

## تأثیر رعایت مبحث نوزده مقررات ملی ساختمان بر آسایش حرارتی فضاهای مسکونی شیراز به روش PMV

<sup>۱</sup> محسن محمدی، <sup>۲</sup> حامد مضطرزاده\*

### چکیده

مبحث نوزده مقررات ملی ساختمان یکی از راهکارهای مهم معماری نوین ایران است که می‌تواند به وسیله محاسبه و مشخص نمودن مصالح ساختمان در اقلیم گرم و خشک به آسایش حرارتی کمک کند. برای اینکه تأثیر این مبحث در آسایش حرارتی کشف و مشخص شود، در این پژوهش از طریق روش کمی و PMV به بررسی تأثیر مبحث نوزده ساختمان بر دمای زمستانه در راستای ارتقاء آسایش حرارتی پرداخته شده است. جهت بررسی عملکرد مبحث ۱۹ در اقلیم نیمه گرم و خشک شیراز میزان دما، رطوبت و باد با کمک دستگاه دیتالاگر (data logger TA120) در بازه زمانی ۹ صبح تا ۱۶ بعدازظهر اندازه‌گیری و سپس با کمک فرمول فنگر میزان PMV و سپس ناراضیاتی حرارتی PPD بدست آمد. نتایج میزان آسایش حرارتی براساس رعایت مبحث نوزده مقررات ملی ساختمان نشان داد که میزان آسایش حرارتی با نوع مصالح به دلیل میزان تشعشعی که از خود ساطع می‌کند ارتباط مستقیم دارد، و همچنین نوع مصالح و عایق حرارتی سبب شده که متوسط دمای آسایش حرارتی در ساختمان بین  $-۱/۳۴$  و  $+۰/۱۹$  درجه سانتیگراد در فصل زمستان قرار گیرد و میزان ناراضیاتی افراد از ساعت ۱۳ بعدازظهر تا ساعت ۱۶ بعد از ظهر در محدوده مطلوب قرار دارد.

### تاریخ دریافت:

۱۳۸۷/۱/۲۱

### تاریخ پذیرش:

۱۳۹۷/۴/۳۱

### کلمات کلیدی:

آسایش حرارتی،  
مبحث نوزده مقررات ملی  
ساختمان،  
مصالح

mohammadi.mohsen62@gmail.com

hamed.Moztarzadeh@gmail.com

۱. دانشجوی دکتری تخصصی معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز

۲. استادیار گروه شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز (نویسنده مسئول)

## ۱. مقدمه

آسایش حرارتی شرایطی از ادراک است که در آن، محیط پیرامون از لحاظ حرارتی رضایت بخش باشد. مطابق استاندارد اشری آسایش حرارتی هر شخص، شرایط ذهنی است که میزان رضایتمندی او از محیط دمایی را بیان می‌کند [۱۶]. تعریف دقیق‌تر این شرایط در سه گروه قابل خلاصه شدن است. تعریف روان‌شناختی به بیان مغز از رضایت نسبت به دمای محیط باز می‌گردد. تعریف حرارتی - فیزیولوژیکی که به عکس العمل بیولوژیکی بدن و سیستم عصبی به تأثیرات خارجی بر گیرنده‌های حرارتی پوست مرتبط است؛ و تعریف سوم که به تعادل میان جریان حرارت به داخل و خارج از بدن باز می‌گردد [۹۲]. علاوه بر این سه تعریف عمومی از شرایط آسایش، تعاریف متعدد دیگری نیز که به خصوص با توجه به فضاهای سرد یا گرم فاقد آسایش تعریف شده‌اند، نیز وجود دارند [۷۵].

به طور کلی آسایش حرارتی به هشت عامل به شرح زیر وابسته است که به ترتیب اهمیت عبارت‌اند از: دمای هوا، رطوبت، فشار بخار آب، سرعت جریان هوا، تابش از جداره‌های داخلی فضا (دمای متوسط تشعشعی)، انسان (سن، جنس)، نوع فعالیت انسان و نوع پوشش انسان (اشری، ۱۹۹۳)، [۳۷] و [۴۴]. در طراحی یک ساختمان توسط معمار عوامل زیادی مد نظر گرفته می‌شود، یکی از عوامل مهمی که در طراحی ساختمان باید معماران به آن توجه کنند، فراهم نمودن آسایش فیزیکی و کالبدی انسان که خود حاصل توازن انرژی حرارتی بین ما و فضای اطراف است [۵۴]. بنابراین عوامل آسایش حرارتی و محیطی در نحوه فرم بناها، جهت گذاری‌ها، خیابان‌ها، کوچه‌ها و انتخاب مصالح تاثیر می‌گذارد [۱۹]. در نتیجه برای آسایش حرارتی داخلی و پیرامونی طراحان (معماران، شهرسازان)، باید به نوعی عمل کنند که طرح‌های آنها بتواند هماهنگی لازم با محیط پیرامون خود و بهره‌گیری هر چه بیشتر از نیروی طبیعی موجود محل را داشته باشد، که محیط طبیعی مناسبی برای مصرف کنندگان به وجود بیاورند [۴۱]. به همین دلیل معماران و طراحان براساس شرایط مختلف آب‌وهوایی راهکارهای مخصوص آن اقلیم را ارائه داده‌اند. در طراحی یک ساختمان توسط معمار، عوامل زیادی مد نظر گرفته می‌شود، یکی از عوامل مهمی که در طراحی ساختمان باید معماران به آن توجه کنند، فراهم نمودن آسایش فیزیکی و کالبدی انسان است که خود حاصل توازن انرژی حرارتی بین ما و فضای اطراف

است [۵۴]. بنابراین عوامل آسایش حرارتی و محیطی در نحوه فرم بناها، جهت گذاری‌ها، خیابان‌ها، کوچه‌ها و انتخاب مصالح تأثیر می‌گذارد [۱۹].

یکی از روش‌هایی که مهندسان و معماران دهه‌های اخیر ایران پیگیری کرده‌اند مبحث نوزده مقررات ملی ساختمان با عنوان صرفه‌جویی انرژی توسط مسکن و شهرسازی ارائه گشته است. که با توجه به هدف اصلی این کتاب این گونه بیان شده است " صرفه‌جویی در انرژی و کاهش مصرف سوخت برای ایجاد گرمایش و سرمایش مکانیکی می‌باشد" اما متأسفانه در این کتاب اشاره مستقیمی به آسایش حرارتی و تأثیر آن نشده است.

هدف در تحقیق حاضر مقایسه حرارتی درونی تحت تأثیر رعایت مبحث نوزده مقررات ملی ساختمان در مجتمع مسکونی در شهر شیراز می‌باشد. برای رسیدن به این هدف به رفتارهای اجتماعی با رعایت CLO و مصالح ساختمانی و دتایل‌های اجرایی و در نهایت ارائه راهکارهایی جهت کاهش مصرف انرژی که در آن انسان در محدوده آسایش حرارتی قرار گیرد پرداخته شده است. بدین منظور به بررسی داده‌ها با توجه به نوع مصالح به کار رفته در اقلیم نیمه گرم و خشک شیراز پرداخته شد، و مقادیر دما، رطوبت، باد و ... توسط دستگاه دیتالاگر (data logger AT120) در بازه زمانی ۹ الی ۱۶ با فاصله یک ساعته برداشت و در نهایت براساس فرمول فنگر محاسبه میزان PMV و PPD، راهکارهایی جهت استفاده در مجتمع‌های مسکونی کنونی مستخرج شد.

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. [۳۷ و ۹-۳۰]، (کنیا، ۱۹۸۰)، (اینسلی، ۱۹۸۰)، (برگر، ۲۰۰۱)، (کمالی و مرادی، ۲۰۰۶)، (دلفانی و همکاران، ۲۰۱۰)، (هاشمی و حیدری، ۲۰۱۱)، (منشی زاده و همکاران، ۲۰۱۲)، (حیدری و همکاران، ۲۰۱۷).

به طور کلی در ایران کارهای زیادی در رابطه با آسایش و راحتی انجام شده شامل: [۳۱-۴۰] و غیره است. در زمینه اهمیت تأثیر اقلیم بر معماری پژوهش‌های زیادی صورت گرفته است [۴۱-۴۵]. بخشی از مطالعاتی که در مورد آسایش حرارتی کار شده به عوامل دیگر از جمله اتلاف انرژی (Martin, 2008) و [۶۴ و ۷۴]، سابقه دمایی [۶۳]، میزان رطوبت [۷۹] پرداخته است.

پژوهشگران آسایش حرارتی را به دو زیرمجموع مهم یکی آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری (بیرونی) [۳ و ۲۲ و ۲۸ و ۵۰-۵۶]، (هونجو، ۲۰۰۹)، (جلیلی، ۲۰۱۳) و دیگر آسایش حرارتی بسته

(درونی) (پریتوس و ارونند)، [۱ و ۲۱ و ۱۶ - ۱۸ و ۵۷-۶۷]، (طاووسی و همکاران، ۲۰۰۸)، (آلتان و همکاران، ۲۰۰۹)، (لوماس و گریدهاران، ۲۰۱۲)، (کان فرانئینی، ۲۰۱۲)، (اسلامی، ۲۰۱۴)، (زارع و همکاران، ۲۰۱۵)، (دینیسکی و همکاران، ۲۰۱۵)، (حریمی، ۲۰۱۷) تقسیم کرده‌اند.

به عنوان مثال در زمینه آسایش حرارتی درونی اولین مدل موازنه گرمایی را فنگر در سال ۱۹۷۲ شاخص های حرارتی میانگین آرای پیش بینی شده و پیش بینی درصد افراد ناراضی را برای مهندسان تهویه در شرایط آب و هوای داخل اتاق ارایه کرد. نیکل و همفیز 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. قیابکلو به بررسی روش های تخمین محدوده آسایش حرارتی و عوامل مهم تاثیرگذار بر آسایش فیزیکی انسان در رابطه با محیط اطراف پرداخته و بیان می کند که عواملی چون سن، جنس، رنگ فضا و شرایط اقلیمی تاثیر چندان زیادی در احساس آسایش گرمایی ندارد [۶].

بر روی موضوع آسایش حرارتی و همین طور عملکرد و تهویه طبیعی مطالعات بسیاری صورت گرفته است. [۶۹ - ۸۲]، (Karakatsanis, 1986)، (نایی، ۲۰۰۲)، (محمودی، ۲۰۰۳)، (دهقانی و آقا نجفی، ۲۰۰۴)، (کلانتر، ۲۰۰۹)، (منتظری، ۲۰۰۹)، (منتظری، ۲۰۱۹). در زمینه اهمیت و عملکرد و تاثیر مصالح بر آسایش حرارتی مطالعات متناسبی انجام گرفته شده است. [۸۳ - ۸۸]، (شایق، ۱۳۹۲)، (مهدهوی نژاد، ۱۳۹۲)، (گودرزی سروش و همکاران، ۱۳۹۳)، (فیضی و بابایی، ۱۳۹۳)، (ثابتی اشجمی و همکاران، ۲۰۱۴)، (ابوالحسنى و همکاران، ۲۰۱۵)، (P.K. Latha, Y Darshana Vidhya Venugopal, 2015)، (حیدری و همکاران، ۱۳۹۵). به عنوان مثال خان احمدلو و فیضی در بررسی رفتار حرارتی پوسته بنا با نرم افزار مکس کیودا به این نتیجه رسیدند که پوسته ساختمان مهمترین ابزار کنترل حرارتی ساختمان، نقش مهمی را در کاهش یا افزایش بار حرارتی ساختمان داراست.

در پژوهش دیگر شقایق در مورد رفتار حرارتی مصالح رایج در ساخت دیوار براساس محاسبات روش CIBSE با نرم افزار IES\_VE و به این نتیجه رسیدند که عایق حرارتی و جرم حرارتی نقش متفاوتی در رفتار حرارتی کل پوسته ساختمان بازی می کنند و دتایل ملات گچ و خاک به ضخامت ۳ سانتیمتر، AAC بلوک ۱۰ سانتیمتر، فضای خالی با عایق پلی استایرن منبسط ۵ سانتیمتر، AAC بلوک ۱۰ سانتیمتر، ملات ماسه سیمان ۳ سانتیمتر و سنگ نما ۳ سانتیمتر کمترین ضریب حرارتی در

بین تیپ های مختلف دیوار را دارد. با توجه به کمبود مطالعات انجام شده در مورد تأثیر مبحث نوزده بر آسایش حرارتی درونی در مجتمع های مسکونی شهر شیراز به پژوهش حاضر با عنوان تأثیر رعایت مبحث نوزده مقررات ملی ساختمان بر آسایش حرارتی فضاهای مسکونی شیراز به روش PMV پرداخته شد.

جدول ۱. روند تاریخی پیشینه پژوهش (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶)

سال	نویسنده	موضوع پژوهش	روش	یافته های پژوهش
۱۹۶۰	عدل	آسایش حرارتی	کیفی	ارائه نقشه بیوکلیماتیک ایران برای اولین بار
۱۹۶۳	اولگی	محدوده آسایش حرارتی	کیفی	مشخص کردن محدوده آسایش حرارتی تحت تأثیر دما و رطوبت
۱۹۷۱	ماهونی	آسایش حرارتی درونی	کیفی	تدوین راه حلهای غیر فعال در طراحی ساختمان بر اساس جدول محدوده آسایش
۱۹۷۲	کوانیگزبرگر و همکاران	آسایش حرارتی	کیفی	تدوین ضوابط طراحی مسکن و ساختمان مناطق گرمسیری
۱۹۷۶	گیونی	آسایش حرارتی درونی	کیفی	تعیین محدوده آسایش و شرایط زیست اقلیمی با توجه به دما و رطوبت و حدود سودمندی عناصر مختلف در تنظیم شرایط حرارتی هوای داخل ساختمان
۱۹۸۲	مکین تایر	آسایش حرارتی	کیفی	تأثیر پارامترهای محیطی و انسانی در آسایش حرارتی
۱۹۸۵	فنگر	آسایش حرارتی	کمی	تأثیر پارامترهای محیطی مانند تابش، باد، رطوبت و ... در آسایش حرارتی
۱۹۹۰	هنسن	پارامترهای محیطی در آسایش حرارتی	کمی	تنظیم حرارت و ایجاد شرایط قابل قبول برای انسان
۱۹۹۰	کسمایی	آسایش حرارتی	کیفی	تدوین شرایط معماری مناسب برای ساختمان ها و تعیین شکل آن ها متناسب با اقلیم هر مکان
۱۹۹۳	کاوایی	آسایش حرارتی	کیفی	تدوین نقشه زیست اقلیمی انسان در ایران
۱۹۹۴	دیدر	آسایش حرارتی	کمی - کیفی	ارائه شرایط آسایش حرارتی در اقلیم های

سال	نویسنده	موضوع پژوهش	روش	یافته های پژوهش
		درونی		مختلف
۱۹۹۶	ترجونگ	آسایش حرارتی	کیفی	تقسیم بندی زیست اقلیمی ایالات متحده
۱۹۹۷	کاریونو	آسایش حرارتی	کمی PMV	بررسی پروژه در اندونزی و ارائه مدل تطبیقی آسایش حرارتی
۲۰۰۱	بنتلی و همکاران	آسایش حرارتی	کیفی	تحلیل تأثیر متقابل شهر و اقلیم با توجه به دو عنصر تابش و باد
۲۰۰۲	نیکل و همیفریز	آسایش حرارتی درونی	کمی PMV	ارائه دیدگاه منطقی و بررسی روشهای اندازه گیری آسایش
۲۰۰۳	چارلز	آسایش حرارتی	کیفی	ارائه مدل آسایش حرارتی
۲۰۰۴	مورلون گالوز و همکاران	آسایش حرارتی درونی	کیفی	تدوین اطلس اقلیمی انسان در مکزیک و تعیین محدوده آسایش برای کنترل زیست اقلیمی داخل ساختمان
۲۰۰۷	هان جی	آسایش حرارتی درونی	کیفی	بررسی ساختمان در چین و تبادل حرارتی درونی در ساختمان مسکونی
۲۰۰۹	پیترز و همکاران	آسایش حرارتی درونی	کمی PMV	ارزیابی مدل PMV برای محیط داخلی
۲۰۱۰	وان هوف	آسایش حرارتی	کمی	تأثیر پارامترهای انسانی مانند میزان فعالیت، لباس و ... در آسایش حرارتی
۲۰۱۳	مهدوی نژاد	آسایش حرارتی درونی	کمی	نقش مؤثر اقلیم در ایجاد آسایش حرارتی

## ۲. مبانی نظری

دو رویکرد اصلی برای ارزیابی آسایش حرارتی ارائه شده است: ۱. رویکرد تعادل حرارتی که براساس نتایج تحقیقات فنگر (۱۹۷۰) در شرایط آزمایشگاهی بوجود آمده و ۲. رویکرد تطبیقی. مبانی نظری رویکرد تعادل حرارتی، و ارتباط نزدیک احساس

حرارتی با سیستم تنظیم حرارت بدن است [۲۵]. در این مقاله از روش نمایه تخمین متوسط رای  $PMV$  و متوسط درصد افراد ناراضی  $PPD$  استفاده شده است. فنگر (۱۹۷۰) با مرتبط دانستن احساس گرما با توان فرد و بر اساس نتایج تجربی به دست آمده از آزمایش معیاری را به عنوان درجه احساس تعریف کرد. این معیار به عنوان ضریب ( $PMV$ ) نمایه آسایش نامیده شده است که نشان دهنده متوسط احساس یکسان چندین نفر از یک شرایط محیطی است. این شاخص مهمترین شاخص فیزیولوژی دما محسوب می شود که علاوه بر مطالعات مرتبط به برنامه ریزی شهری و منطقه ای به ویژه در تعیین مولفه حرارتی میکروکلیمای شهری، در مطالعات مربوط به آب و هواشناسی گردشگری نیز کاربرد وسیعی پیدا کرده است [۹].

مدل فنگر مبنای استاندارد بین المللی ایزو ۷۷۳۰ در آسایش حرارتی محسوب می شود [۳۵] این شاخص از طریق فرمول های (۶ - ۱) قابل محاسبه است:

$$PMV = (0.303e^{-0.036M} + 0.028)[(M - W)] - H - E_c - C_{rec} - E_{rec} \quad (۱)$$

$$E = 3.05 \times 10^{-3} (256_{tsk} - 3373 - P_a) + E_{sw} \quad (۲)$$

$$E_c = 3.05 \times 10^{-3} [5733 - 6.99 \times (M - W) - P_a] + 0.42 (M - W - 58.15) \quad (۳)$$

$$C_{rec} = 0.0014M (34 - T_a) \quad (۴)$$

$$E_{rec} = 1.72 \times 10^{-5} M (5867 - P_a) \quad (۵)$$

$H$  مستقیماً قابل اندازه گیری و از طریق معادله شماره ۶ نیز قابل محاسبه است:

$$H = k_{cl} = t_{sk} - t_{cl} / I_{cl} \quad (۶)$$

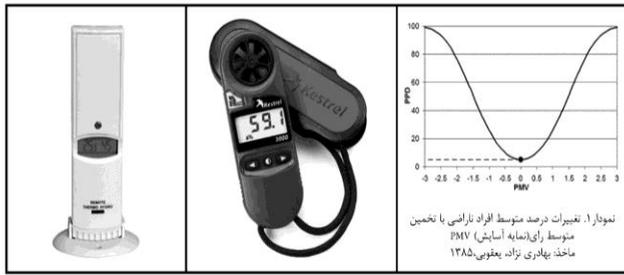
مقیاس  $PMV$  نوعی تقسیم بندی احساس حرارتی ۷ درجه ای است که دامنه ی آن از  $-۳/۵$  تا  $۳/۵$  (گرم) تغییر می کند. صفر در این مقیاس نشانگر احساس حرارتی خنثی است. (جدول ۲) برای محاسبه راحت تر و سریع تر این شاخص نرم افزارهایی هم طراحی شده است که نرم افزار *Ray Man* یکی از آنهاست [۹ و ۲۰].

جدول ۲. آستانه روش  $PMV$  [۹۲]

تنش گرمایی بسیار شدید	تنش گرمایی شدید	تنش گرمایی متوسط	تنش گرمایی اندک	بدون تنش سرما	تنش سرمایی اندک	تنش سرمایی متوسط	تنش سرمایی شدید	درجه تنش پولوتیک
داغ	خیلی گرم	گرم	کمی گرم	راحت	کمی خنک	خنک	سرد	حسی است
+۳/۵	+۲/۵	+۱/۵	+۰/۵	-۰/۵	-۱/۵	-۲/۵	-۳/۵	$PMV$

شاخص  $PPD$  نیز برای پیش بینی درصد افراد ناراضی از محیط حرارتی تعیین شده بر مبنای شاخص  $PMV$  شکل گرفته است. در شاخص مذکور درصد افرادی که بر اساس شاخص  $PMV$  نظر -۲، -۳ و یا کمتر +۲، +۳ و یا بیشتر داده اند به صورت درصد بیان می‌شود. شاخص  $PPD$  از طریق رابطه شماره ۷ محاسبه می‌گردد [۲۰].

$$PPD = 100 - 95e^{-(0.03353PMV^4 + 0.2179PMV^2)} \quad (7)$$



شکل ۱. دستگاه‌های مورد استفاده در پژوهش

### ۳. روش تحقیق

در این پژوهش درصدد است تأثیر رعایت مبحث نوزده مقررات ملی ساختمان بر آسایش حرارتی فضاهای مسکونی شیراز به روش PMV پرداخته شود بدین منظور از طریق روش کمی استفاده شد. اندازه‌گیری و جمع‌آوری اطلاعات پژوهش در یک روز (۲۰ بهمن ماه برابر با ۹ فوریه) انجام شد. نحوه برداشت داده‌ها به صورت هر یک ساعت به یک ساعت از ساعت ۹ صبح الی ۱۶ بعد از ظهر در مجتمع مسکونی ایستا بوده است. یک روز قبل از برداشت داده‌ها تمامی سیستم‌های گرمایش و سرمایش خاموش شده بودند. متغیرهای میدانی جمع‌آوری شده شامل: دمای هوا (T)، رطوبت نسبی (RH) و سرعت باد (V) بود. وسیله جمع‌آوری داده‌ها، دستگاه دیتالاگر (DataLogger TA120) می‌باشد. برای جمع‌آوری داده‌ها دستگاه مورد نظر را در طبقه سوم در ارتفاع ۱/۳۰ متری از کف اتاق به دلیل آنکه ارتفاع آن از کف تا سقف ۲/۶۰ متر بود در مرکز ثقل ساختمان قرار داده شد. مکانی که در آنجا دستگاه دیتالاگر قرار گرفته است در پلان‌های موجود در تصویر شماره ۲ به صورت ضربدر مشخص گردیده است. سپس با برداشت دقیق میدانی ابعاد بازشوهای فضای داخلی، جهت جغرافیایی، موقعیت اتاق‌ها نسبت به حیاط، مساحت فضاها، ابعاد بادگیر و بازشوی آن و در نهایت مصالح جداره‌ها توسط نرم‌افزار اکوتکت (Ecotect, 2011) شبیه‌سازی شد و دمای تابشی نقاط مشخص شده را براساس روزهای مورد نظر (۲۰ بهمن ماه برابر با ۹ فوریه) از ساعت ۹ الی ۱۶ با فاصله زمانی هر یک ساعت به یک ساعت محاسبه شد. در مرحله بعد از جداول استاندارد اشری مقادیر نوع لباس و متابولیسم مشخص شد. که براساس محاسبه مقدار لباس‌ها برای آقایان با لباس راحتی (Clo) ۰/۵ در نظر گرفته شد و میزان Met نیز برای حالت نشسته ۱/۰۰ حساب شد. در نهایت با استفاده از نرم افزار CBE Thermal Comfort Tool میزان آسایش حرارتی PMV استخراج شد و تمام اطلاعات بدست آمده به صورت نمودار کشیده شده و نتایج حاصل از آن با یکدیگر مقایسه شد.

### ۴. نمونه مورد مطالعه

ایران دارای اقلیم‌های مختلفی است، که در آن اقلیم گرم و خشک مهم‌ترین اقلیم آن است. استان فارس هم از این قاعده مستثنی نبوده و بیشتر شهرهای آن در این اقلیم قرار می‌گیرد. شیراز مرکز استان فارس در عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۵ دقیقه و طول جغرافیایی و ۳۷ درجه و ۲۹ بر روی

جلگه‌ای به طول ۳۰ کیلومتر، عرض ۳۰ کیلومتر و با ارتفاع ۱۴۹۱ متر از سطح دریا های آزاد قرار گرفته [۴۲] و از نظر تقسیم بندی اقلیمی کوپن، در اقلیم نیمه گرم و خشک قرار گرفته است [۵۸]، جدول شماره (۳) با توجه به آمار سال های ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰ سازمان هواشناسی مشخصات اقلیمی این شهر را نشان می‌دهد.

جدول ۳. میزان بارندگی و یخندان شیراز مأخذ: (سایت هواشناسی ایران)

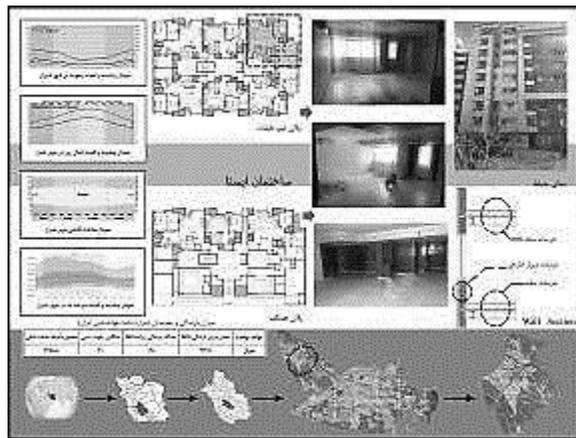
مولفه (واحد)	معدل میزان بارندگی mm	حداکثر بارندگی روزانه mm	میانگین رطوبت نسبی	مجموع ماهیانه ساعات آفتابی
میزان	۳۳۴/۷	۱۲۸	۴۱	۳۳۵۸/۸

شهر شیراز در زمستان آب و هوای نسبتاً معتدل همراه با بارندگی و در تابستان هوایی گرم و خشک دارد. همچنین با توجه به جداول ارائه شده توسط سازمان هواشناسی (بین سال‌های ۱۳۷۸-۱۳۸۸) می‌توان میانگین حداکثر دمای شیراز را ۳۸/۵۳ درجه سانتیگراد مربوط به ماه تیرماه و حداقل آن را ۰/۴۳ درجه سانتیگراد مربوط به دی ماه دانست (جدول ۳). سرعت باد در تیر ماه ۵/۲ نات می‌باشد (سایت چهارمحال بختیاری). بر اساس طبقه بندی اقلیمی کوپن (نقشه کوپن - گایگر)، شهر شیراز در گروه BSH قرار دارد (Peel, et al, 2007) [۲۱] و منطقه اقلیم نیمه گرم و خشک قرار دارد. مجتمع های مسکونی بلند مرتبه در شمال شیراز و در بافت جدید شهری قرار دارند. ساختمان مشخص شده در خیابان معالی آباد کوچه دوستان قرار دارد. مجتمع ایستا دارای ۸ طبقه مسکونی است. ۴۸ واحد مسکونی دارد و در هر طبقه دارای ۶ واحد است. طراحی پلان شمالی جنوبی است و دارای یک void مرکزی دارد. واحد مورد نظر در طبقه ۳ و واحد ۶ واقع شده است که نورگیری اصلی آن از جنوب ساختمان است.

دیوارهای جانبی با مصالح 3D پنل ساخته شده است. اسکلت ساختمان فلزی و سقف آن کامپوزیت است. سقف کاذب هم با مصالح کناف و تایل گچی ساخته شده است. پنجره‌های ساختمان از جنس UPVC با شیشه دوجداره ساخته شده است.



دیتایل	ضخامت $(m) + D$	لایه ها
	-	هوای داخل
	۰/۰۰۲	اندود گچ پرداختی
	۰/۰۳	اندود گچ و خاک
	۰/۰۳	ملات ماسه و سیمان
	۰/۱۵	عایق حرارتی پلی استایرن (تیغه 3D پنل)
	۰/۰۳	ملات ماسه و سیمان
	-	سنگ تراورتن به صورت خشکه
	-	چینی بدون درز بندی
	-	هوای خارج



شکل ۲. ساختمان ایستا

## ۵. بدنه تحقیق

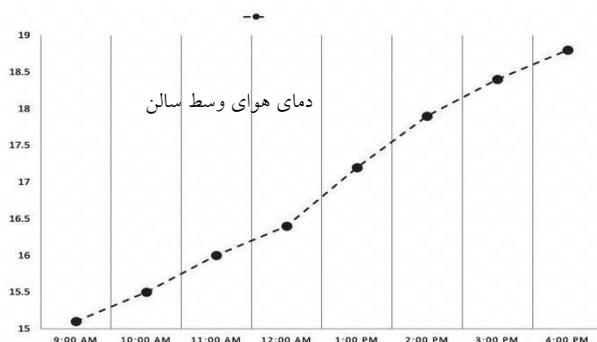
برای بررسی دماهای درونی واحد ۳۰۶ مجتمع ایستا، دمای هوا در نقطه در مرکز ساختمان اندازه گیری شد. ارتفاعی که این داده‌ها برداشته شده در وسط بوده است و در ارتفاع ۱/۳۰ متری بررسی شد. این

داده‌ها در یک روز انجام شد. عوامل محیطی که به صورت میدانی برداشت شده شامل: دمای هوا، رطوبت هوا، سرعت باد است. و دمای تابشی توسط نرم افزار اکوتکت شبیه سازی شد.

## ۵-۱. عوامل محیطی

### الف) مقایسه تغییرات دمای هوا

دما یکی از عناصر موثر در آسایش حرارتی محسوب می‌شود. دمای میانگین آسایش در شیراز ۱۹/۹۲ درجه سانتیگراد است.



میزان گشودگی پنجره‌ها	نمونه موردی	میزان متوسط کمینه دمای هوا C°	میزان متوسط بیشینه دمای هوا C°	تفاوت دما C°
کاملاً بسته	مجتمع مسکونی ایستا واحد ۳۰۶	۱۵/۱	۱۸/۸	۳/۰۷

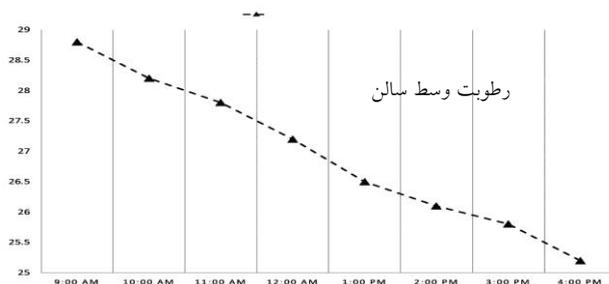
نمودار ۲. مقایسه برداشت میدانی دمای هوای درونی مجتمع مسکونی ایستا از ساعت ۹ تا ۱۶

به فاصله زمانی هر یک ساعت یک بار توسط دستگاه دیتالاگر (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶)

با توجه به داده‌های جمع‌آوری شده حداقل متوسط دما ۱۵/۱ درجه سانتیگراد و حداکثر متوسط دما ۱۸/۸ درجه سانتیگراد بدست آمده است.

### ب) مقایسه تغییرات رطوبت هوا

یکی از عناصر محیطی که باعث مطبوع شدن هوا و همین طور خنکی آن می‌شود رطوبت است. رطوبت هوا به طور مستقیم بر دمای بدن انسان تاثیر نمی‌گذارد. ولی ظرفیت تبخیر و در نتیجه، میزان خشک شدن بدن از طریق تعریق و میزان تبخیر آن را تعیین می‌کند [۸]. با توجه به داده‌های هوا شناسی میانگین رطوبت در شهر شیراز ۳۲ درصد است.



میزان گشودگی پنجره ها	نمونه موردی	میزان متوسط کمینه رطوبت (%)	میزان متوسط بیشینه رطوبت (%)	تفاوت رطوبت (%)
کاملا بسته	مجتمع مسکونی ایستا واحد ۳۰۶	۲۵/۲	۲۸/۸	۳/۶

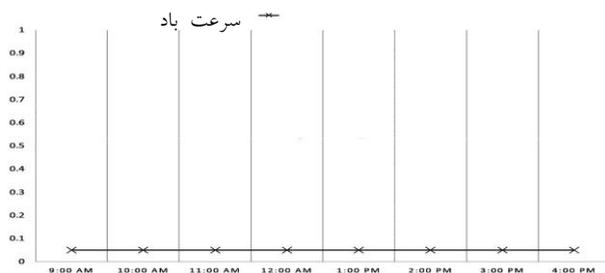
نمودار ۳. مقایسه برداشت میدانی رطوبت هوای درونی مجتمع مسکونی ایستا از ساعت ۹ تا ۱۶ به فاصله زمانی هر یک ساعت یک بار توسط دستگاه دیتالاگر (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶)

با توجه به نمودار ۳ میزان متوسط حداکثر رطوبت ۲۵/۲ درصد و حداقل متوسط رطوبت ۲۸/۸ درصد به دست آمده است.

### ج) مقایسه تغییرات سرعت باد

برای معماران، باد عنصر عمده‌ای در طراحی محسوب می‌شود که با ایجاد تغییر در مبادله‌ی حرارتی فضای یک ساختمان چه به صورت پدیده همرفت، چه در اثر نفوذ هوا به ساختمان تاثیر عمده‌ای بر مساله آسایش حرارتی دارد [۵۲]. جریان هوا بر نحوه تنظیم حرارت بدن و در نتیجه بر آسایش حرارتی انسان به دو طریق تاثیر می‌گذارد: ۱) تاثیر بر میزان هدایت و جابجایی حرارت میان پوست و دما (۲) تاثیر بر میزان

خنک شدن بدن از طریق رطوبت پوست. افزایش سرعت هوا، مقدار انتقال حرارت را اضافه می‌کند [۹۵].  
تأثیر سرعت و دمای هوا در تبادل حرارتی از طریق همرفت به یکدیگر بستگی دارند.



میزان گشودگی پنجره ها	میزان متوسط کمینه سرعت باد (m/s)	میزان متوسط بیشینه سرعت باد (m/s)	تفاوت سرعت باد (m/s)
مجموع مسکونی ایستا واحد ۳۰۶	۰	۰	۰

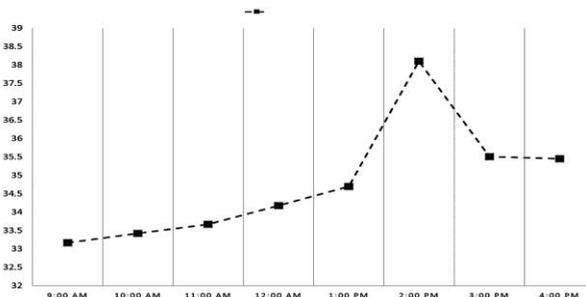
نمودار ۴. مقایسه برداشت میدانی سرعت باد هوای درونی مجتمع مسکونی ایستا از ساعت ۹ تا ۱۶ به فاصله زمانی هر یک ساعت یک بار توسط دستگاه دیتالاگر (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶)

همانطور که در نمودار ۴ مشخص است سرعت باد در زمانی که پنجره ها بسته و هیچ ابزار مکانیکی وجود نداشته باشد عدد ۰/۵ می‌باشد.

#### د) مقایسه تغییرات دمای تابشی

حرارت میان بدن و محیط از طریق تابش حرارتی مبادله می‌شود. متوسط دمای تابشی هوا را می‌توان این گونه تعریف کرد: میزان درجه حرارت ثابت سطح یک اتاق سیاه فرضی که انسان با آن همان حرارتی را به وسیله تابش مبادله کند که با حرارت محیط واقعی می‌کند. به عبارت دیگر متوسط دمای تابشی هوا عبارت است از متوسط تابش تمام سطوح اتاق (که تقریباً برای اکثر مصالح ساختمانی ثابت است) [۳۳].

دمای تشعشعی وسط سالن



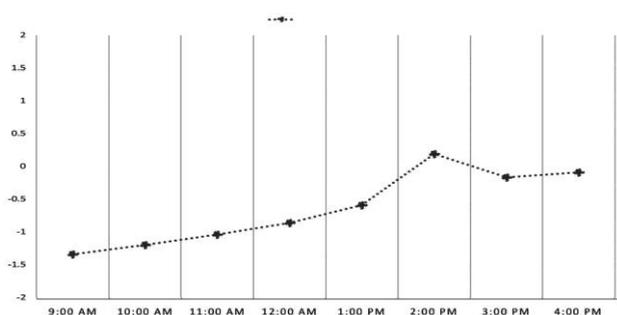
میزان گشودگی پنجره ها	نمونه موردی	میزان متوسط کمینه دمای تابشی C°	میزان متوسط بیشینه دمای تابشی C°	تفاوت دما C°
کاملا بسته	مجتمع مسکونی ایستا واحد ۳۰۶	۳۳/۱۷	۳۸/۱۰	۵/۰۷

نمودار ۵. مقایسه تغییرات دمای تابشی در مجتمع مسکونی ایستا با استفاده از نرم افزار اکوتکت ۲۰۱۱

براساس نمودار ۵ حداکثر و حداقل میزان متوسط دمای تشعشعی ۳۸/۱۰ درجه سانتیگراد و ۳۳/۱۷ درجه سانتیگراد به دست آمده است.

## ۲-۵. آسایش حرارتی

فانگر محدوده آسایش را براساس محاسبه میزان تبادل حرارت بین بدن انسان و محیط ارائه کرد [۹۶]، از آنجایی که این روش، بسیاری از معیارهای آسایش را در بر دارد روش کاملی به حساب می آید. این روش تحت عنوان PMV عنوان شد. که در این روش معیارهای آسایش از قبیل متغیرهای اقلیمی، نوع پوشاک و فعالیت با هم مورد بررسی قرار می گیرد. براساس جدول ۱ آستانه روش PMV بین ۳/۵- و ۳/۵+ می باشد که در این معیار اعداد بین ۱+ و ۱- در محدوده آسایش هستند و اعدادی که کمی بالاتر از ۱+ یا کمی پایین تر از ۱- باشد، موجب نارضایتی می شود [۳۷]. برای محاسبه PMV با استفاده از ابزار نرم افزار CBE Thermal Comfort Tool مستخرج شد.



میزان گشودگی پنجره ها	نمونه موردی	میزان متوسط کمینه PMV	میزان متوسط بیشینه PMV	تفاوت PMV
کاملاً بسته	مجتمع مسکونی ایستا واحد ۳۰۶	-۱/۳۴	۰/۱۹	-۱/۵۳

نمودار ۶. مقایسه PMV مجتمع مسکونی ایستا توسط نرم افزار CBE Thermal Comfort Tool

با توجه به نمودار ۶ بیشینه و کمینه متوسط دمای آسایش بین  $-۱/۳۴$  و  $+۰/۱۹$  می‌باشد.

جدول ۵. مقایسه آسایش حرارتی (PMV) در ساعات روز برای مجتمع مسکونی ایستا

نمونه موردی	ساعات روز	پنجره های بسته	
		وسط اتاق	وسط ایستگاه
مجتمع مسکونی ایستا واحد ۳۰۶	۹:۰۰ AM	-۱.۳۴	-۱.۲۰
	۱۰:۰۰ AM	-۱.۲۰	-۱.۰۴
	۱۱:۰۰ AM	-۱.۰۴	-۰.۸۶
	۱۲:۰۰ AM	-۰.۸۶	-۰.۵۹
	۱:۰۰ PM	-۰.۵۹	+۰.۱۹
	۲:۰۰ PM	+۰.۱۹	-۰.۱۷
	۳:۰۰ PM	-۰.۱۷	-۰.۰۹
	۴:۰۰ PM	-۰.۰۹	-۰.۰۹

با توجه به جدول شماره ۵ می‌توان دریافت که گرم‌ترین ساعت روز ساعت ۲ بعدازظهر و

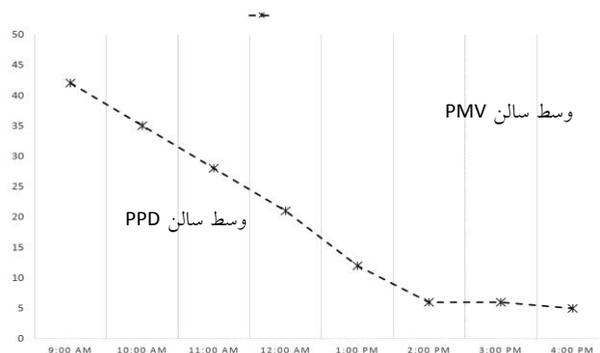
خنک‌ترین ساعت روز ساعت ۹ صبح است. دمای آسایش حرارتی در طبقه همکف زمانی بین ساعت ۹

صبح تا ۱۱ صبح بر طبق جدول شماره ۲ ماتداریس و همکاران (۱۹۹۹) در محدوده خنک قرار دارد.

و در ساعت ۱۲ ظهر تا ۱۳ بعدازظهر در محدوده کمی خنک و در ساعت ۱۴ بعدازظهر در محدوده کمی گرم قرار دارد و در نهایت در ساعت ۱۵ بعدازظهر تا ۱۶ بعدازظهر در محدوده راحت قرار دارد.

### ۳-۵. نارضایتی حرارتی

می‌توان از استاندارد ASHRAE 55-2010 از مدل PMV برای مشخص کردن پیش نیازهای لازم برای شرایط درونی استفاده کرد. لازم است که حداقل ۸۰٪ ساکنین رضایت داشته باشند. این موضوع بدین معنی است که درصد نارضایتی PPD بهتر است بین ۰ تا ۲۰ باشد. با توجه به اینکه پروژه حاضر Met براساس شخص نشسته ۱ در نظر گرفته شده و Clo براساس لباس راحتی مرد ۰/۵ در نظر گرفته شده است میزان نارضایتی افراد به وسیله نرم افزار CBE Thermal Comfort Tool براساس نمودار ۷ مشخص شد.



میزان گشودگی پنجره ها	نمونه موردی	میزان متوسط کمینه میزان متوسط بیشینه (%) PPD	تفاوت (%) PPD
کاملاً بسته	مجتمع مسکونی ایستا واحد ۳۰۶	۵	۳۷

نمودار ۷. مقایسه PPD مجتمع مسکونی ایستا توسط نرم افزار CBE Thermal Comfort Tool

با توجه به نمودار ۷ مشخص می‌گردد که میزان نارضایتی در افراد از ساعت ۱۳ تا ۱۶ قابل قبول، و در دیگر ساعات میزان نارضایتی نامطلوب است.

## ۶. نتیجه گیری

یکی از روش‌هایی که امروزه معماران بوسیله آن در طراحی خود به موضوع مصرف انرژی دقت نظر دارند، رعایت مبحث نوزده مقررات ملی ساختمان است. در این پژوهش به ارزیابی رعایت مبحث نوزده مقررات ملی ساختمان و انتخاب مصالح مناسب و تاثیر آن بر دمای آسایش پرداخته شد. با توجه به نمودارهای PMV و PPD و تحلیل‌های انجام شده در مورد تاثیر مصالح مشخص شده و دتایل‌های اجرایی مطابق مبحث نوزده مقررات ملی ساختمان در شیراز مشخص شد، که هدف کلی پژوهش با این نوع محاسبات و مصالح در مبحث نوزده ملی ساختمان کار گشا نیست و باید مدیران و مسئولان زیربنا دست به یک تغییر و تحول جدی‌تری در این زمینه بزنند. از طرفی به نظر می‌رسد چون اقلیم کشور ایران دارای تقریباً ۵۲ خرد اقلیم می‌باشد، باید تحقیقات منطقه‌ای دقیق‌تری انجام گیرد.

پیشنهادات کاربردی که می‌تواند با توجه به خلاءهایی که در لابه‌لای تحلیل و تحقیق این

پژوهش بدست آمده ارائه نمود به شرح زیر است:

جدول ۶ پیشنهاد برای طراحان معماری، سازندگان و مجریان ساختمانی

بر اساس مقوله‌ها و کدهای به دست آمده از نرم‌افزار اکوتکت

پیشنهادات برای طراحان معماری، سازندگان و مجریان ساختمان

اصول طراحی معماری بر اساس مبحث ۱۹ کدهای برگرفته شده از نرم‌افزار اکوتکت

استفاده از فرم مناسب بام در هر اقلیم

استفاده از مصالح مناسب با هر اقلیم و دقت به میزان اینرسی حرارتی آن

رعایت ضخامت مناسب جهت تغییر در دمای تشعشعی محیط

تغییر الگوهای رفتاری و پوشش مناسب ساکنین براساس فصل‌ها

استفاده مناسب از پنجره‌های UPVC با ضریب هدایت حرارتی کم شیشه دوجداره کم گسیل

بیرون گذاشتن دستگاه پکیج از محیط خانه جهت حذف درجه تامین هوا

استفاده از دیوارهای مختلف نظیر دیوار ترمب در اقلیم‌های سرد جهت کاهش بار حرارتی ساختمان

جهت گیری مناسب فرم پلان نسبت به تابش خورشید

## ۷. فهرست علائم

$C_{rec}$	تبادل حرارت همرفتی تعرق ( $w/m^2$ )
$E_{rec}$	تبادل حرارت تبخیری تعرق ( $w/m^2$ )
$E_c$	تبادل حرارتی تبخیری در سطح پوست موقعی که در حالت خنثی قرار دارد ( $w/m^2$ )
$I_{cl}$	تابش لباس به طور متوسط برای تمام بدن ( $w/m^2$ )
$M$	نرخ سوخت و ساز بدن ( $w/m^2$ )
$t_{cl}$	دمای سطح لباس (درجه سانتیگراد)
$t_{sk}$	دمای متوسط پوست (درجه سانتیگراد)
$W$	نیروی مکانیکی موثر ( $w/m^2$ )
$e$	تبادل حرارت تبخیری در سطح پوست ( $w/m^2$ )
$H$	تلفات حرارت خشک به صورت همرفت، هدایت و تابش ( $w/m^2$ )
$P_a$	رطوبت فشار بخار جزئی هوا (پاسکال)
$T_a$	دمای هوا (درجه سانتیگراد)؛

## منابع

- [۱] احدی، امین‌اله؛ علیرضایی، بابک؛ سفادرانی، ورنو (۱۳۹۳)، «بررسی فرم مناسب سقف و سودمندی استفاده از بادخور و بادگیر در تهویه طبیعی مسکن چابهار»، مسکن و محیط روستا، شماره ۱۴۸، صفحه‌های ۳۳-۴۴، تهران.
- [۲] احمدپور کلهرودی، نرگس؛ پورجعفر، محمدرضا؛ مهدوی‌نژاد، محمدجواد؛ یوسفیان، سمیرا (۱۳۹۶)، «نقش و تأثیر عناصر طراحی در کیفیت آسایش حرارتی فضاهای باز شهری بررسی موردی طراحی پیاده‌راه طمقاچی‌ها در کاشان»، دوفصلنامه دانشگاه هنر، شماره ۱۸، صفحه‌های ۷۹-۵۹، تهران.
- [۳] ارمغان، مریم؛ گرجی مهلبانی، یوسف (۱۳۸۸)، «ارزش‌های معماری بومی ایرانی در رابطه با رویکرد معماری پایدار»، نشریه مسکن و محیط روستایی، صفحه‌های ۳۵-۲۰، تهران.
- [۴] انصاری‌منش، مریم؛ نصرالهی، نازنین (۱۳۹۳)، «تعیین محدوده آسایش حرارتی ساکنان به منظور بهینه‌سازی کیفیت محیط داخل در ساختمان‌های اداری کرمانشاه»، نقش جهان، سال ۴، شماره ۲، صفحه‌های ۲۷-۱۷، تهران.

- [۵] برزگر، زهرا؛ حیدری، شاهین (۱۳۹۵)، «بررسی تأثیر 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، شماره ۱، صفحه‌های ۴۵-۵۶، تهران.
- [۶] برزگر، زهرا؛ رسائی پور، مریم؛ بندگاله، نازنین؛ منصوری، سعیده (۱۳۹۵)، «مقایسه آسایش حرارتی بازار قدیم و جدید از منظر تابش خورشیدی با پرسشنامه و شبیه سازی اکوتکت نمونه موردی شهر شیراز»، نشریه انرژی ایران، دوره ۱۹، شماره ۲، صفحه‌های ۲۰۶-۱۹۱، تهران.
- [۷] بقایی، پرهام؛ انصاری، مجتبی؛ بمانیان، محمدرضا؛ فیاض، ریما (۱۳۹۴)، «محدوده آسایش حرارتی باز مسکونی سنتی شهر یزد»، نشریه هویت شهر، سال نهم، شماه ۲۳، صفحه‌های ۷۲-۵۹، تهران.
- [۸] بهادری نژاد، مهدی (۱۳۸۷)، بادگیر شاهکار مهندسی ایران، یزدا، چاپ اول، تهران.
- [۹] بهادری نژاد، مهدی؛ یعقوبی، محمود (۱۳۸۵)، تهویه و سرمایش طبیعی در ساختمان‌های سنتی ایران، تهران، مرکز نشر دانشگاهی.
- [۱۰] پاینده، نصرالله (۱۳۸۴)، پهنه بندی دمای موثر در سطح کشور، رساله دکتری، گروه جغرافیا، دانشگاه اصفهان، اصفهان.
- [۱۱] پوراحمدی، محبوبه، آیت‌اللهی، محمدحسین (۱۳۹۱)، «راهکارهای بازکارایی بادگیرهای روستای عقدا»، مسکن محیط و روستا، شماره ۱۴۰، صفحه‌های ۲۹-۳۸، تهران.
- [۱۲] پوردیپیمی، شهرام (۱۳۹۰)، زبان اقلیمی در طراحی محیطی پایدار، تهران، انتشارات دانشگاه بهشتی.
- [۱۳] تقفی، محمدجواد؛ فخاری، مریم (۱۳۹۱)، «بررسی تأثیر دودکش خورشیدی بر تهویه ساختمان در اقلیم‌های مختلف ایران»، نشریه نقش جهان، شماره ۳، صفحه‌های ۴۲-۳۱، تهران.
- [۱۴] حجازی‌زاده، زهرا؛ کربلایی درئی، علیرضا (۱۳۹۴)، «آسایش حرارتی در ایران»، نشریه جغرافیا، فصلنامه علمی- پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیای ایران، سال ۱۳، شماره ۴۶، صفحه‌های ۲۱-۳۹، تهران.
- [۱۵] حیاتی، سارا؛ پیرمحمدی، محمد (۲۰۱۶)، «بررسی تأثیر سایه بر آسایش حرارتی ساکنین خانه‌های سنتی در اقلیم گرم و خشک»، کنفرانس بین المللی تحقیقات در علوم و مهندسی، دانشگاه استانبول، ترکیه.
- [۱۶] حیدری، شاهین (۱۳۸۸)، «دمای آسایش مردم شهر تهران»، مجله هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی مجله معماری و شهرسازی هنرهای زیبا، شماره ۵، صفحه‌های ۱۴-۵، تهران.
- [۱۷] حیدری، شاهین؛ منعم، علیرضا (۱۳۹۲)، «ارزیابی شاخصه های آسایش حرارتی در فضای باز»، نشریه جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۲۰، صفحه‌های ۱۹۷-۲۱۶، تهران.

- [۱۸] خان احمدلو، سمانه؛ فیضی، محسن؛ مفیدی شمیرانی، سید مجید (۱۳۹۶)، «تأثیر بررسی رفتار حرارتی پوسته بنا در ساختمان‌های مسکونی بر اصلاح ساخت‌وساز به منظور کاهش اتلاف انرژی»، نشریه مدیریت شهری، شماره ۴۷، صفحه‌های ۴۴۶-۴۳۳، تهران.
- [۱۹] خداکرمی، مهناز (۱۳۸۹)، «بررسی معماری سنتی همساز با اقلیم سرد (شهر سنج)»، فصلنامه جغرافیایی آمایش، شماره ۱۰، صفحه‌های ۹۱-۱۱۴، ملایر.
- [۲۰] ذوالفقاری، حسن (۱۳۸۶)، «تعیین تقویم زمانی مناسب برای گردش در تبریز با استفاده از شاخص‌های دمای معادل فیزیولوژی (PET) متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده (PMV)»، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۲، صفحه‌های ۱۴۱-۱۲۹، دانشگاه رازی کرمانشاه.
- [۲۱] رازجویان، محمود (۱۳۶۷)، آسایش به وسیله معماری همساز با اقلیم تهران، چاپ اول، تهران، دانشگاه شهید بهشتی.
- [۲۲] روضاتی، سید حمیدرضا؛ قنبران، عبدالحمید (۱۳۹۳)، «ارزیابی آسایش در فضاهای باز شهری براساس شاخص‌های آسایش باد مطالعه موردی، شهر اصفهان»، فصلنامه علوم محیطی، دوره ۱۲، شماره ۴، صفحه‌های ۱۱۲-۱۰۵.
- [۲۳] زمردیان، زهراسادات؛ امینیان، سعید؛ طاهباز، منصوره (۱۳۹۵)، «ارزیابی آسایش حرارتی در کلاس درس در اقلیم گرم‌وخشک، مطالعات میدانی دبستان دخترانه در شهر کاشان»، نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی، دوره ۲۱، شماره ۴، صفحه‌های ۲۸-۱۷، تهران.
- [۲۴] زمرشیدی، حسن (۱۳۷۳)، اجرای ساختمان سنتی، انتشارات زمر، تهران.
- [۲۵] سلیقه، محمد (۱۳۸۳)، «مدلسازی مسکن همساز با اقلیم، شهر چابهار»، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۳۶، صفحه‌های ۱۴۴-۱۷۰، تهران.
- [۲۶] شریعت زاده، علی اصغر (۱۳۷۴)، «نقش بادگیر در ناحیه جنوبی دشت کویر»، نخستین کنگره تاریخ معماری شهرسازی ایران، صفحه‌های ۲۳۱-۲۲۱، کرمان.
- [۲۷] صادقی‌روش، محمد حسن؛ طباطبائی، سیدمهدی (۱۳۸۸)، «تعیین محدوده آسایش حرارتی در شرایط آب‌وهوای خشک مطالعه موردی شهر یزد»، نشریه هویت شهر، سال ۳، شماره ۴، صفحه‌های ۴۶-۳۹، تهران.
- [۲۸] صفایی‌پور، مسعود؛ شبانکاری، مهران؛ تقوی، سید طیب (۱۳۹۲)، «شاخص‌های زیست اقلیمی مؤثر بر ارزیابی آسایش انسان مطالعه موردی شهر شیراز»، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۴، شماره ۲، صفحه‌های ۲۱۰-۱۹۳، اصفهان.
- [۲۹] طاهباز، منصوره (۱۳۸۶)، «طراحی سایه در فضای باز»، نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی، شماره ۳۱، صفحه‌های ۲۸-۲۷، تهران.
- [۳۰] عسگری، ا. معینی، م. (۱۳۸۱)، اقلیم و آسایش، سازمان هواشناسی کشور، صفحه ۸، تهران.

- [۳۱] غلامی بیرقدار، م. (۱۳۷۷)، «پروژه طراحی سکونتگاه‌های روستایی همساز با اقلیم»، مرکز ملی اقلیم شناسی مشهد، صفحه‌های ۱۰۰-۱۲، مشهد.
- [۳۲] قبادیان، وحید (۱۳۷۷)، بررسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران، چاپ سوم، تهران، دانشگاه تهران.
- [۳۳] قبادیان، وحید؛ فیض مهدوی، محمد (۱۳۸۲)، طراحی اقلیمی، تهران، مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
- [۳۴] قبادیان، وحید؛ فیض مهدوی، محمد (۱۳۸۴)، طراحی اقلیمی، اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان، انتشارات دانشگاه تهران.
- [۳۵] قیابکلو، زهرا (۱۳۹۰)، فیزیک ساختمان ۲ (تنظیم شرایط محیطی)، چاپ دوم، تهران، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد امیرکبیر.
- [۳۶] قیابکلو، زهرا (۱۳۸۲)، «الگوی حرکت سایه و طراحی سایت» نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی، شماره ۱۵، صفحه‌های ۸۵-۵۸، تهران.
- [۳۷] قیابکلو، زهرا (۱۳۸۰)، «روش‌های تخمین محدوده آسایش حرارتی»، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۱۰، صفحه‌های ۶۸-۷۴، تهران.
- [۳۸] قیابکلو، زهرا (۱۳۸۱)، «مدل سازی روند تغییرات دمای داخلی ساختمان توسط تهویه طبیعی»، مجموعه مقالات بین المللی بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان، صفحه‌های ۲۳۴-۲۲۷، تهران.
- [۳۹] کاویانی، محمدرضا (۱۳۷۲)، «بررسی و تهیه نقشه زیست اقلیم انسانی ایران»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۲۸، صفحه‌های ۷۷-۱۰۸، مشهد.
- [۴۰] کسمایی، مرتضی (۱۳۶۳)، اقلیم و معماری، ترجمه مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن تهران، چاپ اول، تهران، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- [۴۱] کسمایی، مرتضی (۱۳۶۹)، اقلیم و معماری، تهران، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- [۴۲] کسمایی، مرتضی (۱۳۸۲)، اقلیم و معماری، ویرایش دوم، تهران، نشر خاک.
- [۴۳] کسمایی، مرتضی (۱۳۸۴)، اقلیم و معماری، تهران، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن تهران.
- [۴۴] محمدی، حسین (۱۳۸۶)، آب و هواشناسی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، صفحه ۱۸۶.
- [۴۵] محمودی، بهناز (۱۳۸۷)، مفیدی شمیرانی، سیدمجید، «تحلیلی بر گونه شناسی معماری بادگیرهای یزد و یافتن گونه بهینه کارکردی»، فصلنامه هنرهای زیبا، شماره ۳۶، صفحه‌های ۲۷-۳۶، تهران.
- [۴۶] محمودی، بهناز (۱۳۸۸)، بادگیر نماد معماری ایران، ناشر یزدا، تهران.
- [۴۷] مزیدی، محسن؛ مزیدی، محمد (۱۳۸۷)، «تحلیل عددی عملکرد بادگیرها به عنوان سیستم‌های سرمایش انفعالی در مناطق گرم‌وخشک»، نشریه انرژی ایران، سال ۱۱، شماره ۲۷، صفحه‌های ۴۶-۳۹، تهران.

- [۴۸] مسندی، مریم؛ حیدری، شاهین (۱۳۸۹)، «شبیه‌سازی بام‌ها راهکار بررسی دقیق تأثیرات دمایی در محیطی مجازی»، نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی، شماره ۴۲، صفحه‌های ۱۲-۵، تهران.
- [۴۹] مصطفوی، محمدتقی (۱۳۷۱)، بادگیرها پدیده‌های سهل و متنوع در معماری اصیل ایران، جلد اول، انتشارات جداگانه، تهران.
- [۵۰] معلمی‌خیاوی، نگین؛ معرفت، مهدی (۱۳۹۳)، «مقدمه‌ای بر آسایش حرارتی»، نشریه مهندسی مکانیک، سال ۲۳، شماره ۹۶، صفحه‌های ۳۱-۳۸، تهران.
- [۵۱] مهدوی‌نژاد، محمدجواد؛ جوانرودی، کاوان (۱۳۹۰)، «مقایسه تطبیقی اثر جریان هوا بر دو گونه‌ی بادگیر یزدی و کرمانی»، نشریه هنرهای زیبا، -معماری و شهرسازی، شماره ۴۸، صفحه‌های ۶۹-۸۰، تهران.
- [۵۲] مهندسین مشاور بتل مک کارتی (۱۳۸۱)، بادخان ملاحظات کالبدی باد در ساختمان، ترجمه محمود احمدی‌نژاد، نشر خاک، تهران.
- [۵۳] نمازیان، علی؛ سپهری، یحیی (۱۳۹۴)، «نقش شیشه (پنجره) در رفتار حرارتی ساختمان»، نشریه مسکن و محیط روستا، شماره ۱۵۲، صفحه‌های ۱۰۰-۸۵، تهران.
- [۵۴] واتسون، دونالد و لیز، کنت (۱۳۹۰)، طراحی اقلیمی (اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان)، ترجمه وحید قبادیان و محمد فیض مهدوی، تهران، دانشگاه تهران.
- [55] Andreou, E. (2014), "The effect of urban layout, street geometry and orientation on shading conditions in urban canyons in the Mediterranean," *Renewable Energy* 63, pp. 587 – 596.
- [56] ASHRAE STANDARD 55 (2010), "Thermal Environment Condition for Human Occupancy".
- [57] Bahadori Nezhad, Mehdi (2008), "Iranian engineering masterpiece Winward(Badgir)," Yazda, First Edition, Tehran.
- [58] 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, ICSSAUD 2014: International Conference on Sustainable Architecture and Urban," Istanbul, Turkey, accepted, on July, pp. 30-31.
- [59] Becker, S., Potchter, O., Yaakov, Y. (2003), "Calculated and observed human thermal sensation in an extremely hot and dry climate" *Energy and Buildings*, 35, pp. 747–756.
- [60] Bentley, I., Alcock, A., Murrain, P., McGlynn, S., Smith, G. (2003), "Responsive Environments". (M. Behzadfar, Trans.). Tehran: Iran University of Science and Technology.

- [61] Bouchahm, Yasmina, Bourbia, Fatiha, Belhamri, Azeddine (2011), "Performance analysis and improvement of the use of wind catcher in hot dry climate", *Renewable Energy*, Vol 36, pp. 898-906.
- [62] Charles, K. E. (2003), "Fangers thermal comfort and draught models."
- [63] Chun, C., Kwok, A., Mitamura, T., Miwa, N., Tamura, A. (2008), "Thermal diary: Connecting temperature history to indoor comfort" *Building and Environment*, 43, pp. 877–885.
- [64] Corgnati, S.P., Fabrizio, E., Filippi, M. (2008), "The impact of indoor thermal conditions, system controls and building types on the building energy demand" *Energy and Buildings*, 40, pp. 627–636.
- [65] De Dear, Ricard and Brager, Gail S. (1998), "Developing an Adaptive Model of Thermal comfort and Preference," *ASHRAE Transactions*, 104 (1a) pp. 145–167.
- [66] de la Espriella, Carlos (2002), "Improving Comfort by Using Passive Climatic Design: The Case of an Existing Mediumscaled Institutional Building in Bogotá, Colombia", *Architecture, Energy & Environment HDM – Housing Development and Management*, Lund University, Sweden, pp. 1-14.
- [67] Emmanuel, R. (2005), "Thermal comfort implications of urbanization in warm-humid city: the Colombo Metropolitan Region (CMR), Sri Lanka," *Building and Environment*, 40, pp. 1591-1601.
- [68] Fanger, P. O. (1972), "Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering," Danish Technical Press.
- [69] 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.
- [70] Gagge A.P., A.P. Fobelets, L.G. Berglund. (1986), "A standard predictive index of human response to the thermal environment." *ASHRAE Transactions*; 92(2B): pp. 709-31.
- [71] Han, Jie. et al. (2007), "Field study on occupant's thermal comfort and residential thermal environment in a hot-humid climate of china," *Building and Environment*, 42(12), pp. 4043- 4050.
- [72] Heijs, 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.
- [73] Henson, J. L. M. (1990), "Literature Review on Thermal Comfort in Transient Conditions", *Building and Environment*, Vol. 25, No. 4, pp. 309-316.
- [74] Holz, R., Hourigan, A., Sloop, R., Monkman P., Krarti, M. (1997), "Effects of standard energy conserving measures on thermal comfort " *Building and Environment*, 32, pp. 31–43.
- [75] Höpfe, P. (2002), "Different aspects of assessing indoor and outdoor thermalcomfort," *Energy and Buildings*, 34, pp. 661-665.

- [76] Jendritzky, G.; Menz, G.; Schirmer, H. & Schmidt-Kessen, W. (1990), "Method of a regionoriented assessment of the thermal component of human bioclimate (UpdatedKlima-Michel model)," 114. Hannover: Beiträge Akad RaumforschungLandesplanung, pp. 7-69.
- [77] Johansson E. (2006), "Influence of Urban Geometry on Outdoor Thermal Comfort in a Hot Dry Climate": A Study in Fez, Morocco, Building and Environment 41, pp. 1326-1338.
- [78] Karyono, T.H. (1997), "The Applicability of the ISO7730 (fangers comfort model) and adaptive model of thermal comfort in Jakarta, Indonesia," Proceedings of CLIMA 2000.
- [79] Kosar, D., Dumitrescu, O. (2005), "Humidity effects on supermarket refrigerated case energy performance": A database review, ASHRAE Transactions 111, pp. 1051-1060.
- [80] Lin Tzu -Ping, Matzarakis Andreas (2008), "Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake", Taiwan, International Journal of Biometeorology, Vol. 52, pp. 281-290.
- [81] Mahdavinejad, Mohammadjavad; Javanroodi, Kavan and Hashemi Rafsanjani, Leily (2013), "Investigating Condensation Role in Defects and Moisture Problems in Historic Buildings. Case Study Varamin Friday Mosque in Iran," World Journal of Science, Technology and Sustainable Development, 10 (4) pp. 308-324.
- [82] Matzarakis, A. (2007), "climate. Thermal comfort and tourism", Meteorological Institute, University of Freiburg, Germany.
- [83] McIntyre, D. A. (1982), "Chamber studies- reductio ad absurdum", Energy and Buildings. Vol. 5, No. 2, pp. 89-96.
- [84] Mehdizadeh Seradj, F. (2008), "Using Natural Resources for Ventilation: Teh Application of Bodgirs in preservation," APT Bulletin, Vol. 4, NO. 4, pp. 39-46.
- [85] Moradi, Asghar Mohammad; Hosseini, Seyyed Bagher and Yazdani, Hamid (2013), "Controlling Enviromental Impact of Building through Assessment and Improvement of Constructed Embodied Energy," Naqshejahan, 2(3) pp. 55- 66.
- [86] Nicol, J. F and M. A. Humphreys (2002), "Adaptive Thermal Comfort and Sustainable Thermal Standards for Buildings", Energy and Buildings, 34( 6), pp. 563-572.
- [87] Oke (1998), "Street design and urban canopy layer climate", Energy and Buildings, Vol. 11, Issue 1.
- [88] Olesen, Bjarne W. (2004), "International standards for the indoor environment," Indoor Air, 14(s7) 1826.
- [89] Olgyay V. (1963), "Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism" Princeton University Press, Princeton.
- [90] Peeters Leen; De dear, Richard; Hensen, Jan and William D'haeseleer "Thermal comfort in residential buildings :comfort values and scales for building energy simulation (2009), " Applied Energy, 86(5) pp. 772- 780.

- [91] Sam .C.M ., Chung, K.P. (1997), "Climatic data for building energy design in Hong Kong and mainland China", In proc; of the CIBSE National Conference 1997, London.
- [92] Taleb, H. & Taleb D. (2014), "Enhancing the thermal comfort on urban level in a desert area: Case study of Dubai, United Arab Emirates," *Urban Forestry & Urban Greening*, 13, pp. 253-260.
- [93] Thompson, R.D. and Perry, A. (1997), "Applied Climatology", Principles and Practice, Rutledge.
- [94] Tsutsumi, H., Tanabe, S.i., Harigaya, J., Iguchi, Y., Nakamura,G. (2007), "Effect of humidity on human comfort and productivity after step changes from warm and humid environment" *Building and Environment*, 42 , pp. 4034–4042.
- [95] Van Hoof, Joost; Mazej, Mitja and Hensen, Jan (2010), "Thermal comfort: research and practice," *Frontiers in bioscience: a journal and virtual library*, (15), pp. 765- 788.
- [96] Yaghoubi, M.A. (1975), "Twodimensional numerical simulation of wind flow and ventilation in a single building using the k-e turbulent model," *Iranian journal of science and Technology*, Vol 20, No 1, Transaction B, pp. 519-529.