

# مقایسه آسایش حرارتی بازار قدیم و جدید از منظر تابش خورشیدی با پرسشنامه و شبیه سازی اکوتکت ( نمونه موردی: شهر شیراز )

زهرا برزگر<sup>۱</sup>، مریم رسائی پور<sup>۲</sup>، نازنین بندگاله<sup>۲</sup>، سعیده منصوری<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت مقاله:

۹۴/۱۰/۸

تاریخ پذیرش مقاله:

۹۵/۳/۹

## چکیده:

در این تحقیق ساختارگرا دو نمونه بازار قدیمی و کیل و جدید ملاصدرا، به عنوان یکی از پرتددترین مکان های شهری در شهر شیراز از لحاظ آسایش حرارتی مورد بررسی قرار گرفتند و با استفاده از پرسش نامه از ۱۲۰ نفر مشتری و مغازه دار هر دو نمونه موردی، به عنوان جامعه آماری، سوالاتی در رابطه با ساعات تابش آفتاب و وجود سایه مطرح و با استفاده از نرم افزار اکوتکت سطوح سایه و تابش آفتاب در نمونه موردی جدید به منظور اطمینان بیشتر ترسیم گردید. نتایج حاکی از عدم رضایت ۷۳,۳ درصدی مشتریان خیابان ملاصدرا از سطوح سایه بویژه در بعد از ظهرها و استفاده ۹۳,۳ درصدی مغازه داران از وسایل گرمایشی و سرمایشی است که تضاد شدیدی را با نتایج بدست آمده از بازار و کیل که در آن مشتریان به دلیل مسقف بودن آن در اکثر ساعات براحتی در بازار به خرید مشغولند، نشان داد. دلیل این امر عدم سازگاری اقلیمی و جهت گیری مناسب و عدم کیفیت مناسب سایه بان در نمونه معماری جدید است. در انتها، پیشنهادهایی در جهت رفع عیوب خیابان ملاصدرا و افزایش آسایش حرارتی در این خیابان ارائه گردید...

## کلمات کلیدی:

آسایش حرارتی، سایه در فضای شهری، تابش خورشیدی، بازار، شهر شیراز

## مقدمه

اهمیت مقوله آسایش حرارتی تا حدی است که بسیاری از محققان و دانشمندان علوم مختلف از جمله معماری، شهرسازی، جغرافیا، مکانیک، انرژی و غیره بدان پرداخته اند. از جمله معروفترین این فعالان در بخش معماری، هنسن نام دارد که نظرات بسیار ارزشمندی در این رابطه ارائه نموده است. از نظر هنسن [۲۳] آسایش حرارتی شرایطی است که در آن آسایش محیط حرارتی برای انسان برآورده می شود. البته دانشمندانی همانند فنگر [۲۰]، مکینتایر [۲۴] و گاک (۱۹۸۶) [۲۳] نیز آسایش حرارتی را در ارتباط با توازن حرارتی بدن انسان در نظر گرفته اند. این توازن در مرحله اول تحت تاثیر پارامترهای محیطی همانند درجه حرارت هوا، درجه حرارت تابشی، سرعت نسبی هوا و رطوبت نسبی و در مرحله دوم پارامترهای انسانی همانند سطح فعالیت و یا میزان سوخت و ساز بدن و مقاوت حرارتی لباس قرار دارد. بنابراین، زون و یا منطقه آسایش حرارتی به عنوان ناحیه ای تعریف می گردد که در آن، ترکیب مطلوبی از دمای هوا، مقدار رطوبت نسبی، حرکت هوا و دمای متوسط تشعشعی، محدوده مشخصی را جدا می سازد که اکثریت افراد احساس آسایش می کنند [۲۵]. آنچه انجمن مهندسان تهویه مطبوع، سرمایه و گرمایش آمریکا، اشری<sup>۱</sup> [۱۸] به عنوان عوامل آسایش حرارتی بر می شمرد، چنین است: درجه حرارت هوا، رطوبت، سرعت و شدت باد، درجه حرارت تابشی و شرایط محیطی دیگر مانند پوشش، جنسیت، سن فرد، و فعالیت های فیزیکی. مسلماً ترکیب تمامی عوامل بر انسان تاثیر می گذارد و با آسایش فیزیکی و حتی روحی او مرتبط می شود. از دیگر سو، تامین آسایش انسان در محیط هایی که با آن سروکار دارد و به استراحت می پردازد نیز از جمله نیازهای اساسی است که در حیطه کار طراحان و متولیان امر ساخت و ساز قرار دارد. به جرات می توان گفت آسایش حرارتی از مهمترین معیارها در طراحی ساختمان بر اساس صرفه جویی در مصرف انرژی است که در صورت عدم توجه به آن، در نتیجه افزایش مصرف ضرری جبران ناپذیر به اقتصاد وارد می شود و تداوم تخریب محیط زیست زمینه سازی می گردد [۴]. برآوردن نیاز آسایشی انسان با استفاده از حداقل انرژی، صیانت از محیط زیست، و درنهایت، نائل آمدن به معماری و شهرسازی پایدار مساله ای است که از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است.

آنچه این تحقیق به دنبال آن است بررسی تفاوت آسایش حرارتی در دو نمونه معماری جدید و قدیم بازارهای ایرانی در دو فصل تابستان و زمستان است. بدین منظور، بازار وکیل یکی از شاهکارهای معماری سنتی و خیابان تجاری ملاصدرا در شیراز در نظر گرفته شده و با استفاده از جامعه آماری ۱۲۰ نفره مغازه داران و مشتریان، و البته استفاده از نرم افزار اکوتکت ۲۰۱۱، به منظور ارائه سطوح سایه، وضعیت دو نمونه موردی سنجیده می گردد تا ارتباط بین طراحی و انرژی بررسی و نقاطی که برای سایه افکنی به منظور تامین آسایش انسان ضروری است، مشخص گردد.

## پیشینه تحقیق (آسایش حرارتی)

اهمیت مطالعه آسایش حرارتی از آن جهت است که می تواند به طراح کمک نماید با استفاده از حداقل انرژی شرایط

گرمایش و سرمایش را تامین نماید. توجه به این امر در معماری و حتی در مقوله وسیع تر آن یعنی شهرسازی از نکاتی است که باید مورد توجه جدی قرار گیرد. همانگونه که بیان شد، آسایش حرارتی شرایطی از ادراک است که در آن محیط پیرامون از لحاظ حرارتی رضایت بخش باشد [۴]. همانگونه که پیشتر بیان شد، این موضوع مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است که برای مثال می توان به تحقیقات ارزشمند یکی از پیشگامان در این زمینه اشاره نمود که فنگر [۲۰] نام دارد. او محدوده آسایش حرارتی را بر اساس محاسبه میزان تبادل حرارت بدن انسان و محیط ارائه کرد [۱۰]. هنسن [۲۳] از دیگر محققان در این زمینه، آسایش حرارتی را از مقوله پارامترهای محیطی بررسی می نماید و بر این عقیده است که بدن انسان تحت تاثیر متابولیسم، گرما تولید می کند، این حرارت و گرما را با محیط تبادل می کند، و با تبخیر مایعات در بدن آن را از دست می دهد. او همچنین بین تحقیقات انجام شده بر سیستم تنظیم حرارت و ایجاد شرایط قابل قبول و راحت حرارتی تمایز قائل شد [۲۳]. هنسن خود علاقه مند به نوع دوم است. نیکل و هیمفریز [۲۵] نیز به آسایش حرارتی تطبیقی و استاندارد های قابل تحمل برای ساختمان ها و مقایسه آن با شاخص های منطقی پرداخته اند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از شاخص های منطقی در شرایط واقعی مشکل است، آنها همچنین روش های اندازه گیری آسایش را بررسی نموده اند.

از تحقیقات انجام گرفته در ایران نیز می توان به قیابکلو [۸] اشاره نمود که به بررسی روش های تخمین محدوده آسایش حرارتی و عوامل مهم تاثیرگذار بر آسایش فیزیکی انسان در رابطه با محیط اطراف پرداخته است و بیان می دارد که به رغم باور عمومی، عواملی چون سن، جنس، رنگ فضا و شرایط اقلیمی تاثیر چندانی در احساس آسایش گرمایی ندارند که از این حیث با هیجز [۲۲] دیدگاه مشترکی دارد. افراد دیگری چون فنگر [۲۰]، هنسن [۲۳]، صادقی روش [۱۰] و برزگر [۲] بر این عقیده اند که عوامل انسانی، و شرایط اقلیمی تاثیر بسزایی بر مقوله آسایش حرارتی دارند و نه تنها با جسم بلکه با روح انسان نیز در ارتباط می باشد.

اهمیت موضوع آسایش حرارتی در اقلیم های متنوع امری است که نمی توان منکر آن شد. ایران نیز از جمله کشورهایی است که با تنوع آب و هوایی همراه می باشد. بنابراین، دستیابی به موثرترین روش به منظور اندازه گیری آسایش در مناطق مختلف جغرافیایی و تعیین نوع تیپ معماری بسیار اهمیت دارد که به عنوان نمونه هایی از این تلاش ها می توان به این موارد اشاره نمود: قیابکلو [۸]، حیدری [۴]، صادقی روش [۱۰]، حیدری [۱۱]، هاشمی [۱۷]، منشی زاده [۱۴]، افشاری [۱]، برزگر [۳].

حیدری [۴] در مقاله خود به مطالعاتی اشاره می کند که در راستای تعیین محدوده های دمایی و حرارتی صورت پذیرفته است. برای مثال، مطالعات صورت گرفته در شهرداری لندن در انگلستان (۱۹۷۱) نشان داد که ۲۳ درجه سانتی گراد دمای خنثی است که نسبت به مطالعات انجام شده در آمریکا و دانمارک انحراف ۳ درجه را نشان می داد. ۲۰ سال بعد در سنگاپور دمای ۲۸ درجه و در مالزی دمای ۲۸,۳ درجه بعنوان دمای خنثی به دست آمد. در مطالعه ای دیگر در دو شهر

پاکستان دماهای ۲۶,۷ و ۲۹,۹ به ترتیب برای شهرهای پیشاور و کراچی به عنوان دمای راحتی به دست آمدند. این اختلاف در دمای خنثی و بعد از بررسی شرایط آب و هوایی مناطق مختلف نشان از مساله‌ای می‌دهند که ورای تغییرات جسمی و فیزیولوژیکی است. حیدری در ادامه اشاره می‌کند که به نظر هنسل اثر رطوبت روی آسایش حرارتی، اثری جزئی است. در دو مطالعه مشخص شد زمانی که دما در داخل یا نزدیک محدوده آسایشی افراد است، نوسان رطوبت نسبی در دامنه ۲۰ تا ۶۰ درصد هیچ تاثیری بر آسایش حرارتی افراد ندارد، اما در مطالعه ای دیگر استدلال شد که رطوبت اثر قطعی بر آسایش حرارتی دارد. این مطالعه بر روی تغییر وضعیت رطوبت در محدوده ۲۰ تا ۸۰ درصدی حاکی از آن بود که استانداردها، اثر گرمایی مربوط به رطوبت زودگذر را بر انسان نادیده گرفته اند.

تحقیقات صورت پذیرفته در مقوله مورد نظر را می‌توان به دو دسته تقسیم نمود: دسته اول شامل مواردی هستند که از روش محاسباتی استفاده نموده اند همانند استفاده از دمای موثر، تعیین دمای آسایش بر اساس متوسط دمای محیطی، تعیین محدوده آسایش بر روی جدول سایکرومتریک، و تعیین محدوده آسایش بر اساس تخمین متوسط آرای [۸]؛ استفاده از دیدگاه جدید اشری در پروژه ۸۸۴ که به نظر حیدری با استاندارد های ایران خوانایی بیشتری دارد [۴]؛ استفاده از مدل اولگی و اصلاح مرز های آسایش حرارتی این مدل [۱۰]؛ و استفاده از همان روش اولگی در جهت ترسیم نمودار نیاز سایه و آفتاب شهر شیراز [۱۹]؛ استفاده از فنون سرمایشی با لحاظ پهنه بندی اقلیمی کوپن [۲]؛ تعیین خصوصیات ساختمانی با استفاده از روش ماهانی و گیونی [۱]؛ استفاده از دمای معادل فیزیولوژیکی که بنا بر نظر حیدری و منعم دارای دقت بالاتری برای پیش بینی میانگین آسایش حرارتی می‌باشد که همبستگی بالاتری نیز با احساس حرارتی افراد در فضای باز دارد [۶].

دسته دوم نیز مواردی می‌باشند که از روش نرم افزاری استفاده نموده اند همانند استفاده از نرم افزار اشری کامفورت است که این برنامه شامل متغیر های موثر بر آسایش حرارتی مانند دمای هوا، رطوبت نسبی، میزان فعالیت و پوشش و سرعت وزش باد بوده و می‌تواند با توجه به این متغیرها وضعیت حرارتی و میزان نیاز به گرمایش، سرمایش و رطوبت را مشخص کند [۵] و همچنین استفاده از نرم افزار اکوتکت و واساری به منظور شناسایی محدوده های بحرانی از منظر خرد اقلیم [۱۴] است. همچنین با ترکیب روش محاسباتی و شبیه سازی نرم افزاری، هاشمی [۱۷] با الگوبرداری از گلخانه ها و استفاده از نرم افزار انرژی پلاس (نرم افزار محاسبات انرژی) و جدول بیوکلیماتیک اولگی به بررسی وضعیت حرارتی هوای آزاد برای آسایش انسان و تعیین اهمیت تاثیر هر یک از عناصر اقلیمی در شرایط حرارتی فضا های باز پرداخته است.

اکثر مطالعات انجام گرفته در زمینه آسایش حرارتی اهمیت پرداختن به تامین آسایش در فضاهای باز را نشان می‌دهند، زیرا در فضاهای بسته با استفاده از تجهیزات مکانیکی می‌توان شرایط آسایش را، گرچه با صرف انرژی بیشتر، براحتی فراهم نمود. تامین آسایش در فضاهای باز وابسته به شناخت شرایط اقلیمی و محیطی و طراحی متناسب با اقلیم است. به جرات می‌توان گفت که ایجاد سایه در فضا های باز تا حد بسیار زیادی می‌تواند در آسایش حرارتی افراد استفاده کننده از آن فضا در فصول گرم موثر باشد که در ادامه به آن پرداخته می‌شود.

### سابقه تحقیق سایه ساختمان

سایه، منطقه تاریک پشت جسم حاجبی است که مانع تابش نور و انرژی گرمایی از منشا تابنده گردد [۱۱]. آنچه در طراحی ها اهمیت دارد، بررسی مسیر حرکت سایه ساختمان ها، درخت ها و سایر عوامل مصنوع و غیرمصنوع اطراف یک بنا و روش ترسیم آن است که شکل آن بسته به نوع توپوگرافی، درصد شیب و جهت شیب زمین متغیر است [۹] و تاثیر بسزایی بر آسایش انسان می گذارد.

از جمله روش هایی که به بررسی سایه، نحوه ایجاد و تاثیر آن در ایران می پردازند، شامل این موارد است: استفاده از نقاب سایه اولگی [۲۶]؛ قیابکلو [۹] استفاده از سایه تک بنا با استفاده از توپوگرافی زمین را مورد بررسی و سنجش قرار داده است؛ مهدوی نژاد و جوانمردی [۱۵] با استفاده از مدل سازی و شبیه سازی عددی به بررسی سایه و آسایش پرداخته اند؛ حبیب و برزگر [۲۱] نیز با استفاده از روش محاسباتی دافی جهت ترسیم سایه های ناشی از ایوان در راستای محاسبه تاثیر ایوان بر میزان تابش دریافتی بدنه ها همت گماشتند. طاهباز [۱۱] نیز در تحقیق خود به طراحی سایه در فضای باز مخصوصا اقلیم گرمسیری و سپس ارزیابی عملکرد آن در طول یکسال با استفاده از روش نقاب سایه الگی می پردازد.

### معرفی نمونه های موردی

شیراز مرکز استان فارس در ۵۲ درجه و ۳۵ دقیقه طول جغرافیایی و ۲۹ درجه و ۳۲ دقیقه عرض جغرافیایی و بر روی جلگه ای با ارتفاع ۱۴۹۱ متر از سطح دریا های آزاد قرار گرفته [۱۲] و از نظر تقسیم بندی اقلیمی کوپن، در اقلیم نیمه گرم و خشک قرار گرفته است [۱۹]. جدول شماره (۱) باتوجه به آمار سال های ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰ سازمان هواشناسی [۷] مشخصات اقلیمی این شهر را نشان می دهد. همچنین با توجه به جداول ارائه شده توسط سازمان هواشناسی (بین سال های ۱۳۷۸-۱۳۸۸) می توان میانگین حداکثر دمای شیراز را ۳۸/۵۳ درجه سانگراد مربوط به ماه تیر و حداقل آن را ۰/۴۳ درجه سانتی گراد مربوط به دی ماه دانست (جدول ۱).

اولین نمونه موردی، بازار وکیل است که در شرق میدان شهرداری شیراز و جنب مسجد وکیل واقع گردیده و از ساخته های کریم خان زند است که ظاهرا ساختمان آن در سال ۱۱۸۷ ه.ق آغاز شده است. این بنا مساحتی برابر با ۳۱۸۴۰ مترمربع و زیربنایی برابر با ۲۳۹۶۰ مترمربع (با احتساب کاروانسراها) داراست [۱۶]. این بازار دارای ۷۴ دهانه طاق ضربی با ارتفاع بیش از ۱۱ متر است که به علت خاکریزی کف بازار، ارتفاع طاق ها به ده متر تقلیل یافته است [۱۶] (شکل ۱).

این بازار دارای سه فضای عبور و مرور (فضایی برای گذر مشتریان)، حریم مغازه (به ارتفاع تقریبی ۲ پله بالاتر از سطح زمین)، فضای مغازه (محل فروش) می باشد و دارای دو رشته شمالی-جنوبی و شرقی-غربی است که چون صلیبی یکدیگر را قطع کرده اند. تهویه بازار، توسط بادگیر هایی ساده انجام می گرفته است. دریاچه هایی نیز به نام جامخانه یا هور

نور در زیر سقف بازار تعبیه شده بودند که پس از مرمت این روزنه ها بسته شده اند و به جای آنها در بالای بازار، مشبک هایی جهت تهویه هوا و روشنایی وجود دارد [۱۶] (شکل ۱).



شکل ۱) چپ: موقعیت نمونه های موردی در شهر شیراز، وسط: نمونه های موردی خیابان ملاصدرا، راست: بازار وکیل

جدول ۱) میزان بارندگی و یخبندان شیراز [۷].

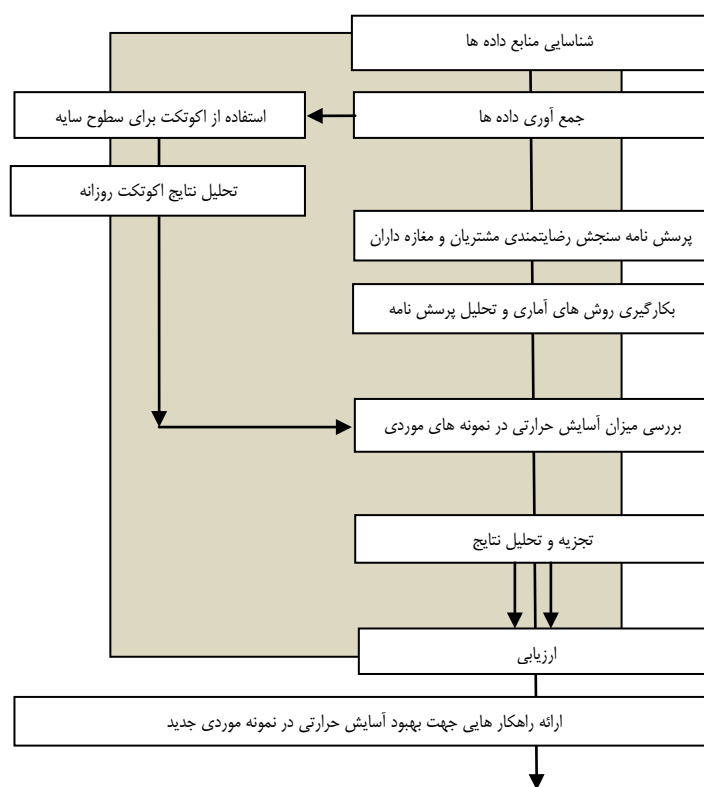
میزان	مولفه (واحد)	ردیف
۳۳۴/۷	معدل میزان بارندگی mm	۱
۱۲۸	حداکثر بارندگی روزانه mm	۲
۴۱	میانگین رطوبت نسبی	۳
۳۳۵۸/۸	مجموع ماهیانه ساعات آفتابی	۴

راسته بازار انتخابی دیگر خیابان ملاصدرا در ضلع جنوبی میدان نمازی است که از سال ۱۳۵۸ ساخت آن آغاز شده و براساس آمار پایگاه اطلاع رسانی سازمان شهرداری دارای ۳۰ متر عرض و ۷۶۰ متر طول است. این خیابان نیز شمالی - جنوبی است که در تصویر شماره (۱) موقعیت و جهت هردو نمونه نشان داده شده است. در این تحقیق، حدود ۶۰ متر از بازار وکیل و به میزان طول برابر از خیابان ملاصدرا به منظور سنجش آسایش حرارتی انتخاب شد (شکل ۱).

### روش تحقیق

از دیرباز دو روش عمده در مطالعات آسایش حرارتی رایج بوده است. اولین روش، مطالعات آزمایشگاهی و دومین روش مطالعات میدانی است. در مطالعات آزمایشگاهی افراد در شرایط خاص و کنترل شده قرار گرفته و مورد پرسش قرار می گیرند، ولی در مطالعات میدانی افراد در دنیای واقعی و بدون تغییر شرایط محیطی مورد سوال هستند [4]. در این تحقیق، ترکیبی از هر دو روش به کار گرفته شده است که در بخش نخستین با شرایط شبیه سازی از نرم افزار اکوتکت

۲۰۱۱ جهت برآورد سطوح سایه و تابش آفتاب بر جداره نمونه های موردی بهره برده شد و اما در بخش دوم، با پرسش نامه هایی حاوی ۲۸ سوال در رابطه با ساعت های تابش آفتاب بر پیاده رو و ویتترین مغازه ها در ملاصدرا (از آنجا که بازار وکیل مسقف است این سوال در این نمونه حذف شد)، ساعت های مناسب خرید از نظر مشتریان در هر دو نمونه موردی در هر فصل به صورت جداگانه، استفاده از انواع روش های ایجاد سایه و ساعت های استفاده تجهیزات مکانیکی خنک کننده و گرم کننده در هر دو نمونه تهیه شد. پس از جمع آوری اطلاعات، داده ها توسط نرم افزار SPSS مورد سنجش قرار گرفتند تا رابطه زمان تابش با بهترین ساعت خرید مشتریان مشخص گردد تا ساعات استفاده از انرژی به منظور سرمایه‌ش و گرمایش در دو خیابان با هم مقایسه شود. مراحل تحقیق حاضر در شکل (۲) ارائه گردیده است.



شکل ۲) نمودار روند اجرایی تحقیق

شایان ذکر است به منظور انجام این تحقیق گرمترین روز سال در تابستان شیراز بنا بر گزارش ها و آمار های ده سال اخیر سازمان هواشناسی انتخاب شد (۱۵ تیر) و بر اساس آن روز ۱۵ دی سردترین روز سال نیز در فصل زمستان مدنظر قرار گرفت. سپس با استفاده از نرم افزار اکوتکت ۲۰۱۱ سطوح سایه و تابش آفتاب بر خیابان، پیاده رو و جداره ها ترسیم گردید (شکل های ۳ و ۴).

## نتایج

### شبیه سازی وضعیت سایه و تابش خورشیدی با کمک نرم افزار اکوتکت

این مقاله به بررسی آسایش حرارتی افراد در دو نمونه موردی در زمستان و تابستان می پردازد که در ادامه بدان ها اشاره می شود.

#### دریافت تابش و وضعیت سایه در زمستان

نمونه موردی اول، بازار وکیل است که در بافت قدیمی شیراز واقع گردیده است. به دلیل وجود سقف در بازار وکیل، در کلیه فصول، سایه بر فضا حاکم است، اما نکته اقلیمی سایه در زمستان، فرو رفتن بازار در داخل زمین است که سبب گردیده در زمستان از گرمای زمین بهره گرفته شود و در عین حال با استفاده از روش ذخیره حرارتی و تاخیر حرارتی بدنه ها و سقف، گرمای خورشید در بدنه ها ذخیره گردد.

اما نمونه موردی دوم، خیابان تجاری ملاصدرا در بافت جدید شیراز و مستقیماً تحت تاثیر آفتاب است. با استفاده از نرم افزار اکوتکت ۲۰۱۱ میزان تابش آفتاب بر این خیابان از ساعت ۶ تا ۱۹ در روز ۱۵ دی سنجیده شد. این نرم افزار قابلیت شبیه سازی انرژی را دارد و با استفاده از این نرم افزار در معماری می توان عملکرد ساختمان های موجود و طراحی ساختمان های جدید را بهبود بخشید.

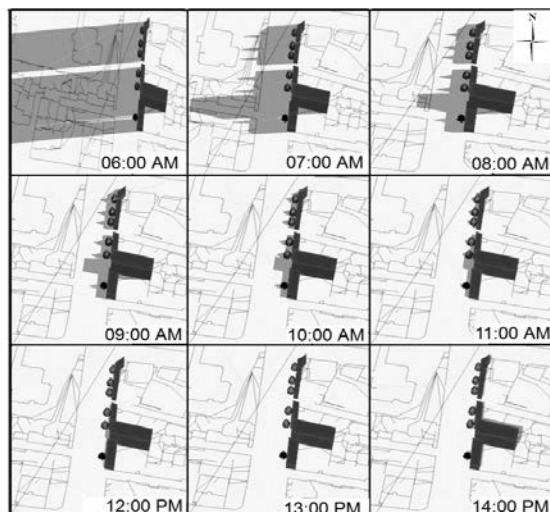
در گزارش فصل زمستان نرم افزار خیابان ملاصدرا، با ترسیم سایه های بدنه شرقی در هر ساعت از طلوع تا غروب معلوم گردید که از ساعت ۶ تا ۱۱ صبح زمستان، بدنه مغازه ها و کف پیاده رو کاملاً در سایه بوده است. اما از ساعت ۱۱ تا حدود ظهر شرعی تنها بدنه مغازه ها در سایه می باشند و کف پیاده رو در آفتاب بوده است. البته از ظهر شرعی به بعد مغازه ها کاملاً در آفتاب بوده اند. شایان ذکر است در ارائه تصاویر مربوط به نرم افزار مطرح در مقاله تنها از تصاویری استفاده شد که نشاندهنده سایه بر سطح خیابان و پیاده رو است که تنها در بازه زمانی ۶ الی ۱۴ زمستان است (شکل ۳).

#### دریافت تابش و وضعیت سایه در تابستان

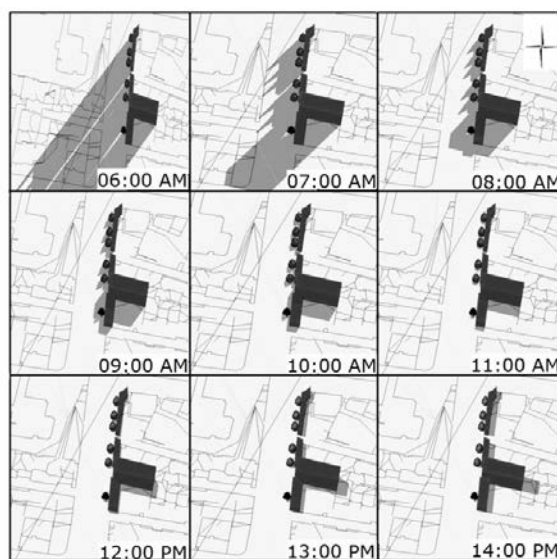
همانگونه که بیان شد، به دلیل وجود سقف و بادگیر در بازار وکیل تابش آفتاب مستقیماً بر بازار تاثیر نمی گذارد. با وزش باد، هوا وارد ستون بادگیر شده، گرمای هوا به سطوح داخلی دیواره بادگیر منتقل و در نهایت، هوای خنک وارد ساختمان می شود. مهمترین مزیت آنها خنک سازی هوا بدون بکارگیری انرژی الکتریکی است [۱۳].

اما در رابطه با نمونه موردی دوم نیز با استفاده از نرم افزار اکوتکت ۲۰۱۱ میزان تابش بر خیابان ملاصدرا در گرم ترین روز سال (۱۵ تیر) از طلوع تا غروب خورشید نیز مشخص گردید (شکل ۴). نتایج حاکی است از ساعت ۸ تا ۱۰ صبح سایه بر پیاده رو قرار دارد، اما بعد از آن آفتاب تمام پیاده رو را فرا می گیرد و این امر تا ساعت ۱۹ ادامه دارد.





شکل ۳) سطوح سایه در زمستان (۱۵ دی) در ضلع شرقی خیابان مالاصدرا با کمک نرم افزار اکوتکت



شکل ۴) سطوح سایه در تابستان (۱۵ تیر) در ضلع شرقی خیابان مالاصدرا با کمک نرم افزار اکوتکت

#### بررسی میزان رضایتمندی جامعه آماری

با استفاده از پرسشنامه نظر ۱۲۰ نفر جامعه آماری در این تحقیق سنجیده شد که شامل ۳۰ نفر مغازه دار خیابان تجاری مالاصدرا و ۳۰ نفر از مشتریان آنها، ۳۰ نفر مغازه دار بازار وکیل و ۳۰ نفر از مشتریان آنها می باشند. تعداد مغازه داران از بین ۱۰۰ نفر انتخاب گردید که از این میان، ۳۰ درصد به عنوان جامعه آماری انتخاب شدند. از میان تعداد

مشتریانی که از دو بازار استفاده می کنند نیز ۲۰ درصد در هر بازار به عنوان جامعه آماری انتخاب گردید. کمتر از این تعداد، پایای و روایی تحقیق حاصل نمی گشت و تحقیق از تعداد بیشتر نیز به دلیل کمبود زمان مقدور نبود (جدول ۲ و ۳).

#### رضایتمندی در زمستان

نتایج پرسشنامه مربوط به خیابان تجاری ملاصدرا نشان داد که بهترین ساعت کار بازار در صبح زمستان از نظر ۹۰ درصد مغازه داران بین ساعت های ۱۱ تا ۱۳ و در عصر زمستان بین ساعت های ۱۷ الی ۱۹ می باشد (۹۵/۶ درصد) با توجه به اینکه در این ساعت ها سایه زیادی بر پیاده رو وجود ندارد و با توجه به نتیجه نرم افزار می توان اظهار داشت که مشتریان به دلیل وجود آفتاب بر پیاده رو، این ساعت های را بیشتر برای خرید انتخاب می کنند.

هفتاد درصد مغازه داران این بازار نیز اذعان داشتند که در صبح زمستان، آفتاب بر روی ویتترین مغازه ها نمی افتد و تمامی آنها بیان نمودند که در ساعت های ۱۳ الی ۱۵ آفتاب بر روی ویتترین ها وجود دارد. پرسشنامه مربوط به تابش آفتاب بر سطح پیاده رو نیز نشان داد که همه مغازه داران معتقد بودند بین ساعت ۱۱ تا ۱۳ و ۱۳ تا ۱۵ آفتاب بر روی سطح پیاده رو وجود دارد. تمام مغازه داران این منطقه در بین ساعت های ۹ تا ۱۱ صبح و تنها ۶۳/۳ درصد در بین ساعت های ۱۱ تا ۱۳ از وسایل گرمایشی استفاده می نمایند. در عصر نیز بین ساعت های ۱۵ تا ۱۷ حدود ۴۲/۶ درصد و در بین ساعت های ۱۷ الی ۱۹ حدود ۷۶/۶ درصد از مغازه داران مجبور به استفاده از این وسایل می باشند. در دیگر ساعت های صبح و یا بعد از ظهر نیز جواب صفر درصد است، زیرا مغازه داران در این زمان ها تعطیل هستند.

پرسشنامه مربوط به مشتریان بازار ملاصدرا نیز نشان داد که در صبح زمستان حدود ۸۶/۶ درصد افراد زمان مناسب خرید را در ساعت های ۱۱ تا ۱۳ می دانند و به همین میزان نیز در عصر زمستان بین ساعت های ۱۷ تا ۱۹ برای تمایل به خرید دارند که با توجه به اختلاف بسیار کم در درصد اظهار نظر مغازه داران و مشتریان می توان صحت این مطلب را پذیرفت. اما در بازار وکیل نیز ۸۱/۶ درصد مغازه داران بیان داشتند که ساعت های مناسب خرید در صبح زمستان بین ساعت های ۱۱ تا ۱۳ است و ۷۰ درصد از آنها ۱۷ الی ۱۹ را ساعت های کاری شلوغ خود دانستند. به دلیل مسقف بودن بازار وکیل، آفتاب بر پیاده رو و یا ویتترین مغازه های موجود در بازار وجود ندارد. لذا، این سوالات از بخش بازار وکیل حذف شد. در بازار به علت استفاده از معماری و مصالح قدیمی و وجود سقف و فرورفتن بازار در زمین، ۶۶/۶ درصد مغازه داران اظهار داشتند که از هیچگونه وسایل و تجهیزات گرمایشی استفاده نمی کنند و تنها عده معدودی (۳۳/۳ درصد) در ساعت های ۹ تا ۱۱ صبح و (۳۰ درصد) در ساعت های ۱۷ الی ۱۹ از بخاری استفاده می کنند (جدول ۲). در رابطه با ساعت های مناسب خرید صبح از نظر مشتریان ۷۳/۳ درصد ساعت های ۱۱ الی ۱۳ را مناسب دانستند و در عصر ۷۰ درصد ساعت های ۱۵ الی ۱۷ را ترجیح داده اند (جدول ۱).

#### رضایتمندی در تابستان

نتایج پرسشنامه مربوط به تابستان در خیابان ملاصدرا نشان داد که ۸۱/۶ درصد مغازه داران بازه زمانی ۹ الی ۱۱ را

بهترین ساعت های فروش صبح می دانند و در عصر نیز تمامی مغازه داران ساعت های بین ۱۷ تا ۱۹ را بهترین ساعت های کار بازار دانستند. با توجه به بررسی های انجام شده و نتایج نرم افزار اکوتکت می توان استنتاج کرد که به علت وجود سایه، این ساعت ها مناسب ترین بازه زمانی کار بازار می باشند. به منظور ایجاد سایه در تابستان، ۶۰ درصد مغازه داران در این منطقه از سایه بان متحرک استفاده می نمایند و در این راستا، ۳۳/۳ درصد نفر از مغازه داران وجود سایه بالکن و ۶۶/۶ درصد نیز سایه درختان را از روش های سایه اندازی معرفی کردند. ده درصد نیز روش های سنتی دیگر را برای ایجاد سایه به کار می برند.

در رابطه با سایه بر ویترین مغازه های این خیابان، همه ۳۰ نفر مغازه دار اذعان داشتند که در بین ساعت های ۱۱ تا ۱۳ آفتاب بر روی ویترین ها وجود دارد و در عصر نیز در تمامی بازه های زمانی در نظر گرفته شده یعنی ۱۳ تا ۱۹ پرتو آفتاب بر روی ویترین ها می افتد (شکل ۴).

در صبح تابستان نیز همه مغازه داران خیابان ملاصدرا بیان نمودند که در بازه زمانی ۱۱ الی ۱۳ آفتاب بر پیاده رو می افتد و در عصر نیز همگی اظهار داشتند که در بازه زمانی ۱۷ تا ۱۹ آفتاب بر پیاده رو وجود دارد. ۷۳/۳ درصد از مشتریان این خیابان نیز زمان مناسب خرید در صبح را بین ساعت های ۹ تا ۱۱ به علت نبود آفتاب بیش از حد، و همه آنان زمان مناسب خرید در عصر را ۱۷ تا ۱۹ عنوان نمودند. در صبح تابستان در این خیابان ۹۴/۶ درصد از مغازه داران در بازه زمانی ۱۱ الی ۱۳ و حدود ۹۶/۶ درصد در بین ساعت های ۱۷ تا ۱۹ عصر از تجهیزات خنک کننده استفاده می نمایند که البته به علت وجود آفتاب و نبود مشتری در ساعت های قبل از آن، مغازه ها در این ناحیه در تابستان بسته است و ساعت های کاری آنها از ۱۷ به بعد می باشد. اما در بازار وکیل ۸۵/۳ درصد از مغازه داران اعلام کردند که در ساعت های ۹ الی ۱۱ بهترین ساعت های کار آنها می باشد و در عصر نیز ۹۶/۶ درصد نفر بازه زمانی ۱۷ تا ۱۹ را ساعت های مناسب دانستند. ۷۶/۶ درصد مشتریان بازار وکیل بیان داشتند که ترجیح می دهند صبح ها در بازه زمانی ۱۱ تا ۱۳ و ۸۶/۶ نفر عصرها در بازه زمانی ۱۷ تا ۱۹ برای خرید به بازار مراجعه نمایند. البته به علت مسقف بودن این مکان و وجود هوای خنک در تابستان و گرم در زمستان، این بازار در تمامی ساعت های دارای مشتری است اما جامعه آماری ۳۰ نفره این تحقیق بازه های زمانی مذکور را بهترین ساعت ها برای خرید خود اعلام کردند (جدول ۲).

در مورد استفاده از وسایل خنک کننده، حدود ۵۶/۶ درصد از مغازه داران این بازار اعلام کردند که در ساعت های ۱۱ تا ۱۳ در صبح احتیاج به تجهیزات خنک کننده دارند و ۶۳/۳ درصد نیز ساعت های ۱۵ الی ۱۷ را ساعت های گرم در این بازار دانستند که بایستی از این تجهیزات استفاده کنند که البته این آمار، در مقایسه با بازار ملاصدرا، به علت وجود معماری و مصالح قدیمی و حالت خاص بازار وکیل زیاد بالا نیست. ۲۳/۳ درصد مغازه داران نیز اعلام کردند که احتیاجی به وسایل سرمایشی ندارند.

جدول (۱) نتایج پرسشنامه بازار وکیل و خیابان ملاصدرا در ساعت های مختلف روز در فصل زمستان  
(واحد درصد)

نمونه موردی	جامعه آماری	سوال	۷-۹	۹-۱۱	۱۱-۱۳	۱۳-۱۵	۱۵-۱۷	۱۷-۱۹
ملاصدرا	مغازه داران	بهترین ساعت های کار بازار	۰	۶۰	۹۰	۰	۴۳/۳	۹۵/۶
		زمان تابش آفتاب بر پیاده راه	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰	۲۰	۰
		زمان تابش آفتاب بر ویتترین مغازه ها	۰	۰	۳۰	۱۰۰	۲۶/۶	۰
		زمان استفاده از تجهیزات گرمایشی	۰	۱۰۰	۶۱/۳	۰	۴۲/۶	۷۶/۶
بازار وکیل	مغازه داران	بهترین ساعت های کار بازار	۱۰	۶۰	۸۱/۶	۱۰	۷۰	۶۶/۶
		زمان استفاده از تجهیزات گرمایشی	۰	۳۴/۳	۲۶	۰	۱۶/۶	۳۰
	مشتری	زمان مناسب خرید	۰	۷۳/۳	۶۶/۶	۱۳/۳	۷۰	۵۲/۳

جدول (۲) نتایج پرسشنامه بازار وکیل و خیابان ملاصدرا در ساعت های مختلف روز در فصل تابستان

نمونه موردی	جامعه آماری	سوال	۷-۹	۹-۱۱	۱۱-۱۳	۱۳-۱۵	۱۵-۱۷	۱۷-۱۹
ملاصدرا	مغازه داران	بهترین ساعت های کار بازار	۰	۸۱/۶	۷۳/۶	۰	۲۲	۱۰۰
		زمان تابش آفتاب بر پیاده راه	۰	۱۳/۳	۱۰۰	۴۵/۶	۱۰۰	۹۷/۱۰۰۳
		زمان تابش آفتاب بر ویتترین مغازه ها	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
		زمان استفاده از تجهیزات سرمایشی	۰	۷۶/۳	۹۴/۶	۰	۴۱/۳	۹۶/۶
بازار وکیل	مغازه داران	زمان مناسب خرید	۰	۷۳/۳	۵۳/۳	۰	۲۰	۱۰۰
		بهترین ساعت های کار بازار	۰	۸۵/۳	۶۰	۳/۳۳	۳۰	۹۶/۶
	مشتری	زمان استفاده از تجهیزات سرمایشی	۰	۳۳/۳	۵۶/۶	۳۰	۶۳/۳	۵۲/۳
	مشتری	زمان مناسب خرید	۰	۶۶/۶	۷۶/۶	۱۰	۴۳/۳	۸۶/۶

## نتیجه گیری

در نگاه به معماری بومی نه تنها می توان به مفاهیم فرمال توجه نمود، بلکه اصل، الهام گیری در بکار بردن جوانب مثبت آسایش است. یکی از جنبه های اصلی آسایش، آسایش حرارتی است. بدون آرامش گرمایی هرگز نمی توان مکانی را قابل سکونت کرد [۱۳].

این تحقیق تلاشی در جهت مقایسه معماری قدیم و جدید با استفاده از بررسی دو نمونه موردی بازار وکیل شیراز و بازار تجاری ملاصدرا داشت. نتایج بررسی ها نشان داد که درصد بالایی از افراد از سطوح سایه در خیابان ملاصدرا رضایت کافی ندارند بویژه آنکه در ساعت های پرتردد در تابستان، پیاده رو این خیابان در آفتاب قرار دارد و درختان موجود در آن نمی توانند جوابگوی سایه اندازی مناسب باشند. برعکس، در نمونه موردی دوم، بازار وکیل، به علت مسقف بودن و استفاده از مصالح قدیمی در ساخت آن در تابستان ها هوای درون این بازار خنک می باشد و در زمستان ها نیز گرمای مطلوبی از طریق فرورفتگی در زمین ایجاد می شود.

در صبح زمستان به دلیل عدم دریافت تابش مناسب گرم کننده فضایی بر بدنه های مغازه ها، تمامی مغازه داران ناچار از بکارگیری وسایل گرمایشی هستند و این در حالی است که با تابیدن آفتاب (در ساعت ۱۱) به بدنه مغازه ها میزان بکارگیری از تجهیزات گرمایشی ۳۸/۷ درصد کاهش یافته است. در ساعت های ۱۳ تا ۱۵ نیز به علت تعطیل بودن مغازه ها، استفاده از تجهیزات گرمایشی به صفر رسیده است و بعد از آن و با آغاز به کار مغازه ها، درصد استفاده از این وسایل بالا می رود که با افزایش مصرف انرژی همراه است. اما در بازار وکیل به دلیل معماری خاص آن و فرو رفتن بازار در زمین و وجود سقف، نیاز چندانی به استفاده از اینگونه تجهیزات وجود ندارد و همانگونه که از نتایج بر می آید، درصد استفاده از انرژی در این بازار در کل و در مقایسه با نمونه موردی ملاصدرا بسیار کمتر است. با مقایسه ارقام بدست آمده از رضایت مشتریان در هر دو نمونه موردی نیز می توان به این نتیجه رسید که در بازار وکیل به دلایل گفته شده، افراد در تمامی ساعت ها جز بازه زمانی ۷-۹ (به دلیل بسته بودن مغازه ها) به این بازار مراجعه می نمایند، زیرا در معرض سرمای بیرون، باد، باران و یا برف قرار نداشته و با آسایش خاطر به خرید خود می پردازند.

در تابستان نیز با توجه به جدول (۲) و نتایج بدست آمده در نرم افزار اکوتکت می توان فهمید که در ساعت های پرتردد بازار، آفتاب بر پیاده رو و ویتترین مغازه های خیابان ملاصدرا وجود دارد و در نتیجه، افراد تمایل چندانی به خرید در این ساعت ها ندارند (همانگونه که از جدول بر می آید، درصد بالایی از افراد ترجیح می دهند بعد از بازه زمانی آخر برای خرید مراجعه نمایند که از شدت گرمای هوا کاسته شده و آفتاب کمتری بر پیاده رو وجود دارد). درصد استفاده از وسایل سرمایشی نیز، چه در صبح و چه در بعد از ظهر، در این خیابان به علت وجود آفتاب شدید و نبود سایه مطلوب بسیار بالاست و در نتیجه، ائتلاف انرژی بسیاری در ساعت های خرید بازار صورت می گیرد. اما در بازار وکیل موضوع کاملاً متفاوت است و در تمامی بازه های زمانی جز ساعت های ۷ تا ۹ (به دلیل گفته شده) افراد برای خرید مراجعه می نمایند. میزان استفاده از ادوات سرمایشی و در اصل استفاده از انرژی نیز در مقایسه با ملاصدرا پایین تر می باشد.

با نگاهی به نتایج بدست آمده در این تحقیق بخوبی می توان درک نمود که به علت وضعیت و معماری خاص بازار وکیل مصرف انرژی در این بازار در مقایسه با نمونه موردی دیگر که با توجه به معماری جدید شکل گرفته است، بسیار کمتر است و این خود نشاندهنده نقش ویژه معماری قدیم در حفظ و نگهداری انرژی دارد.

با توجه به داده های تحقیق، کاملاً مشخص است که میزان استفاده از انرژی در خیابان ملاصدرا چند برابر بازار وکیل است که این مساله دقیقاً با مقایسه ساعات استفاده از تجهیزات سرمایشی و گرمایشی در هر دو خیابان آشکار می شود. بنابراین، در نمونه موردی جدید راهکارهایی به منظور کاهش مصرف انرژی بایستی مدنظر قرار گیرد. از آنجا که امکان ساخت دوباره این خیابان وجود ندارد، می توان با استفاده از راه های ساده تری که مخارج بالایی نیز به دنبال نداشته باشند میزان مصرف در این خیابان را تقلیل داد، از جمله استفاده از درختانی که شاخ و برگ گسترده ای دارند همانند نارنج که در تابستان با شاخ و برگ های بسیار سایه اندازی مطلوبی را ایجاد می کنند و باعث خنکی هوا شوند و در زمستان اشعه آفتاب می تواند از آنها عبور نموده و بر سطح پیاده رو تابیده و آن را گرم نماید. علاوه بر درخت، استفاده از آب نما نیز در جلو ساختمان تجاری دناسا می تواند اثر سرمایشی مطلوبی در برابر باد در تابستان فراهم نماید. مورد دیگری که باید بدان توجه نمود، این است که پیش آمدگی ساختمان ها در این خیابان به حدی نیست که بتواند سایه خوبی فراهم نماید، بنابراین، استفاده از سایه بان های متحرک برای تمامی مغازه ها پیشنهاد می شود. زیرا از بین ۲۸ مغازه تنها ۱۶ مغازه از این روش استفاده می کنند.

#### پی نوشت:

1- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)

#### منابع

- [۱] افشاری، هدی؛ تقوایی، علی اکبر. (۱۳۹۲)، طراحی مجموعه مسکونی همساز با اقلیم خرمشهر، فصلنامه ی فضای جغرافیایی. ۴۲. 71-102.
- [۲] برزگر، زهرا؛ مفیدی شمیرانی، سید مجید. (۱۳۸۹)، چگونگی بهره گیری از توده زمین در معماری بومی جهان؛ به مثابه یکی از تکنیک های سرمایهش ایستا در بنا، باغ نظر. ۱۵. 13-26.
- [۳] برزگر، زهرا؛ حیدری، شاهین. (۱۳۹۲)، بررسی تاثیر تابش دریافتی خورشید در بدنه های ساختمان بر مصرف انرژی بخش خانگی نمونه موردی جهت گیری جنوب غربی و جنوب شرقی در شهر شیراز، نشریه هنرهای زیبا معماری و شهرسازی. ۱. 45-56.
- [۴] حیدری، شاهین. (1388)، دمای آسایش حرارتی مردم شهر تهران، نشریه هنرهای زیبا معماری و شهرسازی. ۳۸. 5-14.
- [۵] حیدری، شاهین؛ غفاری جباری، شهلا. (۱۳۸۹)، تعیین محدوده زمانی آسایش حرارتی برای شهر تبریز، مهندسی مکانیک مدرس. ۴. 37-44.

- [۶] حیدری، شاهین؛ منعم، علیرضا. (۱۳۹۲)، ارزیابی شاخصه های آسایش حرارتی در فضای باز، نشریه جغرافیا و توسعه ناحیه ای، ۲۰، 197-216.
- [۷] سایت هواشناسی ایران به آدرس <http://www.chaharmahalmet.ir/iranarchive.asp>. گرفته شده در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۳.
- [۸] قیابکلو، زهرا. (۱۳۸۰)، روش های تخمین محدوده آسایش حرارتی، نشریه هنرهای زیبا. ۱۰، 68-74.
- [۹] قیابکلو، زهرا. (۱۳۸۲)، الگوی حرکت سایه و طراحی سایت، نشریه هنرهای زیبا. ۱۵، ۵۸-۶۸.
- [۱۰] صادقی روش، محمد حسن؛ طباطبائی، سید مهدی. (۱۳۸۸)، تعیین محدوده آسایش حرارتی در شرایط آب و هوای خشک (مطالعه ی موردی شهر یزد)، نشریه هویت شهر، ۴، 39-46.
- [۱۱] طاهباز، منصوره. (۱۳۸۶)، طراحی سایه در فضای باز، نشریه هنرهای زیبا. ۳۱، ۲۷-۳۸.
- [۱۲] کسمائی، مرتضی. (۱۳۸۲). اقلیم و معماری. انتشارات خاک، اصفهان، ایران.
- [۱۳] مزیدی، محسن؛ مزیدی، محمد. (۱۳۸۷)، تحلیل عددی عملکرد بادگیرها به عنوان سیستم های سرمایش انفعالی در مناطق گرم و خشک، نشریه انرژی ایران. ۲۸، 39-46.
- [۱۴] منشی زاده، رحمت اله و همکاران (۱۳۹۱)، آسایش حرارتی و تاثیر ارتفاع ساختمان ها بر خرد اقلیم فضاهاى شهری نمونه موردی خیابان شهرداری تهران (حدفاصل میدان تجریش تا میدان قدس)، فصل نامه آمایش محیط، ۲۰، 109-126.
- [۱۵] مهدوی نژاد، محمدجواد؛ جوانمردی، کاوان. (۱۳۹۰)، مقایسه تطبیقی اثر جریان هوا بر دو گونه ی بادگیر یزدی و کرمانی، نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی، ۴۸، ۶۹-۷۹.
- [۱۶] نصر، طاهره (سها). (۱۳۸۷)، جستاری در شهرسازی و معماری زنده. انتشارات نوید. شیراز. ایران.
- [۱۷] هاشمی، فاطمه؛ حیدری، شاهین. (۱۳۹۰)، بررسی کارکرد اقلیمی حیاط زمستان نشین در مناطق سردسیر نمونه موردی: شهر اردبیل، فصلنامه دانشگاه هنر، ۶، 139-154.
- [18] ASHRAE Standard. 2011. "Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Applications, American Society of Heating", Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- [19] Barzegar, Z., Mirshamsi, M. 2014. "Drawing the Timetable of Climatic Need by Means of Determining the Olgay Method Thermal Comfort Zone in Shiraz Semi-Arid Climate in Iran, IC Saud 2014: International Conference on Sustainable Architecture and Urban", Istanbul, Turkey, accepted, on July, PP. 30-31.
- [20] Fanger, P. O. Ipsen, B. M. Langkilde, G. Olesen, B. W. Christensen N. K. and Tanabe, S. 1985. "Comfort Limits for Asymmetric Thermal Radiation", Energy and Buildings, Vol. 8, PP. 225 - 236.
- [21] Habib, F., Barzegar, Z. 2014. "Evaluation of the Horizontal Shading Device Effect on Building Envelopes Received Solar Radiation - A Case with Se Orientation in Shiraz", Advances in Environmental Biology, Vol. 8, No. 4.
- [22] Heijis, W. 1994. "The Dependent Variable in Thermal Comfort Research: Some Psychological Considerations, Thermal Comfort: Past, Present and Future", Proceedings of a conference held at the Building Research Establishment, Garston, 9-10 June 1993, PP. 40-51.

- 
- [23] Henson, J. L. M. 1990. "Literature Review on Thermal Comfort in Transient Conditions", Building and Environment, Vol. 25, No. 4, PP. 309-316.
- [24] McIntyre, D. A. 1982. "Chamber studies- reductio ad absurdum", Energy and Buildings. Vol. 5, No. 2, PP. 89-96, 1982.
- [25] Nicol, J. F., Humphreys, M. A. 2002. "Adaptive Thermal Comfort and Sustainable Thermal Standards for Buildings", Energy and Buildings, Vol. 34, PP. 563-572.
- [26] Olgyay, V. 1978. "Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism, Princeton University Press", Princeton, New Jersey.