قراردادن ساختمان در سایه کامل. ایوان های عریض و سرپوشیده ای که هم از نفوذ باران به داخل جلوگیری می کنند و هم سایه کاملی بر روی دیوار اتاق ها می اندازند، مورد استفاده قرار گرفته است. در مناطق نزدیک به دریا، برای استفاده از نسیم های خنک دریا از بادگیرهای بزرگ استفاده شده است. در این مناطق به دلیل گرما و رطوبت زیاد هوا، میزان تهویه طبیعی اهمیت چندانی ندارد و بافت منازل در این منطقه متراکم است.

ویژگی ها و راهبردهای به کارگیری میکروکلیمای شهری در اقلیم گرم و مرطوب:

- اغلب بناها دارای پلانی مستطیل شکل هستند و اتاق ها به صورت سهدری و پنج دری بوده است که موجب تهویه مطبوع می شده است.
- در اینجا عدم وجود فضای تقسیم کننده (هال) در منازل مسکونی سبب این امر شده که کلیه فضاها به طور مستقیم با حیاط در ارتباط باشند.

- اغلب اتاق ها کم نور هستند و عمده باز شو ها از جمله درها و پنجره ها جهت تهویه استفاده می شود، در بالای پنجره ها گاهی شبکه های مشبکی دیده میشود که با شیشه های رنگی مزین شده است که ساکنان از آنها جهت ایجاد سایه روشن استفاده می کنند.
- به علت گرمای زیاد هوا عمده پنجره ها کم عرض و با ارتفاع بالا هستند، زیرا عبور جریان هوا نسبت به نور در اولویت قرار دارد.
- محل قرارگیری عمده پنجره ها به ویژه در مناطق روستایی در ارتفاع ۱۷ تا ۸۷ سانتی از سطح زمین قرار دارد، زیرا سبب میشود جریان خنک هوا از قسمت پایین به سمت داخل مکش شود و از قسمت بالایی پنجره جریان هوای گرم به خارج انتقال پیدا کند.

- سقف‌ها عمدتاً دارای ارتفاع زیادی هستند به این دلیل که جریان گرم هوا در قسمت بالای اتاق قرار می‌گیرد و باتوجه‌به قامت استاندارد انسان، انسان در این فضا قرار نگیرد.

- در اغلب بناها از کرسی چینی استفاده شده است، این کرسی چینی از سطح حیاط بالاتر است.

- کشیدگی بناها غالباً در جهت شرقی - غربی بوده و در درجه دوم در جهت شمال - جنوب است.

- جبهه اصلی بخش زیستی (سکونت بیشتر) در اکثر بناها در درجه اول رو به جنوب و در درجه دوم رو به غرب است.

- بر خلاف سایر اقلیم‌ها این انتخاب و جهت‌گیری در رابطه با زاویه خورشید نیست، بلکه بادهای جبهه جنوب شرقی، بادهایی است که موجب شرعی شدن هوا می‌گردند، این جبهه از نظر وزش باد نامطلوب بوده، لذا جهت‌گیری خانه‌های روستایی عمدتاً به سمت جنوب و غرب است.

### ۳-۱-۳ اقلیم گرم و خشک

ویژگی‌های اقلیمی این منطقه خشکی، کم‌آبی، گرمای شدید در تابستان به همراه طوفان‌های شنی در برخی از مواقع سال و وزش باد در جهات مختلف و همچنین سرمای شدید در زمستان است. این منطقه دارای معماری درون‌گرا است که هماهنگ با این نوع اقلیم هستند. شاخص اصلی معماری بومی این نوع اقلیم، درون‌گرایی آن است. این نوع معماری دارای حیاط مرکزی بوده و اتاق‌ها معمولاً در چهار سمت آن واقع شده است و به‌منظور تهویه فضای داخلی، در گوشه‌ای از بنا بادگیر ساخته می‌شود فرم حیاط‌ها معمولاً به‌صورت گودال هستند. در اقلیم گرم و خشک که دارای طوفان‌های شدید همراه با شن و گرمای زیاد در تابستان و سرمای شدید در زمستان است. در این مناطق به دلیل پایین‌بودن رطوبت نسبی هوا به‌خصوص در فصل گرم می‌توان با بهره‌گیری از عملکرد مصالح ساختمانی سنگین در بخشی از فصل گرم سال شرایط حرارتی فضاها را کنترل نمود. اما شدت گرمای هوا در گرم‌ترین ماه‌های سال در حدی است که سرمایش مکانیکی را ضروری می‌سازد.

ویژگی‌ها و راهبردهای به‌کارگیری میکروکلیمای شهری در اقلیم گرم و خشک:

- برای استفاده بیشتر از انرژی خورشیدی باید اکثر پنجره‌ها در سمت جنوب طراحی شوند تا در زمستان بیشترین نور خورشید به داخل ساختمان وارد شود و در تابستان با سایه‌بان موجب خنکی شود.

- در مناطق با اقلیم گرم و خشک استفاده از ساختارهای انبوه با حفره‌های کوچک که عمل تهویه شبانه را انجام می‌دهند، مناسب است.

- زیرزمین‌ها و تونل‌های زیرزمینی باعث کاهش گرما در هوای گرم و بسیار گرم این منطقه می‌شود؛ زیرا دمای زمین در حدود دمای متوسط سالانه قرار دارد. همچنین زیرزمین‌ها بر اساس حجم و عمقشان خنکای متفاوت دارند و هرچه قدر حجم عمق آنها بیشتر باشد هوای خنک‌تر و پایدارتری دارند.

- جهت خنک‌سازی از کولرهای تبخیری (در صورت دسترس بودن آب و رطوبت) جهت ایجاد تهویه مطبوع در ساختمان استفاده شود. این سیستم سرمایشی باعث کاهش درجه حرارت محیط می‌شود.

- در این اقلیم استفاده از گرمای حاصل از چراغ‌ها، افراد و تجهیزات در ساختمان به میزان قابل‌توجهی نیازهای گرمایشی را کاهش می‌دهد.

- در اقلیم گرم و خشک شرایط آسایش حرارتی درون ساختمان در ساعات شب اتفاق می افتد که مصرف انرژی گرمایی را کاهش می دهد. به گونه ای که در شب درجه حرارت تا ۱۳ درجه سانتیگراد کاهش می یابد و در روز تا ۲۷ درجه سانتیگراد افزایش می یابد. میزان درجه حرارت آسایش در شب در دامنه ۱۳ تا ۲۳ درجه سانتیگراد قرار دارد.
- استفاده از مرطوب کننده های هوا، قبل از ورود هوا به داخل ساختمان از طریق بستن فضاهای خروجی، پرده ها، فواره های افشانه، سنگ فرش های مرطوب و برج های خنک کننده در اقلیم گرم و داغ پیشنهاد می شود.
- اگر پنجره ها به خوبی سایه اندازی شده و در جهت باد غالب قرار گرفته شده باشند، می توانند نیاز به تأسیسات سرمایشی را کاهش و یا حتی از بین ببرند. اما اگر پنجره ها بدون سایه بان باشد یا سایه بان آنها به طور مؤثری بر روی شیشه سایه نیندازد، باید از تأسیسات سرمایشی جهت جریان هوای داخل ساختمان استفاده کرد.
- استفاده از مصالح ساختمانی با رنگ روشن از یک سو موجب افزایش میزان بازتابش از بام و از سوی دیگر سبب به حداقل رسیدن گرمای هدایت شده به فضای داخلی می گردد.
- باتوجه به شرایط اقلیمی شهر یزد بهره گیری از فضاهای بیرونی محافظت شده در برابر باد و رو به آفتاب در طراحی توصیه می شود. این فضاها شامل سالن ها یا دالان های فصلی، بالکن های داخلی، حیاط های داخل محوطه و ایوان ها است. این فضاها همچنین تمام اجزای ساختمان را در برابر عوامل جوی مانند باران محافظت می کند.

#### ۴-۱-۳ اقلیم سرد و کوهستانی

- اقلیم کوهستانی دارای زمستان های بسیار سرد با یخبندان طولانی و تابستان های مطبوع است. به طور کلی استفاده از انرژی های طبیعی و نیز حفظ و جلوگیری از هدر رفتن انرژی تولیدی از سایر منابع و تنظیم تعادل حرارتی به صورت منطقی بین داخل و خارج ساختمان هدف اصلی ساکنان اقلیم سرد به شمار می رود. مشکل اصلی این منطقه، سرما بوده و بهترین راه حل، استفاده از تابش آفتاب، پرهیز از جریان باد و کاهش تبادل حرارتی از طریق جداره های خارجی ساختمان است.
- ویژگی ها و راهبردهای به کارگیری میکروکلیمای شهری در اقلیم سرد و کوهستانی :
- در بافت شهرهای سردسیر، بناها به صورت متراکم و به هم چسبیده ساخته می شوند تا کمترین تماس با هوای بیرون را داشته باشند. معمولاً خانه ها دارای پلانی متراکم بوده و از کشیدگی فرم بنا پرهیز می شود و به جای اینکه بنادر سطح زمین گسترده شود در چند طبقه ساخته می شود تا جداره های مجاور هوای آزاد به کمترین سطح برسند. باتوجه به اینکه در مواقع زیادی از سال، نیاز به گرمایش وجود دارد، استفاده از جرم حرارتی نیز مفید بوده و استفاده از زیرزمین و بردن بخش هایی از بنا در زیر سطح زمین صورت می گیرد. در نمونه هایی که زیرزمین وجود ندارد، بنا روی سکوی سنگی قرار گرفته تا رطوبت و سرمای ناشی از تجمع برف در سطح زمین، به ساختمان رسوخ نکند. در مواردی کف حیاط و اتاق ها حدود یک تا یک و نیم متر پایین تر از سطح کوچه است تا از یک طرف آب جاری بهتر روی باغچه ها سوار شود و از طرف دیگر زمین مانند عایق حرارتی اطراف خانه را احاطه کند و تبادل حرارت میان داخل و خارج بنا را کاهش دهد.
  - هر واحد مسکونی، فضای زندگی در اطراف حیاط مرکزی، جهت گیری مناسبی نسبت به تابش خورشید داشته تا در طول روز بیشترین بهره را از نور و گرمای خورشید ببرند.

- باتوجه به سرمای هوا، حیاط سطح کوچکتری نسبت به خانه های مناطق گرم دارد و تقریباً مساحت فضای پر و خالی به یک اندازه می باشد. در مواردی که فضای بسته فقط در یک جبهه حیاط ساخته شده باشد، وسعت حیاط نسبتاً بیشتر بوده و کشیدگی



شمالی جنوبی داشته تا کمترین سایه در آن به وجود آید و آفتاب سطح بیشتری از آن را بپوشاند. سقف خانه‌ها معمولاً صاف ساخته می‌شود و از تجمع برف بر روی سقف به‌عنوان عایق حرارتی استفاده می‌شود.

- اتاق‌های سمت شمال حیاط که از آفتاب خوبی برخوردارند، سطح وسیع‌تری دارند و به تالار یا نشیمن اصلی اختصاص یافته است. اتاق‌های سمت جنوب یا شرق و غرب کمتر استفاده شده و بیشتر برای انبار و فضاهای خدماتی به کار می‌روند. طبقه پایین (همکف یا زیرزمین) که سطح تماس کمتری با هوای خارج دارد، به‌عنوان زمستان‌نشین استفاده می‌شود. در این طبقه معمولاً پنجره‌ها سطح کمتری دارند، ضخامت دیوارها بیشتر است و ارتفاع فضای داخلی کمتر است. بنابراین تبادل حرارتی با فضای خارج کاهش یافته و گرم کردن آن سریع‌تر اتفاق می‌افتد. در طبقه بالا که بیشتر به‌عنوان تابستان‌نشین مورد استفاده بوده، سقف بلندتر است و بازشوها بیشتر و وسیع‌ترند و امکان تهویه عرضی فراهم است. معمولاً تالار در وسط ضلع شمالی حیاط قرار دارد و فضاهای ارتباطی و خدماتی سه طرف آن را احاطه کرده‌اند.

- در جهت استفاده هر چه بیشتر از نور و گرمای خورشید، پنجره‌های رو به جنوب که عموماً مربوط به فضاهای نشیمن اصلی می‌باشند، سطح وسیع‌تری دارند. در جبهه‌های دیگر بنا مانند جبهه شمالی، پنجره‌ها کوچک هستند تا کمترین تبادل حرارتی را داشته باشند.

- عمدتاً از مصالح سنگینی که قابلیت خوبی برای جذب و ذخیره حرارت دارند، استفاده شده تا هرچه بیشتر گرمای خورشید را گرفته و در خود ذخیره کنند و مانع انتقال حرارت به خارج شوند.

## ۲-۳ معرفی شاخص‌های ارزیابی اقلیم

همان‌طور که گفته شد اقلیم به چهار سطح کلی، میانه، محلی و خرد تقسیم‌بندی می‌شود که برای طراحی همساز با اقلیم یک منطقه ما نیاز داریم تا شرایط آب‌وهوایی منطقه را شناسایی کنیم و میکرو کلیم را در طراحی لحاظ کنیم. در زیر به بیان مختصری از بعضی از شاخص‌ها و روش‌های تحلیل منطقه آسایش حرارتی برای شناسایی خرد اقلیم پرداخته شده است:

جدول ۲: شاخص‌های ارزیابی آسایش حرارتی (مأخذ: نگارندگان)

ردیف	شاخص	معرفی
۱	شاخص زیست‌اقلیمی بیکر	این روش که تلفیقی از کمیت‌های دما و جریان باد است، جامع‌تر و مناسب‌تر است. رابطه بیکر قدرت خنک‌کنندگی محیط را با استفاده از پارامترهای سرعت باد و دمای روزانه محاسبه می‌کند.
۲	شاخص فشار عصبی	دارای دو معادله در دمای بیشتر و کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد: محاسبه شاخص دما موثر با استفاده از رطوبت نسبی و دما در دماهای بیش از ۲۰ درجه سانتی‌گراد، و محاسبه قدرت خنک‌کنندگی یا سوز باد با استفاده از دما و سرعت باد در دماهای کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد.
۳	استاندارد اشر ۵۵	استاندارد اشر ۵۵ که به معنای شرایط حرارتی محیطی برای سکونت انسان است، مشخص‌کننده استاندارد شرایطی است که در آن، دمای محیط برای درصد مشخصی از ساکنان مطلوب است. این استاندارد برای به‌کارگیری در طراحی، راه‌اندازی و مورد آزمایش قراردادن سیستم‌های تهویه مطبوع و ارزیابی محیط‌های دمایی HVAC در ساختمان‌ها و سایر فضاهای اشغال شده توسط انسان تدوین شده است. استاندارد ۵۵ اولین بار در سال ۱۹۶۶ منتشر شد. این استاندارد به طور گسترده‌ای به‌منظور ارزیابی آسایش حرارتی در ساختمان‌ها به کار بسته شده است که از نقاط قوت آن می‌توان از به‌روز کردن و بازنگری مستمر این استاندارد نام برد که برگرفته از آخرین دستاوردهای علمی آزمایش شده در زمینه آسایش حرارتی می‌باشد. استاندارد اشر ۵۵ ویرایش ۲۰۱۷ بر اساس نتایج اشر آرپی ۸۸۴ می‌باشد که در آن مجموعه داده‌هایی با

		تغییرات اقلیمی و جهانی مورد بررسی قرار گرفته است و شامل بیش از ۲۰۰۰۰ ورودی از خرده اقلیم در داخل فضاها و همچنین میزان مطلوبیت و احساس دمایی ساکنان است.
۴	شاخص آسایش اقلیم جهانی CTCI	شاخص آسایش اقلیم جهانی یا به اختصار UTCI، در سال ۲۰۰۵ توسط سازمان همکاری‌های توسعه فناوری و علوم اروپا بر اساس مدل تروفیزوبیولوژیک معرفی شد. این شاخص از جمله شاخص‌های هواشناسی زیستی به حساب می‌آید که در آن از پارامترهای مختلف فیزیولوژیک و اقلیمی استفاده شده است. این شاخص بر اساس معیارهای به‌دست‌آمده از واکنش‌های حاصل از بیشتر از ده دسته تنش حرارتی دسته‌بندی می‌شود. (تنش حرارتی قوی، ملایم، خفیف؛ بدون تنش حرارتی؛ تنش سرمایی خفیف، ملایم، قوی)
۵	شاخص ماهانه	برای مطالعه شاخص ماهانه به مطالعه نوسان شبانه‌روزی آب‌وهوا نیازی نیست و می‌توان به میانگین دمای بیشینه و کمینه و رطوبت نسبی بسنده کرد. این شاخص برای نخستین بار در سال ۱۹۷۱ توسط کارل ماهانی عرضه و سپس تکمیل شد. در این روش، ابتدا باتوجه به دما و رطوبت نسبی هوا در هر یک از ماه‌های سال، نوسان روزانه، نوسان سالانه، متوسط دمای هوا و وضعیت هوا در ارتباط با آسایش انسان بررسی می‌شود و سپس با به‌دست‌آوردن شاخص‌هایی، ویژگی‌های عناصر ساختمانی تعیین می‌شود. جداول ماهانه شامل دمای ماهانه هوا، رطوبت نسبی ماهانه، بارندگی ماهانه و جهت باد غالب می‌باشد.
۶	شاخص اوانز	(شاخص اوانز) برای تعیین منطقه آسایش انسان، شرایط چهارگانه‌ای را در رابطه با دمای خشک هوا در نظر می‌گیرد ۱- «رطوبت نسبی»، در چهار گروه (۰/۳-۰)، (۰/۵-۰/۳)، (۰/۷-۰/۵)، (۱-۰/۷) ۲- «جریان هوا»، از غیرمحسوس (۰/۱ متر در ثانیه) تا محسوس (۱ متر در ثانیه) ۳- «فعالیت»، استراحت یا کارهای سبک خانگی ۴- «پوشاک»، لباس سبک تابستانی تا پوشاک زمستانی درون خانه. برای ارزیابی شرایط گرمایی ماهانه هر محل با روش اوانز، باید بر اساس میانگین کمینه رطوبت نسبی هر ماه، «محدوده منطقه آسایش روزانه» تعیین شود و با میانگین بیشینه دمای هوای آن ماه مقایسه شود. «محدوده منطقه آسایش شبانه» در هر ماه نیز باتوجه به میانگین بیشینه رطوبت نسبی ماهانه مشخص می‌شود و با میانگین کمینه دمای هوای آن ماه سنجیده می‌شود.
۷	شاخص دمای موثر	دمای مؤثر یکی از شاخص‌های تعیین‌کننده محدوده آسایش محسوب می‌شود که به دمای خشک و تر وابسته است و شرایط راحتی و آسایش انسان را متناسب با جهت وزیدن باد نشان می‌دهد. برای به‌دست‌آوردن دمای مؤثر، به دمای تر (دمای مرطوب)، نیاز می‌باشد. دمای تر با استفاده از نمودار سایکروترمیک با وارد کردن میانگین دمای ماهانه هر ماه روی محور افقی و سپس وارد کردن رطوبت نسبی، از محل تلاقی با خط مورب دمای تر هر ماه به دست می‌آید.
۸	شاخص زیست اقلیمی اولگی	در این شاخص، با انتقال دما و رطوبت ماهانه در طول یک سال روی نمودار، ضمن مشخص شدن شرایط گرمایی هوای آن منطقه، می‌توان شرایط بحرانی هوا یا دوام سرما و گرمای سالانه هوا را نیز به دست آورد. اولگی (۱۹۶۳) شرایط رطوبتی و گرمایی محیط را در رابطه با نیازهای انسان مشخص نموده است. او به‌جای ارائه یک ضریب عددی، نموداری طراحی کرد که در آن منطقه آسایش انسان در رابطه با دمای خشک هوا و رطوبت نسبی تعیین می‌شود. این نمودار به پنج منطقه جداگانه تقسیم می‌شود. باتوجه به اثر سرمایشی باد و اثر گرمایشی تابش خورشید، دامنه آسایش در این نمودار گسترش می‌یابد.
۹	شاخص بیوکلیماتیک گیونی	در این شاخص، با انتقال دما و رطوبت ماهانه در طول یک سال روی نمودار، ضمن مشخص شدن شرایط گرمایی هوای آن منطقه، می‌توان شرایط بحرانی هوا یا دوام سرما و گرمای سالانه هوا را نیز به دست آورد. اولگی (۱۹۶۳) شرایط رطوبتی و گرمایی محیط را در رابطه با نیازهای انسان مشخص نموده است. او به‌جای ارائه یک ضریب عددی، نموداری طراحی کرد که در آن منطقه آسایش انسان در رابطه با دمای خشک هوا و رطوبت نسبی تعیین می‌شود. این نمودار به پنج منطقه جداگانه تقسیم می‌شود. باتوجه به اثر سرمایشی باد و اثر گرمایشی تابش خورشید، دامنه آسایش در این نمودار گسترش می‌یابد.
۱۰	شاخص دمای معادل فیزیولوژیک PET	شاخص دمای معادل فیزیولوژیک و شاخص متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده، از جمله مهم‌ترین شاخص‌های فیزیولوژیکی - دما محسوب می‌شوند. برای محاسبه شاخص دمای معادل فیزیولوژیک یا PET، تمام عناصر هواشناسی مؤثر در بیان انرژی انسان در یک ارتفاع مناسب زیست‌اقلیم‌شناسی مثل ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین اندازه‌گیری می‌شود. پارامترهای مؤثر مثل دمای هوا، فشار بخار، سرعت باد، دمای تابش متوسط محیط اطراف، بسته به موضوع مورد مطالعه اندازه‌گیری و یا از طریق مدل‌های رقومی محاسبه می‌شوند.

#### ۴- نتیجه گیری :

کیفیت زندگی میلیون ها نفر از مردم ساکن در شهر ها را می توان بهبود بخشید ، اگر عوامل مؤثر بر ریز اقلیم شهری درک شوند و شکل شهر به گونه ای که متناسب با موقعیت مکانی آن باشد به آنها پاسخ دهد . زیربنای این رویکرد این ایده است که طراحی شهری پاسخگو از نظر اقلیمی برای هر مفهوم پایداری حیاتی است . ساختمان های فردی را قادر می سازد تا بهتر از انرژی طبیعی استفاده کنند ، پتانسیل راحتی عابران پیاده و فعالیت در فضاهای بیرونی را افزایش می دهد .

در اقلیم عوامل تابش خورشیدی، باد، رطوبت نسبی، دما تأثیرگذارند و برای رسیدن به مطلوبیت اقلیمی و آسایش اقلیمی کنترل موارد فوق ضروری است. به عنوان آخرین نکته، برای داشتن یک میکرو اقلیم مطلوب در مناطق شهری ، جریان هوای مناسب و استفاده از دسترسی خورشیدی از عناصر اصلی است که باید در طراحی خیابان های شهری مورد توجه قرار گیرد که بر اقلیم و مصرف انرژی کل ساختمان ها تأثیر می گذارد. یعنی استفاده از مصالح مناسب بسته به نوع ویژگی های میکروکلیمای منطقه، تعیین دقیق جای پنجره ها، نحوه استقرار ساختمان، استفاده از پوشش گیاهی در طراحی فضاهای شهری و غیره شرایط زیست انسانی را بسیار مطلوب خواهد کرد و بسیاری از هزینه های اضافی ناشی از نادیده گرفتن عوامل اقلیمی در طرح های شهری و معماری صرفه جویی خواهد شد.

#### ۵- منابع :

۱. کتاب میکروکلیمای شهری طراحی فضاهای بین ساختمان از اویتر ارل، دیوید پیرل مائر و تری ویلیامسن و ترجمه مهدی مدیری و مهدی خزائی
۲. کنفرانس بین المللی علوم انسانی ، روانشناسی و علوم اجتماعی ، آبان ماه ۱۳۹۴ ، معماری همساز با اقلیم بافت تاریخی شهر دامغان ، محمد رحیم رهنما ، احمد ارجمند
۳. دومین کنفرانس بین المللی پژوهش های نوین در عمران ، معماری و شهرسازی ، اسفند ماه ۱۳۹۴ ، معماری همساز با اقلیم با تاکید بر مجتمع های مسکونی حانیه سادات میرزایی زاده -هادی محمودی نژاد
۴. دومین کنفرانس بین المللی نخبگان عمران ، معماری و شهرسازی ، آبان ماه ۱۳۹۵ ، معماری همساز با اقلیم ارومیه ، مهناز حیدری
۵. جغرافیا (فصلنامه علمی - پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیای ایران ) دوره جدید، سال سیزدهم، شماره ۴۷ زمستان ۱۳۹۴، معماری همساز با اقلیم کوهستانی خیلی سرد مطالعه موردی: خانه های تاریخی اردبیل ، راحله ظهوری قره درویشلو

۶. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۶، بهار ۹۹، استراتژیهای طراحی در معماری همساز با اقلیم، مطالعه موردی: شهر یزد صفحات: ۲۲، علیرضا انتظاری- فاطمه میوانه - فروغ خزاعی نژاد
۷. فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری-منطقه ای، سال نهم، شماره ۳۰، بهار ۱۳۹۸، شبیه سازی شرایط میکروکلیمایی و آسایش حرارتی در معابر اصلی کلان شهر کرمانشاه، کلثوم محمدی، حسن ذوالفقاری، طاهره کولیوند
۸. معماری شناسی | نشریه اختصاصی معماری و شهرسازی ایران، سال سوم شماره ۱۴ بهار ۱۳۹۹، بررسی معماری همساز با اقلیم در منازل مسکونی کاشان، علی دربان، صدیقه السادات صالحی
۹. نشریه علمی بوطیقای معماری، سال ۲ زمستان ۱۴۰۱، شماره ۷، ارائه استراتژی های بیوفیلیک معماری همساز با اقلیم با استفاده از تحلیل عوامل کلیماتولوژی؛ مورد پژوهی: شهر قم، پریسا ذوالفقاری، اعظم سادات رضوی زاده
۱۰. پنجمین کنفرانس بین المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی آبان ماه ۱۳۹۵، بررسی تأثیر اقلیم گرم و مرطوب بر معماری استان بوشهر، سعید غیب آلهی، علیرضا قاراخانی
۱۱. پژوهش های نوین در عمران، معماری و شهرسازی، آذر ماه ۱۳۹۴، جستجوی اصول طراحی پایدار در طراحی مجتمع های مسکونی اقلیم معتدل و مرطوب، محترم فاتحی
۱۲. همایش ملی معماری و شهرسازی بومی ایران، بهمن ماه ۱۳۹۴، بررسی نقش عوامل اقلیمی در شکل گیری بافت شهری ( نمونه موردی: شهرستان بجنورد )، نیاز علی امانی، مهرداد مظاهری کوکبی، عباس خدا بنده

13. Citation for published version: Ampatzidis, P & Kershaw, T 2020, 'A review of the Impact of Blue Space on the Urban Microclimate', Science of the Total Environment, vol. 730, 139068. P. Ampatzidis & T. Kershaw Department of Architecture and Civil Engineering
14. International Journal of Sustainable Building Technology and Urban, 2016, **Development Urban microclimate and thermal comfort modelling: strategies for urban renovation** Irina Tumini, Ester Higuera García & Sergio Baereswyl Rada
15. Sustainable Cities and Society 2015, **Urban microclimate analysis with consideration of local ambient temperature, external heat gain, urban ventilation, and outdoor thermal comfort in the tropics** Marcel Ignatius a,\*, Nyuk Hien Wonga, Steve Kardinal Jusuf
16. Civil engineering, architecture, urban planning and sustainable environment, 2016, **Urban Morphology and Microclimate: Street Design and Layout Effects on Air and Solar Access in Urban Canyons**, Mehdi Makvandi, Baofeng Li
17. Towards SBE: from Policy to Practice IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 329 (2019) **Simulation-Informed Urban Design: Improving Urban Microclimate in Real-World Practice in a High Density City**. Jianxiang Huang<sup>1</sup>, Tongping Hao<sup>1</sup>, Shan Shan Hou<sup>2</sup>, Phil Jones
18. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022, **A Review of Urban Microclimate Research Based on CiteSpace and VOSviewer Analysis** Jiajing Li, Yang Mao, Jingyi Ouyang and Shuanning Zheng