

تعیین محدوده آسایش حرارتی ساکنان به منظور بهینه‌سازی کیفیت محیط داخل در ساختمان‌های اداری کرمانشاه*

Determination of Occupant's Thermal Comfort Zone in Order to Maximize the Quality of Indoor Environment in Office Buildings of Kermanshah

■ مریم انصاری منش^۱، نازنین نصرالهی^۲

چکیده

فاکتورهای مختلفی در کیفیت محیط داخل مؤثرند که آسایش حرارتی یکی از مهمترین آنهاست، چرا که بیشتر شکایات و ناراضی‌های ساکنان از محیط داخل به علت عدم تأمین آسایش حرارتی است. تحقیقات به عمل آمده از صدها ساختمان اداری بزرگ در سراسر جهان نشان داده است که کیفیت محیط داخلی این ساختمان‌ها در حد متوسط است و کارکنان زیادی از محیط کاری‌شان ناراضی هستند و تعداد بسیاری هم به بیماری‌های ناشی از ساختمان‌ها مبتلا هستند. این بیماری‌ها بر کارایی و زمان کار کارکنان بسیار مؤثر است و پیامدهای اقتصادی مهمی برای کشورها به دنبال دارد. در ایران، نبود استانداردهای لازم به منظور تعیین محدوده‌های آسایش در فضاهای اداری، علاوه بر ناراضی‌های حرارتی و کاهش میزان بهره‌وری کارکنان، افزایش مصرف انرژی را باعث شده است. هدف از این تحقیق تعیین محدوده مناسب آسایش حرارتی ساکنان، به منظور بهینه‌سازی کیفیت محیط داخل در ساختمان‌های اداری کرمانشاه است. لذا با انجام مطالعات میدانی و اندازه‌گیری محیطی دما و رطوبت نسبی و همزمان استفاده از پرسش‌نامه به بررسی محدوده مناسب این فاکتورها در این شهر پرداخته شد. نتایج نشان داد که محدوده مناسب حرارتی در فضاهای اداری شهر کرمانشاه، بین ۲۰ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد و حداقل رطوبت نسبی تقریباً ۱۹ درصد است.

واژه‌های کلیدی: آسایش حرارتی، ساختمان‌های اداری، کیفیت محیط داخل، محدوده مناسب دما و رطوبت نسبی.

Email: m_ansari384@yahoo.com

Email: nazanin_n_a@yahoo.com

۱. دانشجوی دکتری معماری، دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران.

۲. استادیار دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه ایلام، گروه معماری (نویسنده مسئول)

*این مقاله برگرفته از رساله دکتری مریم انصاری‌منش با عنوان «تحلیل استراتژی‌های سبز جهت کارآیی انرژی و بهینه‌سازی محیط داخل در ساختمان‌های اداری منطقه سرد ایران» است که به راهنمایی خانم دکتر نازنین نصرالهی و مشاوره آقای دکتر سید غلامرضا اسلامی و آقای دکتر محمدجواد مهدوی‌نژاد در دانشکده هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران به انجام رسیده است.

۱. مقدمه

توسعه اقتصادی و تکنولوژیک در ابتدای قرن بیستم سبب مصرف بیش از حد انرژی شد و انتظار می‌رود که این نیاز در دهه‌های آینده همچنان بیشتر شود. انرژی عامل اصلی در توسعه اقتصادی، اجتماعی و محیطی در راستای توسعه انسانی است (Mahdavejrad et al., 2011, 115). در این میان در حالی که جمعیت ایران حدود یک درصد از جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد، حدود ۹ درصد از نفت و فرآورده‌های نفتی را مصرف می‌کند و این به معنای بالا بودن سرانه مصرف انرژی در ایران است (Mahdavejrad et al., 2012-2011, 70). به این ترتیب با توجه به رشد جمعیت، حفاظت از منابع طبیعی یکی از مهمترین دغدغه‌های دولت‌های امروزی است (Faizi et al., 2011, 1180). رشد مصرف انرژی در جوامع امروزی علاوه بر تشدید خطر اتمام سریع منابع فسیلی، جهان را نیز با تغییرات تهدیدآمیزی مواجه کرده (Saghafi, 2012, 2013-2013, 44) و این در حالی است که صنعت ساختمان بین ۲۵ تا ۴۰ درصد از کل انرژی مصرفی در کشورهای مختلف را به خود اختصاص داده است (Moradi et al., 2013-2013, 56). تلاش برای کاهش مصرف انرژی، انسان‌ها را به تحقیق و مطالعه بیشتر در پی یافتن جایگزینی مناسب برای آن از میان انرژی‌های تجدیدپذیر سوق داده است (Mahdavejrad et al., 2013a, 41). در واقع صرفه‌جویی در مصرف انرژی برای دستیابی به انرژی پاک و محیط پایدار یکی از مهمترین جنبش‌ها در معماری معاصر خصوصاً معماری معاصر ایران است (Mahdavejrad et al., 2013b, 133). از آنجا که دوران پساصنعتی باعث افزایش تعداد کارمندان و طبیعتاً تعداد ادارات شد، لذا میزان مصرف انرژی و نیز کیفیت محیط داخلی ادارات، یکی از دغدغه‌های اساسی طراحان بوده و هست. مطالعات نشان داده که ناراضی‌های حرارتی (از گرما یا سرما) شایع‌ترین نوع شکایت در ساختمان‌های اداری است (Van Hoof, 2010, 765). مناسب بودن محیط داخل ساختمان از لحاظ حرارتی، نه تنها آسایش را برای ساکنان فراهم می‌آورد، بلکه باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی، سلامت، بالا رفتن میزان بهره‌وری و نیز بهبود روحیه کارکنان خواهد شد (Nicol, 2002, 53). در واقع اقلیم و شرایط محیطی داخل و خارج تأثیرات فیزیکی و روانی خاصی بر انسان دارند که باید با توجه به موقعیت گرمایی و سرمایی در طراحی ساختمان مورد توجه قرار گیرد (Taban et al., 2012-2013, 80). لازمه فراهم نمودن آسایش حرارتی در محیط داخلی ساختمان، وجود استانداردهای آسایش حرارتی است (Nicol, 2002, 53). این استانداردها که مهمترین آنها استانداردهای بین‌المللی 1ASHRAE 55 و ISO7730 هستند، محدوده آسایش حرارتی داخل را با توجه به متغیرهای فیزیکی و شخصی، تعریف می‌کنند (Mahdavejrad et al., 2012, 45). امروزه مدل‌های مختلفی برای پیش‌بینی و نیز ارزیابی آسایش حرارتی در استانداردهای مختلف آسایش حرارتی ارائه شده است (Brager, 2001, 1).

۱.۱. آسایش حرارتی

آسایش حرارتی در استاندارد (ASHRAE 55 (2010) چنین تعریف می‌شود: "شرایط ذهنی که رضایتمندی از محیط حرارتی را بیان می‌کند." بنابراین آسایش حرارتی دارای ابعاد مختلف فیزیکی و روان‌شناختی است، به این معنا که عوامل متعددی در آن مؤثرند (Mahdavejrad & Mator, 2012, 37). آسایش حرارتی با ۴ فاکتور قابل کنترل دمای هوا، دمای متوسط تشعشعی، سرعت نسبی هوا و فشار بخار مرتبط است (Fanger, 1973, 314). این فاکتورها، فاکتورهای تشکیل‌دهنده محیط حرارتی‌اند و در کنار آنها آسایش فرد با ۳ فاکتور دیگر تحت تأثیر قرار می‌گیرد: میزان فعالیت، میزان لباس و انتظارات شخصی (Van Hoof, 2010, 765).

۲.۱. استانداردهای آسایش حرارتی

همان‌طور که گفته شد چندین استاندارد آسایش حرارتی در جهان وجود دارد که مهمترین آنها استانداردهای بین‌المللی ASHRAE 55, ISO 7730 (استاندارد ISO7730 در اروپا و ASHRAE55 در شمال آمریکا) هستند. این استانداردها براساس آنالیز تئوریک تبادل حرارت بدن انسان و به دست آوردن اطلاعات از تجارب اتاق اقلیمی در عرض جغرافیایی ۶۰-۳۰ درجه و اقلیم شمال آمریکا و شمال اروپا هستند (Mahdavejrad & Javanrodi, 2012, 72). در واقع این استانداردها برای شرایط ایستا و همگن مناسب‌اند و در دنیای واقعی خیلی کاربرد ندارند. وجود اختلاف بین آسایش حرارتی پیش‌بینی شده توسط این استانداردها و حس واقعی آسایش انسان در جاهای مختلف گواه این امر است (Han et al., 2007, 4044-4045). این استانداردها مناطق آسایشی را مشخص می‌سازند که در آن درصد بزرگی از مردم با پارامترهای شخصی معین، محیط را از نظر حرارتی قابل قبول می‌دانند. محدوده قابل قبول دما در این استانداردها براساس رضایتمندی حرارتی حداقل ۸۰ درصد ساکنان فضا، تعریف می‌شود (Charles, 2003, 4). در واقع اجرای معیارهای داده شده این استانداردها در فضا، به معنای رضایت ۱۰۰ درصدی ساکنان نیست، چرا که به واسطه تفاوت‌های فردی، راضی نگه داشتن همه افراد در فضا دشوار است. لازم به ذکر است که کنترل شخصی محیط حرارتی یا سازگاری شخصی (از طریق لباس یا فعالیت) سطح رضایتمندی را افزایش می‌دهد (Olesen, 2004, 5).

۱.۲.۱. مدل‌های آسایش حرارتی

با توجه به پیچیدگی‌های تعریف آسایش حرارتی، مدل‌های مختلفی برای آن ارائه شده است که هم به پارامترهای فیزیکی و روان‌شناختی و هم پارامترهای فیزیولوژیکی وابسته‌اند (Van Hoof, 2010, 765). در ارزیابی آسایش حرارتی دو دیدگاه وجود دارد: دیدگاه منطقی ۲ و دیدگاه سازگارانه ۳.

۱.۱.۲.۱. دیدگاه منطقی (مدل 4PMV)

دیدگاه‌های منطقی پاسخ مردم به محیط حرارتی را از طریق فیزیولوژی انتقال حرارت توضیح می‌دهند (Nicol, 2002, 46). در

حالی که دیدگاه‌های سازگاران پاسخ مردم به محیط حرارتی را با توجه به جنبه‌های رفتاری، روان‌شناسانه و فیزیولوژیکیال تشریح می‌کنند (Van Hoof, 2010, 771).

در دیدگاه‌های منطقی آسایش حرارتی، شاخص‌ها بر پایه پاسخ‌های افرادی استوار است که تحت شرایط ثابت و در اتاق‌های اقلیمی قرار گرفته‌اند، اما چنین فرض می‌شود که این شاخص‌ها، پاسخگوی شرایط متغیر زندگی روزانه هستند (Nicol, 2002, 46). مدل PMV در دهه ۱۹۷۰ میلادی در اتاق‌های اقلیمی و با استفاده از تعداد زیادی شرکت‌کننده که لباس‌های استاندارد پوشیده و فعالیت‌های کاملاً استاندارد را در محیط‌های حرارتی مختلف انجام می‌دادند، توسط پروفیسور فنکر ایجاد شد. از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا حس حرارتی خود را با استفاده از مقیاس حس حرارتی ۷ نقطه‌ای ASHRAE گزارش دهند (Charles, 2003, 5). بازه تغییرات PMV بین ۳- و ۳+ است. مطابق با جدول ۱ سه گروه مرکزی این مقیاس یعنی خنثی، کمی گرم و کمی سرد، حس‌های قابل قبول‌اند. فنکر با این کار می‌خواست روشی جهت پیش‌بینی آسایش حرارتی برای هر نوع لباس و فعالیت و همه نوع ترکیبات فاکتورهای حرارتی محیط و افراد بسیار ارائه دهد (Van Hoof, 2010, 767).

جدول ۱. مقیاس حس حرارتی ۷ نقطه‌ای ASHRAE

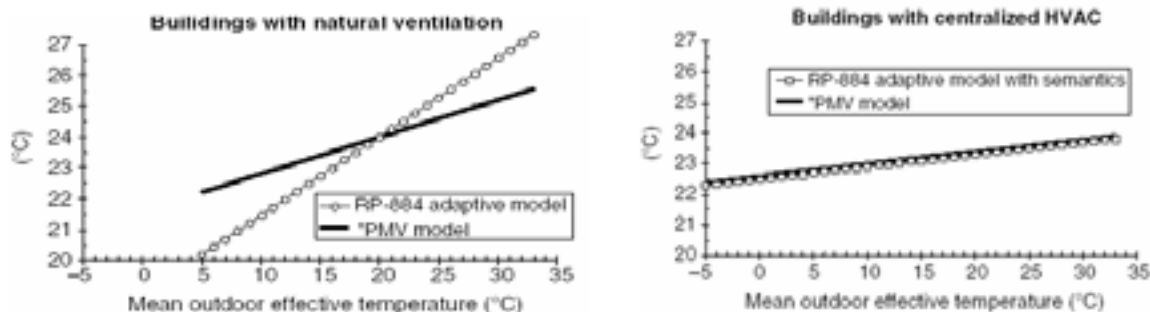
خیلی سرد	سرد	کمی سرد	خنثی	کمی گرم	گرم	خیلی گرم
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3

(مأخذ: ASHRAE Standard 55, 2010)

متغیرهای مورد استفاده در محاسبات شاخص PMV شامل موارد زیر است: میزان حرارت تولیدشده در اثر متابولیسم بدن، ضریب مقاومت لباس (عایق لباس)، دمای خشک، متوسط دمای تشعشعی، سرعت جریان هوا و فشار بخار. مدل PMV برای ارزیابی محیط داخل است و اساس استانداردهای کنونی آسایش حرارتی را تشکیل می‌دهد (Peeters et al., 2009). مطابق با استانداردهای آسایش حرارتی، شرایط حرارتی محیط باید به صورت یکپارچه و همگن حفظ شود (Van Hoof, 2010, 765). بنابراین مدل PMV برای پیش‌بینی حس خنثی حرارتی در جاهایی مانند ساختمان‌های مسکونی که از نظر حرارتی همگن نیستند و دارای زون‌های حرارتی مختلف‌اند، مدل مناسبی نیست (Peeters et al., 2009). لیکن با توجه به قابلیت‌های زیاد این مدل مطالعات بسیاری صورت گرفته تا با اعمال تغییراتی، آن را برای استفاده در چنین ساختمان‌هایی نیز مناسب سازند.

۲.۱.۲.۱. مدل سازگاری

بدن انسان با گستره وسیعی از اعمال تنظیم حرارتی فیزیولوژیکی خودکار، تعادل حرارتی خود را با محیط حفظ می‌کند، جدا از این اعمال خودکار، خود فرد نیز استراتژی‌های مختلفی را برای سازگاری با محیط داخل و خارج اتخاذ می‌کند. فرضیه سازگاری بیان می‌دارد که فاکتورهای زمینه‌ای و تاریخیچه حرارتی گذشته، انتظارات و ترجیحات حرارتی ساکنان را معلوم می‌دارد. مردم در اقلیم‌های گرم، دمای داخلی بالاتری را نسبت به کسانی که در اقلیم سرد زندگی می‌کنند، ترجیح می‌دهند. در واقع در فرضیه سازگاری، آسایش حرارتی وابسته به شرایط آب و هوایی خارج است (Van Hoof, 2010, 766).

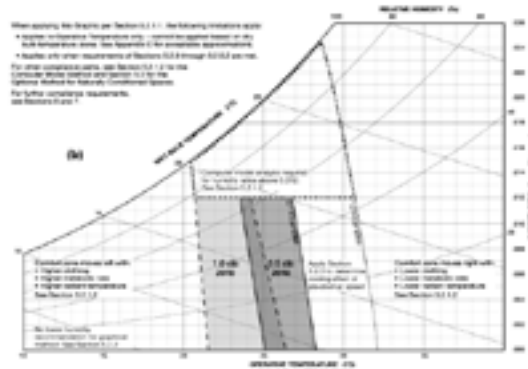


شکل ۱. مقایسه پیش‌بینی آسایش حرارتی محیط داخل در ساختمان‌های دارای تهویه مطبوع و تهویه طبیعی با هر دو مدل سازگاری و PMV (مأخذ: de Dear, 1998, 160)

با توجه به اینکه استانداردهای آسایش حرارتی، شرایط محیط حرارتی ساکنان را براساس داده‌های حاصل از تجارب اتاق اقلیمی (اقلیمی خاص) تعریف می‌کنند، (Mahdaveinejad et al., 2013c, 310) بنابراین مشکلاتی برای استفاده از این استانداردها و در نتیجه مدل‌های آسایش حرارتی برای کسانی که در اقلیم‌های دیگر زندگی می‌کنند، وجود دارد:

۱. چگونه یافته‌هایی که بر اساس تجارب آزمایشگاهی انجام گرفته بر روی افراد جوان است، می‌تواند برای شرایط واقعی و در ادارات به کار برده شود.
۲. افراد در مناطق مختلف اقلیمی به واسطه ایجاد سازگاری ممکن است نیازمند سطوح مختلفی از پارامترهای آسایشی ذکر شده در استانداردها باشند (de Dear, 1994, 457). در واقع در نتیجه سازگاری، شرایط آسایش می‌تواند برای اقلیم‌ها و

فرهنگ‌های مختلف تفاوت داشته باشد، لذا کشورهای مختلف، با انجام مطالعات گسترده میدانی در پی تعریف شرایط آسایش بینه و ارائه مدل‌های محلی هستند. این مقاله نیز با انجام مطالعات میدانی در پی تعیین محدوده آسایش حرارتی کارکنان ادارات کرمانشاه به منظور بینه‌سازی کیفیت محیط داخل در ادارات این شهر است.



شکل ۲. منطقه آسایش بر اساس استاندارد (ASHRAE Standard 55, 2010) (مأخذ: ASHRAE 55(2010))

۲. روش تحقیق

در این مطالعه، از روش میدانی اندازه‌گیری متغیرهای محیطی (دما و رطوبت نسبی) و نیز هدایت پرسش‌نامه استفاده شد و شهر کرمانشاه به‌عنوان نمونه مطالعاتی، انتخاب گردید. از آنجا که این شهر دارای یک تیپ غالب در ساختمان‌های اداری نیست و تنها وجه مشترک غالب ساختمان‌های اداری این شهر، فضای اداری بسته است، لذا در انتخاب نمونه‌ها این ویژگی مدنظر قرار گرفت. تمامی این ساختمان‌ها دارای سیستم گرمایش و سرمایش مکانیکی بوده و توجه چندانی به بهره‌گیری از انرژی‌های طبیعی در آنها نشده بود.



شکل ۳ و ۴: نمونه‌هایی از ساختمان‌های اداری بررسی شده (مأخذ: نگارندگان)

جهت تدوین پرسش‌نامه، از پرسش‌نامه موجود در استاندارد (ASHRAE 55 (2010) استفاده شده، لیکن با توجه به نوع تحقیق و پوشش سئوالات، تغییراتی به صورت اضافه نمودن برخی پرسش‌های مرتبط در آن داده شده است. نمونه ای از سئوالات پرسش‌نامه در ادامه آورده می‌شود.

- محیط کاری شما از لحاظ میزان رطوبت چگونه است؟

- خیلی مرطوب مرطوب کمی مرطوب
 مناسب کمی خشک خشک خیلی خشک

- احساس حرارتی کلی شما در این لحظه چیست؟

- خیلی گرم گرم کمی گرم متعادل کمی خنک خنک سرد

در این پرسش‌نامه پاسخ‌ها به‌صورت هفت‌تایی تنظیم شده‌اند تا امکان تجزیه تحلیل آنها با استفاده از مقیاس‌های موجود در استانداردهای آسایش حرارتی، مانند مقیاس ۷ نقطه‌ای ASHRAE (جدول ۱) وجود داشته باشد.

۳. تجزیه و تحلیل

شهر کرمانشاه در عرض جغرافیایی ۳۴/۲۳ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷/۰۳ درجه شرقی در منطقه سرد ایران قرار دارد. مطابق با نمودار بیوکلماتیک اولگی این منطقه دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم و خشک است. میانگین حداکثر و حداقل دما و شهرهای بزرگ این منطقه در جدول ۲ نشان داده شده است.

برای تعیین محدوده مناسب دما و رطوبت نسبی در فضاهای اداری، ۳۲۸ پرسش‌نامه در ۱۰ ساختمان اداری این شهر (از تاریخ ۱۵ بهمن تا ۱۵ اسفند ۱۳۹۰) هدایت شد که خلاصه ویژگی‌های مربوط به کارکنان ادارات موردنظر در جدول ۳ آمده است. به‌طور هم‌زمان، با استفاده از دستگاه Fluke Air Meter ثبت لحظه‌ای دما و رطوبت نسبی در فضاهای اداری انجام گرفت.

تا امکان تطابق پاسخ‌های کارکنان با اندازه‌گیری‌های محیطی وجود داشته باشد. شکل ۵ نشان‌دهنده میانگین دما و رطوبت نسبی هوای بیرون در مدت زمان انجام تحقیق است.

جدول ۲. میانگین حداقل و حداکثر دما در شهرهای بزرگ منطقه سرد ایران

ویژگی‌ها	میانگین حداکثر دما در تابستان بر حسب °C	میانگین حداقل دما در زمستان بر حسب °C	شهرها
تابستان گرم و خشک - زمستان سرد	35 تا 40	0 تا -5	تهران، شیراز، مشهد، کرمانشاه

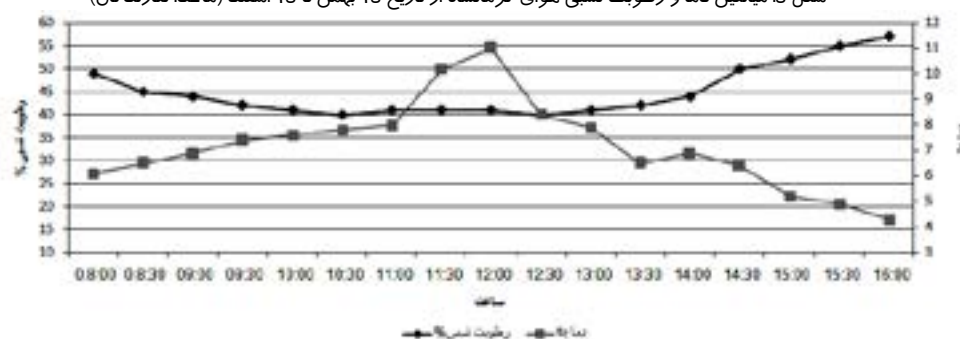
(مأخذ: Kasmai, 2011, 99)

جدول ۳. اطلاعات کارکنان در ساعات کار اداری

اطلاعات مربوط به کارکنان		
مدت زمان کار	ده ساعت و کمتر	2/26٪
	11-30	4/10٪
	بیش از 30 ساعت	4/36٪
نوع کار	مدیریتی	8/12٪
	تخصصی	5/52٪
	کارهای دفتری	7/35٪
سن	30 سال و کمتر	1/20٪
	31-50	1/74٪
	بیش از 50 سال	8/5٪
جنسیت	مرد	7/70٪
	زن	3/29٪
میزان تقریبی عایق لباس (clo) (Heidarinejad, 2010: 19)	مرد	0/77
	زن (پوشش اسلامی برای بانوان در نظر گرفته شده است.)	1/17

(مأخذ: نگارندگان)

شکل ۵. میانگین دما و رطوبت نسبی هوای کرمانشاه از تاریخ ۱۵ بهمن تا ۱۵ اسفند (مأخذ: نگارندگان)



۱.۳. نتایج حاصل از پرسش‌نامه

نتایج حاصل از پرسش‌نامه در مورد حس حرارتی در لحظه و رضایتمندی از رطوبت با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه تحلیل شد. برای بررسی حس حرارتی افراد در لحظه، افرادی که به پرسش‌نامه پاسخ خنثی، کمی گرم و کمی سرد داده‌اند، به‌عنوان گروه اول (گروه راضی) و افرادی که به پرسش‌نامه پاسخ خیلی گرم، گرم، خنک و سرد داده‌اند، به‌عنوان گروه دوم (گروه ناراضی) در نظر گرفته می‌شوند. در مورد رضایتمندی از رطوبت نیز افرادی که به پرسش‌نامه پاسخ خنثی، کمی راضی و خیلی راضی داده‌اند به‌عنوان گروه اول (گروه راضی) و افرادی که به پرسش‌نامه پاسخ کمی ناراضی، ناراضی و خیلی ناراضی داده‌اند به‌عنوان گروه دوم (گروه ناراضی) در نظر گرفته می‌شوند. میزان رضایتمندی ساکنان از دما و رطوبت نسبی به تفکیک هر ساختمان در جدول ۴ آمده است. در کل ۳۲۸ نفر ۷/۸۱ درصد افراد از حس حرارتی در لحظه‌شان و ۵/۶۵ درصد از میزان

رطوبت محل کار خود راضی بوده‌اند. مقیاس رضایتمندی از محیط حرارتی مطابق استاندارد ASHRAE رضایتمندی ۸۰ درصد ساکنان است، به این ترتیب اغلب کارمندان از دمای محل کارشان راضی و لیکن از میزان رطوبت ناراضی‌اند.

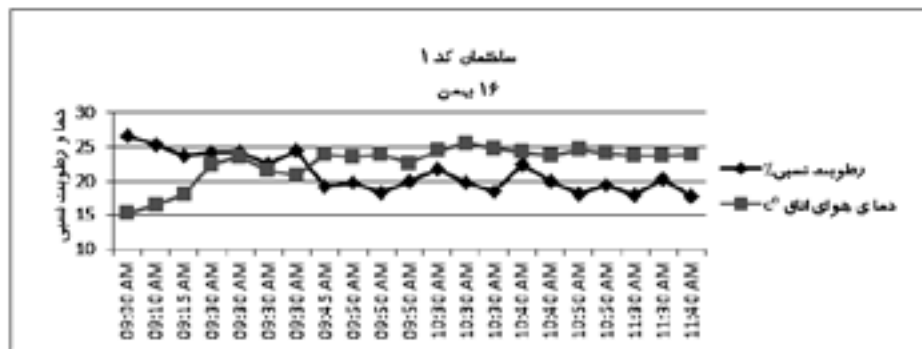
جدول ۴. میزان رضایتمندی از دما و رطوبت نسبی در ده ساختمان مورد مطالعه

کد ساختمان	تعداد افراد مصاحبه‌شونده	رضایتمند از دمای محیط در لحظه مصاحبه بر حسب درصد	رضایتمندی از رطوبت بر حسب درصد
1	49	77/6	71
2	14	100	64
3	19	63/2	53
4	60	81/7	73
5	33	87/9	82
6	21	90/5	67
7	33	84/9	58
8	53	88/7	74
9	30	76/7	80
10	16	75	77

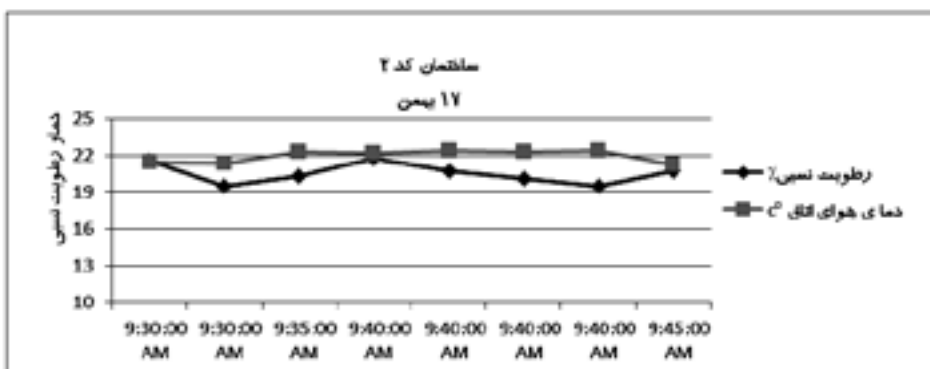
(مأخذ: نگارندگان)

۲.۳. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های فیزیکی:

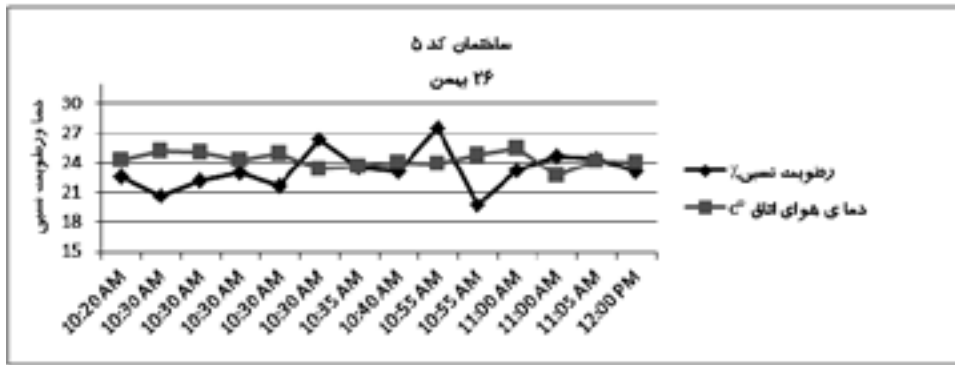
به‌منظور بررسی دقیق‌تر وضعیت دما و رطوبت نسبی در ده ساختمان موردنظر، همزمان با هدایت پرسش‌نامه، اندازه‌گیری‌های محیطی نیز با استفاده از دستگاه FLUKE AIR METER انجام گرفت. نتایج نشان داد که وضعیت دمایی در بیشتر این ساختمان‌ها ثابت، لیکن مقدار رطوبت نسبی در آنها در نوسان است. شکل‌های ۶ تا ۱۵ وضعیت دما و نیز رطوبت نسبی ساختمان‌ها را دقیق‌تر نشان می‌دهند.



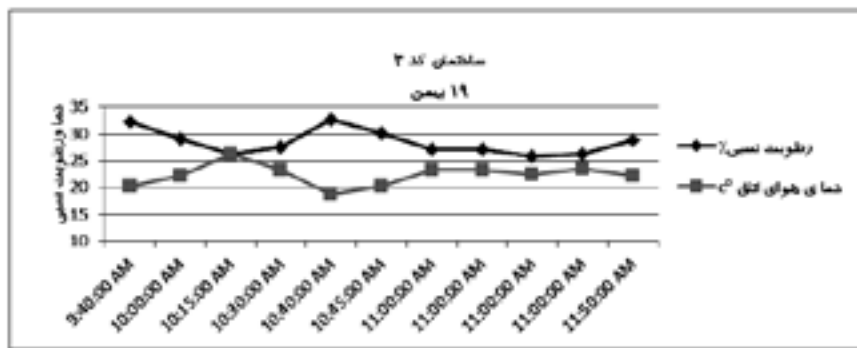
شکل ۶. محدوده رطوبت نسبی در این ساختمان بین ۱۷/۸ و ۲۶/۶ درصد و محدوده دما بین ۱۵/۳ و ۲۴/۸ درجه سانتی‌گراد است. نوسانات دمایی بیشتر در ابتدای صبح بوده و پس از آن دما تقریباً ثابت است، لیکن رطوبت نسبی مدام در حال نوسان است (مأخذ: نگارندگان)



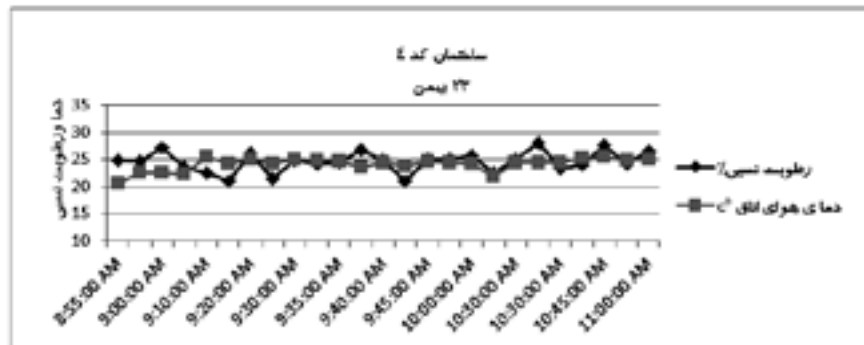
شکل ۷. محدوده دمایی در این ساختمان، ثابت و حدوداً ۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بین ۲۰ تا ۲۱/۸ درصد است (مأخذ: نگارندگان)



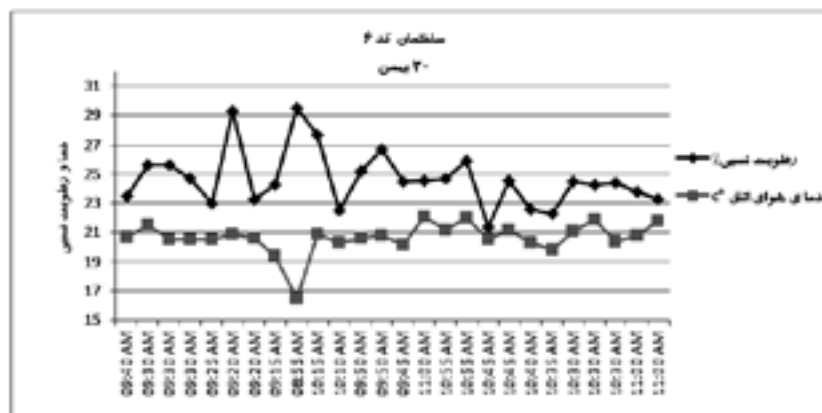
شکل ۸. این ساختمان تنها ساختمان دارای پلان باز است که در این تحقیق بررسی شده است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، نوسانات دما و رطوبت در آن زیاد است. دما بین ۱۸/۷ تا ۲۶/۳ و رطوبت نسبی بین ۲۵ تا ۳۳ درصد است. مطابق پرسش‌نامه بیشترین نارضایتی از دما و رطوبت در این ساختمان اتفاق افتاده است (مأخذ: نگارندگان)



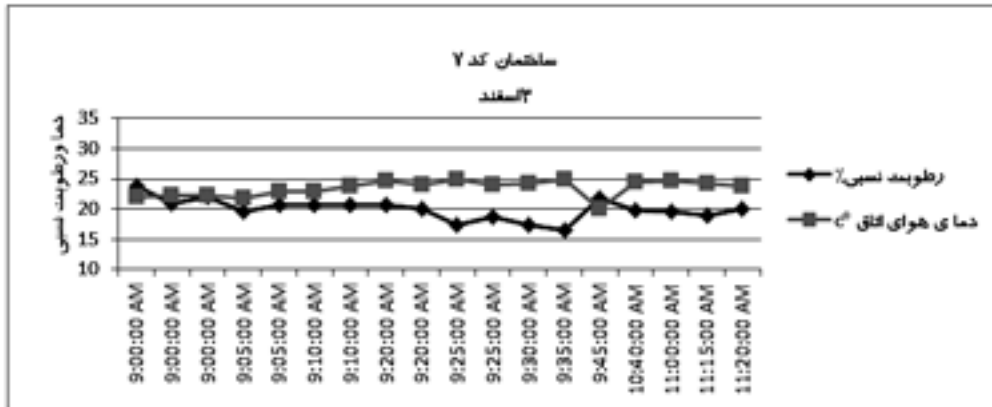
شکل ۹. وضعیت دمایی ساختمان، تقریباً ثابت و در حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد و میزان رطوبت نسبی در آن متغیر بوده و بین ۲۱ و ۲۸ درصد در نوسان است (مأخذ: نگارندگان)



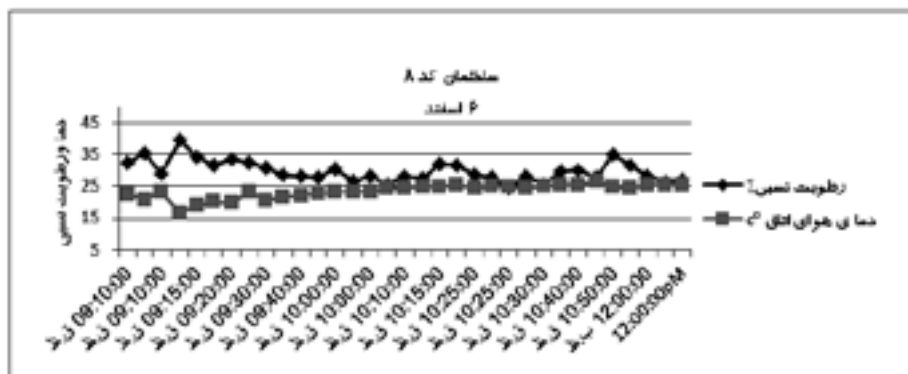
شکل ۱۰. وضعیت دمایی این ساختمان نیز ثابت و در حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بین ۲۰ و ۲۷ درصد در نوسان است (مأخذ: نگارندگان)



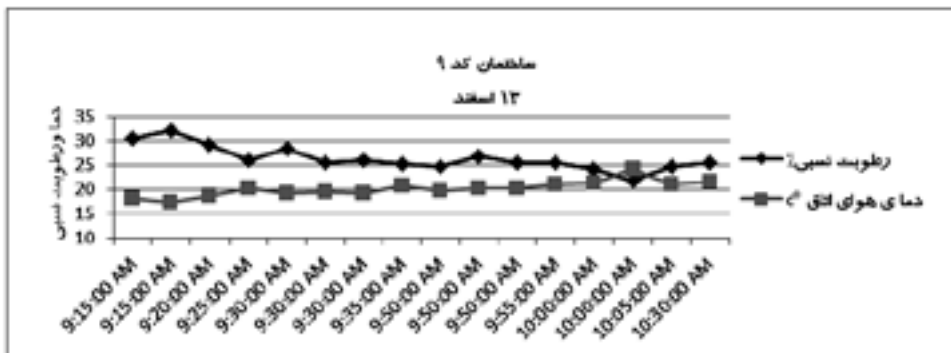
شکل ۱۱. وضعیت دمایی تقریباً ثابت و حدود ۲۱ درجه سانتی‌گراد، لیکن رطوبت نسبی بین ۲۱ و ۲۹ درصد در نوسان است (مأخذ: نگارندگان)



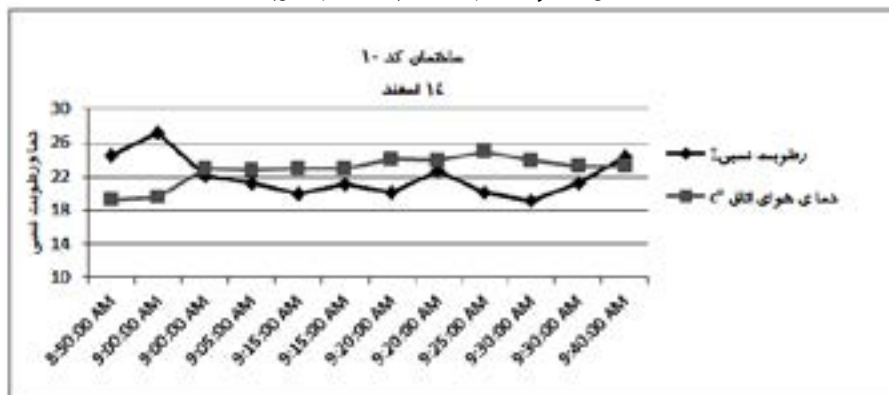
شکل ۱۲. در این ساختمان میانگین دمایی تقریباً ۲۴ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی بین ۱۶/۵ تا ۲۳/۷ درصد در نوسان است (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۱۳. میانگین دما در این ساختمان حدود ۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی بین ۲۵ تا ۳۹ درصد در نوسان است (مأخذ: نگارندگان)



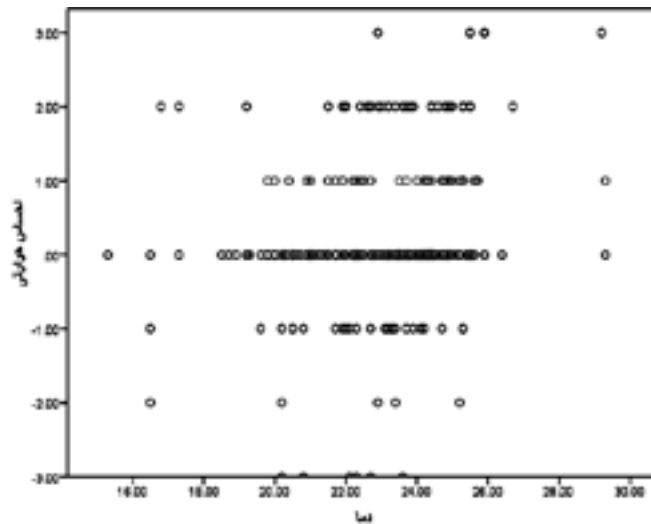
شکل ۱۴. محدوده دمایی در این ساختمان بین ۱۷/۳ تا ۲۴/۴ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی در آن با نوسان کمتر نسبت به دیگر ساختمان‌ها حدود ۲۵ درصد است (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۱۵. میانگین دما در این ساختمان حدود ۲۳ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی بین ۱۹ تا ۲۷ درصد در نوسان است (مأخذ: نگارندگان)

۳.۳. داده‌های حاصل از پرسش‌نامه در برابر اندازه‌گیری‌های فیزیکی

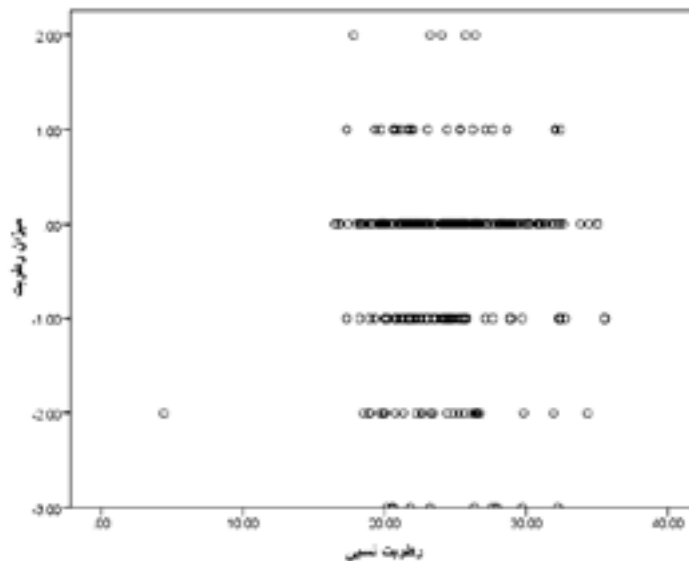
میزان رضایتمندی ساکنان در هر کدام از ساختمان‌ها با استفاده از پرسش‌نامه سنجیده شد و علاوه بر آن وضعیت ساختمان‌ها از لحاظ دما و رطوبت نسبی با ترسیم نمودارها و مقایسه آن با محدوده‌های آسایش موجود تا حدودی مشخص گشت. لیکن به‌منظور به‌دست آوردن محدوده مناسب این فاکتورها در جهت تعریف محدوده آسایش در فضاهای اداری شهر کرمانشاه، با استفاده از نرم‌افزار SPSS داده‌های اندازه‌گیری شده (دما، رطوبت نسبی) در برابر پاسخ‌های مربوط به رطوبت و دما (پرسش‌نامه) قرار گرفت. (شکل ۱۶ و ۱۷)



شکل ۱۶. دماهای اندازه‌گیری شده در برابر پاسخ‌های مربوط به حس حرارتی در لحظه پرسش‌نامه (مأخذ: نگارندگان)

۱.۳.۳. دما در برابر حس حرارتی در لحظه

مطابق با شکل ۵ افرادی که حس حرارتی در لحظه‌شان در محدوده -۱ تا ۱ (کمی خنک تا کمی گرم) است، دمای محل کارشان بین تقریباً ۲۰ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد بوده است. یعنی دمای خنثی بین ۲۰ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد است.



شکل ۱۷. رطوبت نسبی اندازه‌گیری شده در برابر پاسخ‌های مربوط به رضایتمندی از رطوبت در پرسش‌نامه (مأخذ: نگارندگان)

۲.۳.۳. رطوبت نسبی در برابر رضایتمندی از رطوبت

شکل ۶ نشان می‌دهد افرادی که میزان رضایت از رطوبت محل کارشان در محدوده ۰ تا ۳ (خنثی تا خیلی راضی) است، مینیمم میزان رطوبت محل کارشان تقریباً ۱۹ درصد است. یعنی حد پایین رطوبت ۱۹ درصد خواهد بود.

نتیجه گیری

مطابق نتایج حاصل از پرسش‌نامه، ۸۱/۷ درصد از کل ۳۲۸ نفر مصاحبه شونده از حس حرارتی در لحظه‌شان و ۶۵/۵ درصد نیز از میزان رطوبت محل کارشان راضی بودند. در انطباق این پاسخ‌ها با استاندارد ASHRAE 55 چنین دریافت می‌شود که غالب کارکنان از وضعیت حرارتی محل کار خود راضی هستند لیکن از وضعیت رطوبت ناراضی‌اند. جهت تعیین محدوده مناسب دما و رطوبت نسبی به‌منظور تعریف محدوده آسایش در فضاهای اداری شهر کرمانشاه، داده‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از دستگاه FLUKE AIR METER (دما، رطوبت نسبی) در برابر پاسخ‌های مربوط به رطوبت و دما (پرسش‌نامه) قرار گرفت. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نشان داد که محدوده دمای خنثی در فضاهای اداری این شهر بین ۲۰ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد و حد پایین رطوبت نسبی تقریباً ۱۹ درصد است.

پی‌نوشت‌ها

۱. American Society Of Heating, Refrigerating and Air- conditioning Engineers
۲. Rational approach
۳. Adaptive approach
۴. Predicted Mean Vote

فهرست منابع

- ASHRAE STANDARD 55 (2010), Thermal Environment Condition for Human Occupancy.
- Brager, Gail S. and De Dear, Richard (2001) *Climate, comfort and natural ventilation: a new adaptive comfort standard for ASHRAE Standard 55*.
- Charles, K. E. (2003) *Fangers thermal comfort and draught models*.
- De Dear, Ricard and Brager, Gail S. (1998) "Developing an Adaptive Model of Thermal comfort and Preference," ASHRAE Transactions, 104 (1a) 145167-.
- De Dear, Richard and Fountain, Marc E. (1994) "Field experiments on occupant comfort and office thermal environment in hot-humid climate," *Center for the Built Environment*.
- Faizi, Foad; Noorani, Marzieh; Ghaedi, Abdolkarim and Mahdavinejad, Mohammadjavad (2011) "Design an Optimum Pattern of Orientation in Residential Complexes by Analyzing the Level of Energy Consumption (Case Study: Maskan Mehr Complexes, Tehran, Iran)," *Procedia Engineering*, (21) 1179- 1187.
- Fanger, P. Ole (1973) "Assessment of man's thermal comfort in practice," *British Journal of Industrial Medicine*, 30(4) 313324-.
- 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) 4043- 4050.
- Heidarinejad, Ghasem; Delfani, Shahram; Zangene, Mohammad Amin and Heidarinejad, Mohammad (2010) *Thermal comfort*, BHRC Publication No.B-522, Tehran.
- 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*.
- Kasmai, Morteza and Ahmadinejad, Mohammad (2011) *Climate and Architecture*, Khak Publication, Esfahan.
- Mahdavinejad, Mohammadjavad & Javanrodi, Kavan (2012) "Comparative Evaluation of Airflow in Two kinds of Yazdi and Kermani Wind-Towers," *Journal of Fine Arts-Architecture and Urbanism*, 3,4(48) 69- 79.
- 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) 55- 66.
- Mahdavinejad, Mohammadjavad; Bemanian, Mohammadreza and Mator, Soha (2013a) Estimation Performance of Horizontal Light Pipes in Deep-Plan Buildings (Case Study Office Building , Tehran, Iran), *Journal of Fine Arts-Architecture and Urbanism*, 17(4) 41- 48.
- Mahdavinejad, Mohammadjavad; Rezaei Ashtiani, Sima; Rostami, Mohsen; Rostami, Sorayya and Ghorbani Birgani, Mohammad (2013b) "Objectives for Contemporary Architecture of Iran," *American Journal of Scientific Research*, (89)133-139.
- Mahdavinejad, Mohammadjavad; Bemanian, Mohammadreza and Khaksar, Neda (2011) "Architecture and Identity-Explanation of the Meaning of Identity in Pre-Modern, Modern and Post- Modern Eras," *Hoviateshahr*, 4 (7) 113122-.
- Mahdavinejad, Mohammadjavad; Bemanian, Mohammadreza and Mashayekhi, Mohammad (2012) "Asbads; the Oldest Windmills of the World," *Naqshejahan*, 2 (1) 4354-.
- Mahdavinejad, Mohammadjavad & Mator, Soha (2012) "The Quality of Light Openings in Iranian Domes," *Naqshejahan*, 2 (2) 3142-.
- Mahdavinejad, Mohammadjavad & Javanrodi, Kavan (2012) "Comparative Analysis of Wind Flow in Yazdi and Kermani Wind Towers," *HONAR-HA-YE-ZIBA*, (48) 6979-.
- Mahdavinejad, Mohammadjavad; Javanroodi, Kavan and Hashemi Rafsanjani, Leily (2013c) "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) 308324-.

- Nicol, Fergus and Humphreys, Micheal (2002) "Adaptive thermal comfort and Sustainable thermal standard for building," *Energy and Building*, 34(6) 563- 572.
- Olesen, Bjarne W. (2004) "International standards for the indoor environment," *Indoor Air*, 14(s7) 1826-.
- Peeters Leen; De dear, Richard; Hensen, Jan and William D'haeseleer (2009) "Thermal comfort in residential buildings: comfort values and scales for building energy simulation," *Applied Energy*, 86(5) 772- 780.
- Saghafi, Mohammadjavad & Fakhari, Maryam (2013) "The Effect of Solar Chimney on Building Ventilation in Different Climate of Iran," *Naghshejahan*, 2(3):43- 54.
- Taban, Mohsen; Pourjafar, Mohammadreza; Bemanian, Mohammadreza and Heidari, Shahin (2013) "Climate Impact on Architecture Ornament Analyzing the Shadow of Khavoon in Dezful Historical Context with the Use of Image Processing," *Naghshejahan*, 2(3) 79- 90.
- Van Hoof, Joost; Mazej, Mitja and Hensen, Jan (2010) "Thermal comfort: research and practice," *Frontiers in bioscience: a journal and virtual library*, (15) 765- 788.