

بسم الله الرحمن الرحيم



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



جمهوری اسلامی ایران
وزارت راهبردی و معماری

بررسی تأثیر ارتفاع کف تا سقف

بر آسایش انسان

در ساختمانهای مسکونی متعارف بر اساس ارزیابی نمونه‌ها در فضای
آزمایشگاهی کنترل شده

مهندس مژگان نیکروان مفرد (عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن)

مهندس علیرضا حبوری فرد

مهندس محمد مهدی ایرانیان

مشاوران: مهندس امیرناصر بیگلری

دکتر علی مزروعی (عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی ایران)

دکتر رافائل جهانس

دکتر جمشید ریاضی

کزارش تحقیقاتی

شماره نشر: ک - ۵۲۸

چاپ اول: ۱۳۹۰

سرشناسه	نیک‌روان، مفرد، مژگان، ۱۳۳۹ -
عنوان و نام پدیدآور	بررسی تأثیر ارتفاع کف تا سقف بر آسایش انسان در ساختمانهای مسکونی متعارف .../مژگان نیک‌روان مفرد، علیرضا صبوری فرد، محمدمهدی ایرانیان؛ مشاوران امیرناصر بیگلری ...
مشخصات نشر	تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۹.
مشخصات ظاهری	۱۶۸ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	978-600-113-045-8
وضعیت فهرست‌نویسی	فیا
یادداشت	مشاوران امیرناصر بیگلری، علی مزروعی، رافائل جهانس، جمشید ریانی.
موضوع	سقفها - - طرح و ساختمان
موضوع	خانه‌سازی - - طرح و نقشه
موضوع	ساختمان‌سازی - - استانداردها
شناسه افزوده	صبوری فرد، علیرضا
شناسه افزوده	ایرانیان، محمدمهدی
شناسه افزوده	بیگلری، امیرناصر، مشاور طرح
شناسه افزوده	مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
رده‌بندی کنگره	۱۳۸۹ ن، ۷/۴، TH۱۲۴۰
رده‌بندی دیوئی	۶۹۵
شماره کتابشناسی ملی	۱۱۷۷۶-۲

مصوبه شماره ۸۹/۶۳۲ چاپ کتاب، شورای علمی انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

بررسی تأثیر ارتفاع کف تا سقف بر آسایش انسان در ساختمانهای مسکونی متعارف بر اساس ارزیابی نمونه‌ها در فضای آزمایشگاهی کنترل‌شده

مهندس مژگان نیک‌روان مفرد، مهندس علیرضا صبوری فرد، مهندس محمدمهدی ایرانیان مشاوران: مهندس امیرناصر بیگلری، دکتر علی مزروعی، دکتر رافائل جهانس، دکتر جمشید ریاضی

شماره نشر: گ - ۵۲۸، چاپ اول: ۱۳۹۰

ناشر: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

بها: ۲۰۰۰۰ ریال

آماده‌سازی برای چاپ: نسربین مقدس

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

مسئولیت صحت دیدگاه‌های علمی بر عهده نگارندگان محترم می‌باشد.

کلیه حقوق چاپ و انتشار اثر به ناشر تعلق دارد.

نشانی: تهران - بزرگراه شیخ فضل الله نوری، خیابان پاس - فرهنگیان، خیابان ارشاد، خیابان سوم

صندوق پستی: ۱۶۹۶-۱۳۱۴۵

تلفن: ۸۸۲۵۵۹۴۲-۶، دورنگار: ۸۸۲۵۵۹۴۱

پست الکترونیکی: president@bhrc.ac.ir صفحه الکترونیکی: http://www.bhrc.ac.ir

پیشگفتار

آسایش انسان از جمله مباحث مهمی است که عوامل متعددی روی آن تاثیر می‌گذارند. آکامی از نظرها و چگونگی احساس آسایش انسان در محیط فعالیت و زندگی، در تعیین ابعاد فضا و تجهیزات مورد نیاز او، عامل تعیین‌کننده‌ای است. این امر موجب گردیده تا محققان بسیاری در سراسر جهان نسبت به آزمایشهایی به منظور کسب اطلاعات بیشتر دست بزنند تا با بهره گرفتن از نتایج آنها نسبت به تامین هر چه بیشتر شرایط آسایش اقدام گردد. افراد کوناگون، ممکن است در شرایط یکسان احساس متفاوتی از آسایش را نسبت به یکدیگر بیان کنند، لیکن نقاط مشترک بسیاری وجود دارند که بیشتر افراد، روی آن توافق داشته باشند به طوری که تا حد ممکن بتوان محدوده‌هایی از ابعاد را برای فراهم نمودن شرایط مورد نیاز ایجاد نمود. با تکیه بر این موضوع، پروژه‌ای تحت عنوان: تاثیر ارتفاع کف تا سقف بر آسایش انسان در ساختمانهای مسکونی متعارف - بر اساس ارزیابی نمونه‌ها در فضاهای آزمایشگاهی کنترل شده، اجرا شد. برای آزمایش‌های این پروژه، آزمایشگاهی با سقف متحرک در جهت عمودی ساخته شده‌است. در این آزمایشگاه، می‌توان با کمک دستگاه‌های ساده تعبیه شده، شرایط اقلیمی را مشابه شرایط پیش فرض تنظیم نمود، به طوری که در شرایط اقلیمی مشابه، بتوان با تغییر ارتفاع سقف، میزان رضایتمندی افراد تحت آزمایش را برای تعیین ارتفاع کف تا سقف جویا شد. همچنین، با کمک دستگاه Thermal Comfort - Data logger و نتایج حاصل از سنسورهای دستگاه سنجش آسایش انسان نیز می‌توان از مقایسه آنها با یکدیگر به نتایج دیگری دست یافت.

امید است، با امکانات آزمایشگاهی موجود و در بازنگری‌های آتی بتوان نسبت به افزایش دامنه تحقیقات در زمینه آسایش انسان و کسب نتایج دیگر نسبت به تهیه نتایج قابل استفاده بیشتری برای جامعه علمی - فنی و تمامی علاقه‌مندان، اقدام نمود.

سید محمود فاطمی عقدا

رئیس مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

۱	بخش اول: آسایش انسان و تاثیر ارتفاع کف تا سقف
۱-۱	۱-۱ متغیر ارتفاع کف تا سقف
۲	۲-۱ عوامل تاثیرگذار در آسایش
۳	۳-۱ مروری بر مفاهیم آسایش و آسایش حرارتی
۳-۱	۱۰-۳-۱ آسایش
۴	۲-۳-۱ آسایش حرارتی
۵	۴-۱ متابولیسم و تنظیم دمای بدن
۶	۱-۴-۱ چگونگی تنظیم دمای بدن
۷	۲-۴-۱ حفظ دمای بدن در محدوده‌ای مشخص و تعادل انرژی
۹	۳-۴-۱ مساحت بدن انسان
۹	۴-۴-۱ تبادل حرارتی
۱۱	۵-۱ فعالیت انسان و آسایش
۱۱	۶-۱ عوامل اقلیمی محیط داخل و خارج و پایداری شرایط آسایش انسان
۱۱	۷-۱ محیط‌های اقلیمی داخل
۱۲	۸-۱ عوامل مؤثر در آسایش حرارتی
۱۳	۱-۸-۱ شاخص‌های PMV و PPD و شرایط آسایش حرارتی
۱۴	۲-۸-۱ میزان رضایتمندی افراد (PMV)
۱۶	۳-۸-۱ درجه نارضایتی (درصد نارضایتی اعلام شده) PPD
۱۹	۹-۱ لوازم جانبی و ایجاد شرایط آسایش انسان
۱۹	۱۰-۱ ارگونومی محیط
۱۹	۱-۱۰-۱ سنجش و ارزیابی عایق حرارتی و مقاومت پوشاک
۲۱	۱۱-۱ حل معادلات آسایش
۲۱	۱۲-۱ فرآیند ادراک در روند تعیین ارتفاع کف تا سقف فضاهای مسکونی



فصل دوم: تمهیدات لازم برای اجرای آزمایش	۲۳
۱-۲ مقدمه	۲۲
۲-۲ فضای آزمایشگاهی کنترل شده	۲۴
۳-۲ ابزارهای اندازه‌گیری آسایش انسان در محیط آزمایشگاه	۲۹
۴-۲ چگونگی تنظیم شرایط برای انجام شدن آزمایش‌ها	۲۹
۱-۴-۲ محیط اقلیمی شاهد	۲۹
۲-۴-۲ فضای اقلیمی تنظیم شده بر اساس محیط اقلیمی شاهد	۳۲
۵-۲ روش اجرای تحقیق	۳۵
۱-۵-۲ پاسخ افراد تحت آزمایش و جمع‌بندی آن	۳۷
۲-۵-۲ پاسخ افراد درباره سایر عوامل در ایجاد نارضایتی از محیط	۳۸
۳-۵-۲ پاسخ‌های حاصل از سنسورهای دستگاه سنجش آسایش	۴۳
۶-۲ بحث، ارزیابی	۴۳
۷-۲ نتیجه‌گیری	۴۸
منابع	۴۹
پیوست ۱	۵۱
پیوست ۲	۱۳۹

چکیده

روشن است آنچه بیش از هر مورد دیگری می‌بایست در تعیین ارتفاع کف تا سقف در نظر گرفته شود، آسایش انسان و چگونگی تأمین آن است. در طراحی‌ها، هماهنگی اندازه‌ها بسیار مهم است. دقت در انتخاب اندازه و اندازگذاری نیز یکی از شرایط پایه و تأثیرگذار روی آسایش انسان است.

در این تحقیق، موضوع آسایش انسان همراه با نکات مرتبط با آسایش حرارتی مطرح می‌گردد. احساس سرما و گرما، راههای تبادل گرمای بدن با محیط، عوامل مؤثر بر این تبادل حرارتی، لباس‌های هوا، رطوبت هوا، جریان هوا، نوع فعالیت فرد، مسایل فیزیولوژیکی و کارایی بدن در ارتباط با شرایط اقلیم داخل، متابولیسم بدن، نوع لباس پوشیدن و معادله آسایش در ارتباط با نکات ذکر شده در محیط‌های آزمایشگاهی کنترل شده، مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

گرچه عوامل تأثیرگذار برای تعیین ارتفاع سقف بسیارند، لیکن در اینجا سعی می‌گردد همراه با مقیاس‌های سنجش رضایتمندی PMV و PPD و پیش‌بینی تعداد افراد ناراضی در یک محیط حرارتی و اقلیمی ثابت (که در آن ثابت‌ها تعریف شده‌اند) نسبت به تأثیر ارتفاع کف تا سقف در آسایش انسان اقدام نمود. در این آزمایش‌ها میزان آسایش افراد در یک محیط اقلیمی ثابت که در آن تنها متغیر ارتفاع کف تا سقف است، مشخص می‌گردد. شایان ذکر است، اندازه‌گیری‌های شرایط حرارتی محیط داخل و سنجش رضایتمندی توسط دستگاه، Data logger thermal comfort و بر روی نمونه‌های ایرانی و با در نظر گرفتن پاسخ‌های آنها، انجام گرفته است.

مقدمه

آکامی از اتفاقات و نظرسنجی درباره آنها، سپس ارزیابی و تحلیل موضوع، موجب افزایش دانش بشر در مورد آن می‌گردد. همین امر به یافتن راه‌حل‌های مورد نیاز برای رفع مشکلات و برنامه‌ریزی‌های آتی جهت بهبود شرایط و ایجاد امکانات مناسب‌تر، کمک می‌نماید. در این پژوهش، آکامی از میزان تأثیر فاصله کف تا سقف روی احساس رضایتمندی افراد مطرح می‌گردد. این امر، به منظور مشخص نمودن محدوده ابعادی آن در محیط‌های متعارف مسکونی در شهرهاست که با توجه ویژه به انسان، و شرایط آسایش او تعریف می‌گردد. روشن است، عوامل بسیاری روی آسایش انسان تأثیرگذارند که با آکامی از هریک می‌توان نسبت به فراهم نمودن شرایط مناسب در ایجاد آن، اقدام نمود. در زمینه آسایش انسان، پژوهش‌ها و آزمایش‌های بسیاری در کشورهای گوناگون به عمل آمده‌است. که نتایج آنها به شکل مدون و قابل دسترس، از طرف جوامع متفاوت علمی در جهان، ارائه شده‌است. نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد انسان‌ها با وجود تفاوت‌هایی که با یکدیگر دارند، در محدوده‌های مشابهی از آسایش، به ویژه از دیدگاه حرارتی، احساس مشابهی را بیان می‌کنند.

از این رو، گرچه روش‌های اتخاذ شده برای آزمایش‌ها بسیار بوده و بسته به شرایط محل و ویژگی‌های فرهنگی، روحی و عادات مردم جامعه، ممکن است متفاوت باشند، لیکن به دلیل مشابهت انسان‌ها در میزان تعیین آسایش، نتایج حاصل از هر پژوهش که از دیدگاه تازه‌ای به موضوع می‌نگرد، می‌تواند در تنظیم راهکارها و ارائه و یا بازنگری ضوابط مورد نیاز، تأثیرگذار باشد. بنابراین، تحقیق حاضر، با هدف آشنایی با دیدگاه‌های افراد، در ارتباط با تأثیر ارتفاع کف تا سقف روی احساس آسایش و رضایتمندی افراد تعریف شده است. به گونه‌ای که با ارائه نتایج آن، بر دانسته‌های موجود در این زمینه افزوده شود و امکانات تازه‌ای برای تأمین هرچه بیشتر شرایط آسایش در محیط‌های زندگی و فعالیت ایجاد گردد. در این تحقیق، از نوآوری ویژه‌ای جهت آشنایی با نظر افراد درباره ارتفاع کف تا سقف استفاده شده‌است. بدین ترتیب که، به جای مطالعه و بررسی شرایط اقلیمی و تأثیر آن روی آسایش حرارتی افراد و تغییر دادن متغیرهای معادله آسایش حرارتی و محاسبه معادلات مرتبط با توجه به آن متغیرها، نسبت به ساخت آزمایشگاهی با سقف متحرک که در آن



امکان تنظیم شرایط اقلیمی، بر اساس ضرورت‌های آزمایش، امکان‌پذیر باشد، اقدام گردید. در این آزمایشگاه، پس از ایجاد شرایط آسایش حرارتی مورد نظر، می‌توان با تغییر دادن فاصله بین کف تا سقف در شرایط اقلیمی یکسان محیط آزمایشگاه، نسبت به سنجش نظرهای افراد درباره ارتفاع کف تا سقف اقدام نمود. شایان ذکر است که شرایط حرارتی محیط آزمایشگاه توسط دستگاه دیتا لاگر ترمال کومفورت^۱، قابل اندازه‌گیری است. این دستگاه دارای سنسورهایی است که شرایط اقلیمی محیط را دریافت نموده و با توجه به میزان فعالیت و پوشاک که برای آن در نظر گرفته می‌شود، بر اساس استانداردهای بین‌المللی تدوین شده برای آسایش حرارتی، میزان رضایتمندی و ناراضایتی افراد را در محیطی که در آن قرار دارند، از طریق محاسبه (PMV-PPD) بیان می‌کند. این دستگاه دارای عملکردهای ویژه‌ای است که در بخش‌های آینده درباره آن توضیحاتی ارائه خواهد شد.

در اینجا، مختصری درباره روش انجام‌شده کار، در این پژوهش بیان می‌شود. هر فرد هنگام قرار گرفتن در یک محیط، تحت تاثیر شرایط آن محیط از نظر وسعت، حجم، چیدمان، اقلیم و تنظیمات حرارتی، و غیره قرار می‌گیرد؛ و این احساس را بیان می‌نماید. این امر بویژه هنگام جابه‌جا شدن از یک محیط به محیطی دیگر بیشتر مشخص می‌شود. این گونه احساسها برای انسان، ناآزموده و یا ناآشنا نیستند. لذا، جدید محسوب نمی‌گردند. برای نمونه، هنگام وارد شدن از هوای سرد محیط بیرون به داخل محیطی گرمتر، این تغییر در احساس آسایش، قابل درک می‌گردد. لیکن کمتر پیش می‌آید که در لحظاتی کوتاه و نزدیک به هم از نظر فاصله زمانی، شرایط گوناگونی را در همان محیط تجربه نماید. به‌گونه‌ای که امکان مقایسه و ارزیابی آنها برای او فراهم گردد. و درباره تأثیر آنها بر احساس رضایتمندی خود اندیشه نماید. لذا، در صورت ایجاد فضایی به منظور درک احساس آسایش افراد به‌طوری‌که در آن محیط با شرایط آسایش حرارتی یکسان، بتوان ارتفاع‌های مختلفی را در فاصله بین کف تا سقف ایجاد نمود، و این تغییر ارتفاع به سرعت امکان‌پذیر باشد، به طوری‌که که شخص بتواند مروری سریع بر احساس‌های ادراکی خود داشته باشد، همچنین، برای اطمینان از پاسخ ارائه شده بتواند هر چند مرتبه که نیاز باشد، در شرایط مورد نظر قرار بگیرد، امکان قیاس نمودن آنها با یکدیگر برایش فراهم می‌گردد. از آنجا که به طور کل



چنین فضایی با مشخصات ذکر شده موجود نمی‌باشد، نیاز به محیط آزمایشگاهی کنترل شدیدی است که ایجاد گردد.

بنابراین، پیشنهاد پروژه‌ای که در آن، ساخت آزمایشگاهی با سقف متحرک (در راستای عمود)، پیش‌بینی شده‌است به گونه‌ای که شرایط اقلیمی داخل آن نیز تا حد ممکن قابل تنظیم باشد، به مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ارائه گردید، این آزمایشگاه، ابزار مناسبی برای تحقیق و آگاهی از نظر افراد درباره ارتفاع کف تا سقف محسوب می‌گردد. در این پژوهش، روش در نظر گرفته‌شده به این ترتیب است که برای آگاهی از تأثیر ارتفاع کف تا سقف روی افراد، محیط منتخبی به عنوان محیط شاهد در نظر گرفته می‌شود و شرایط اقلیمی آن، تا حد ممکن در محیط آزمایشگاه ایجاد می‌گردد. در محیط شاهد، میزان رضایتمندی با توجه به نوع فعالیت و پوشاک توسط دستگاه دیتالاگر و در نظرسنجی از افراد مشخص می‌گردد. این محیط از نظر شکل و مساحت، مشابه فضای آزمایشگاه انتخاب شده‌است، با این تفاوت که در آنجا سقف ثابت است، لذا، توجه افراد بیشتر به شرایط اقلیمی و حرارتی داخل اتاق و آثار آن در شرایط فیزیولوژیکی معطوف است، و میزان رضایتمندی افراد از آسایش در محیط شاهد، به متغیر ارتفاع کف تا سقف باز نمی‌گردد. پس از این مرحله، با ایجاد شرایط آسایش مشابه با محیط شاهد در آزمایشگاه، و نظر به امکان ایجاد شده برای تغییر ارتفاع کف تا سقف، با قرار دادن آن در ارتفاع‌های گوناگون، میزان رضایتمندی افراد درباره محیط مورد نظر در فاصله‌های متفاوت کف تا سقف، مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. اجرای این مرحله، طی ارائه پرسشنامه‌ای برای دریافت نظرهای افراد و همچنین، دریافت نتایج از دستگاه دیتالاگر که مقدار رضایتمندی در آن محیط را در شرایط تعیین شده نشان می‌دهد، انجام می‌گردد. بدین ترتیب، میزان آسایش افراد در شرایط اقلیمی یکسان و در همان محیط بر اساس یک متغیر، یعنی تغییر فاصله کف تا سقف، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. نتیجه این پژوهش، در نوع خود منحصر به فرد است، و جزوه اولین نتایج تحقیقاتی به شکل بیان شده‌است، درباره تعیین ارتفاع کف تا سقف برای محیط‌های مسکونی متعارف محسوب می‌شود که امید است مورد استفاده واقع گردد.

با توجه به این نکته مهم که ارتفاع سقف از کف اگر از حد مشخصی کوتاه‌تر و یا بلندتر باشد، علاوه بر مسائل اقلیمی، روی مسائل اقتصادی، نگهداری ساختمان، رعایت تناسبات معماری، محاسبات سازه و زلزله، میزان مصالح، استاندارد اجزای ساختمانی و لوازم، نظافت، پیش‌سازی و تولید صنعتی و در انبودسازی و غیره، تأثیرگذار است. این امر بویژه،



روی آسایش افراد و استفاده‌کنندگان از محیط و ادراک روحی و روانی و ذهنیت استفاده‌کنندگان از فضاهای مسکونی، بازتاب مؤثری خواهد داشت؛ لذا با علم به میزان رضایتمندی افراد از محیط‌های زندگی می‌توان در برداشتن قدم‌هایی استوارتر، نسبت به تعیین این فاصله، تلاش نمود.

شایان ذکر است، با توجه به تأثیر عوامل اقلیمی و حرارتی در آسایش افراد، تصمیم گرفته شده‌است تا خلاصه‌ای از این مباحث در فصل اول ارائه شود. لیکن مجموعه‌ای کاملتر از مبحث آسایش حرارتی برداشت شده از استاندارد اشره [۱۲]، تهیه گردیده‌است که در پیوست (۱) ملاحظه می‌گردد.

با سپاسگزاری از پروردگار یکتا، در اینجا لازم می‌داند، از حمایت‌های مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، و همکاران گروه تحقیق، مهندس علیرضا صبورفر، مهندس محمدمهدی ابراهیمی، و مشاوران گروه تحقیق مهندس امیرناصر بیگلری، دکتر علی مزروعی، دکتر رافائل جهانش و دکتر محمدتقی حریری، همچنین دکتر جمشید ریاضی، مهندس مرتضی کسمایی، مهندس مرتضی خرمی، و دکتر حسین روشن‌بخش و نیز مهندس تورج صدیقیان، امیر عشیری، حسن شهرستانی و همکاران محترم در بخش کارگاه تخصصی، تدارکات، انبار و تمامی عزیزان شرکت‌کننده در آزمایش‌ها، در به انجام رساندن این پروژه قدردانی و سپاسگزاری شود.