

Assessment of Thermal Comfort in the Elderly Affected by Temperature Range Variation, Type, and Intensity of Environmental Noise

Karen. Fatahi^{1*}, Maryam. Beigi²

¹ Department of Architecture, Ilam Branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran

² Master Student of Architecture, Ilam Branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran

* Corresponding author email address: karenfatahi@yahoo.com

Article Info

Article type:

Original Research

How to cite this article:

Fatahi, K., & Beigi, M. (2024). Assessment of Thermal Comfort in the Elderly Affected by Temperature Range Variation, Type, and Intensity of Environmental Noise. *Longevity*, 2(4), 53-73.

<https://doi.org/10.61838/kman.longevity.2.4.4>



© 2024 the authors. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

ABSTRACT

Thermal comfort significantly impacts the health and quality of life of elderly individuals. Therefore, ensuring thermal comfort is critical for the well-being of seniors, especially as they are more vulnerable to environmental changes. The purpose of this study was to examine the thermal comfort status of the elderly influenced by variations in temperature range, as well as the type and intensity of environmental noise. This experimental study included 216 elderly residents of Ilam as the statistical population. The experiment was conducted in the autumn of 2024. Participants were divided into various groups to assess the effects of temperature (20, 25, and 30 degrees Celsius), noise intensity (55, 65, 75, and 85 dB), and noise type (music, traffic, and crowd noise). Subjects were randomly assigned to groups of 72, 24, 12, and 6 participants. The collected data were analyzed using three-way analysis of variance (ANOVA) to evaluate the effects across variables. The findings indicated that different levels of temperature and noise intensity had statistically significant effects on thermal comfort perception among the elderly, with values of $F(2,180)=275.665$, $p<0.05$ and $F(3,180)=0.197$, $p<0.05$, respectively. The interaction of temperature levels with noise type also had a significant impact on the perception of thermal comfort in the elderly, with $F(4,180)=17.192$, $p<0.05$. In contrast, the factors of noise type, the interaction between temperature and noise type, temperature and noise intensity, noise type and noise intensity, and the three-way interaction of temperature, noise type, and noise intensity did not have significant effects on the elderly's thermal comfort perception. The mean thermal comfort perception scores among the elderly for the temperature levels of 20°C, 25°C, and 30°C were -0.86, 0.13, and 1.52, respectively. The results of this study demonstrate that different levels of temperature and noise intensity significantly influence thermal comfort in the elderly. Furthermore, a significant interaction exists between temperature and noise type in affecting thermal comfort. However, factors such as noise type alone, and the interactions between temperature and noise intensity, noise type and noise intensity, and the combination of temperature, noise type, and intensity, did not have a significant impact on thermal comfort in the elderly.

Keywords: Thermal comfort, elderly, temperature range, noise type, noise intensity.

Extended Abstract

Introduction

Population aging is a rapidly accelerating global phenomenon, with the proportion of individuals aged 60 and over projected to reach 16.7% by 2030 and 20% by 2050 (Zanjari et al., 2024). This demographic shift introduces multifaceted challenges in health, housing, and social support systems (Christense et al., 2009). Older adults, due to physiological decline and a weakened immune system, are particularly vulnerable to environmental stressors such as extreme temperatures and auditory disturbances (Mancini & Allen, 2018; Weyh et al., 2020). Thermal comfort, defined as a state of mind that expresses satisfaction with the thermal environment, is crucial to health and well-being, especially in the elderly population (Fattahi et al., 2021). Research shows that aging diminishes the body's adaptive responses, increasing sensitivity to heat and cold stress (Zheng et al., 2023).

Additionally, environmental noise significantly affects psychological and physical health, acting as a stressor that exacerbates discomfort in thermal environments (Huang et al., 2013; Ismaila & Odusote, 2014). Sound types such as music or traffic noise can influence thermal perception differently (Geng et al., 2022; Jin et al., 2020). Prior studies have established that older adults exhibit delayed or less sensitive thermal responses than younger individuals (Wang et al., 2023; Wu et al., 2023). This implies that thermal and auditory stimuli interact in complex ways to influence comfort in older populations. Thus, the present study aimed to explore the thermal comfort status of elderly individuals in relation to varying temperature ranges and the type and intensity of environmental noise, providing insights into the design of age-responsive environments that enhance health and quality of life for the elderly.

Methods and Materials

The study employed a controlled experimental design involving 216 elderly male participants aged 65 to 75 years with normal body mass indices. The participants, all residents of Ilam, Iran, were exposed to controlled conditions across multiple combinations of thermal and auditory stimuli. Experimental settings included three ambient temperature conditions (20°C, 25°C, 30°C) and four noise intensity levels (55, 65, 75, and 85 dB) across three distinct noise types (music, traffic, and crowd noise). Environmental conditions were standardized for humidity (50%) and air velocity (<0.1 m/s). Participants were randomly assigned to groups and underwent acclimatization before exposure to test conditions. Perceptual data were collected through questionnaires completed after 15-minute exposures, and data were analyzed using three-way ANOVA to examine main and interaction effects of temperature, noise type, and noise intensity.

Findings and Results

The results indicated that both temperature levels and noise intensity had significant effects on the elderly's thermal comfort. ANOVA revealed that temperature significantly affected thermal comfort perception with $F(2,180) = 275.665$, $p < 0.05$, and similarly, noise intensity had a significant effect with $F(3,180) = 21.724$, $p < 0.05$. However, noise type alone did not significantly influence thermal comfort ($F(2,180) = 0.197$, $p > 0.05$). A significant interaction was found between temperature and noise type ($F(4,180) = 17.192$, $p < 0.05$), indicating that the effect of temperature on comfort varied by noise type.

Other interaction terms—including temperature $\times$ noise intensity, noise type $\times$ intensity, and the three-way interaction—were not significant.

Thermal comfort was highest at 30°C ($M = 1.52$) and lowest at 20°C ($M = -0.86$). Within the 30°C condition, the highest comfort score ($M = 2.50$) occurred with crowd noise at 85 dB. Conversely, the lowest comfort ($M = -1.66$) was observed at 20°C with crowd noise at 55 dB. Post hoc analyses confirmed significant differences between all temperature conditions, except between 20°C and 25°C when analyzed within music-type noise. These trends were consistent across sub-analyses that controlled for noise type.

Conclusion

This study offers compelling evidence on the critical role of environmental variables—particularly temperature and noise intensity—in shaping the thermal comfort of older adults. The results clearly demonstrate that higher temperatures (especially 30°C) and increased noise levels (above 75 dB) can reduce thermal comfort, aligning with prior research indicating heightened sensitivity among the elderly to thermal stress (Wang et al., 2023). The finding that temperature $\times$ noise type interactions are significant implies that auditory environments modulate the perception of temperature—where music tends to buffer discomfort, while traffic and crowd noise exacerbate it. This confirms previous assertions that different soundscapes produce distinct psychological and physiological responses (Jin et al., 2020; Nagano & Horikoshi, 2005).

The results also reinforce earlier field studies showing the elderly's limited ability to detect subtle temperature shifts, requiring more significant changes to perceive thermal discomfort (Schellen et al., 2010). The nonsignificant three-way interaction suggests that the combined influence of noise type and intensity does not amplify or mitigate temperature effects beyond their pairwise interactions. This insight is crucial for designing age-inclusive environments: providing thermal zones that maintain moderate temperatures (around 25°C) with controlled noise conditions can significantly enhance comfort. Moreover, sound type modulation—such as incorporating music—can serve as an effective intervention strategy to enhance environmental perception among the elderly.

In summary, this study underscores the necessity of integrating thermal and auditory considerations in geriatric environmental design. By highlighting the differential impacts of sound type and intensity across varying temperatures, the findings offer actionable guidance for developing elder-friendly spaces that mitigate discomfort and support health. The contribution of this research lies in its ability to translate complex environmental interactions into practical insights, paving the way for evidence-based age-sensitive urban and residential planning. Despite logistical challenges in data collection, especially given the large sample and age-related constraints, the study sets a strong precedent for future investigations. Further research including women and those above 75 years is recommended to broaden the applicability of these findings and inform more inclusive public health and architectural strategies.

Conflict of Interest

There is no conflict of interest in conducting the present study.

Acknowledgments

We sincerely thank the Ethics Committee of Islamic Azad University, Ilam Branch, and all the elderly participants who, despite the numerous challenges we faced, supported us in completing this research.

Authors' Contributions

All authors contributed equally to the writing of this article.

Ethical Considerations

This study was conducted in full compliance with ethical principles in writing and publishing scientific articles. The study was approved by the Ethics Committee of Islamic Azad University, Ilam Branch, under the ethics code IR.IAU.ILAM.REC.1403.091.

Data Transparency

The data and sources used in this study will be made available upon request from the corresponding author, in compliance with copyright regulations.

Funding

This research received no financial support.

بررسی وضعیت آسایش حرارتی سالمندان متأثر از تنوع دامنه دمایی، نوع و میزان صدای محیط

کارن فتاحی^{۱*}، مریم بیگی^۲

۱. گروه معماری، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: karenfatahi@yahoo.com

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله

پژوهشی/اصیل

نحوه استناد به این مقاله:

فتاحی، کارن، و بیگی، مریم. (۱۴۰۳). بررسی وضعیت آسایش حرارتی سالمندان متأثر از تنوع دامنه دمایی، نوع و میزان صدای محیط. *طول عمر*، ۲(۴)، ۷۳-۵۳.



© ۱۴۰۳ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده است. انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی (CC BY-NC 4.0) صورت گرفته است.

آسایش حرارتی به طور قابل توجهی بر سلامت و کیفیت زندگی سالمندان تأثیر می‌گذارد. بنابراین اطمینان از نقش آسایش حرارتی برای رفاه سالمندان، به ویژه در برابر تغییرات محیطی آسیب پذیر هستند، بسیار مهم است. هدف این مطالعه بررسی وضعیت آسایش حرارتی سالمندان متأثر از تنوع دامنه دمایی، نوع و میزان صدای محیط است. این مطالعه از نوع مطالعه آزمایشگاهی ۲۱۶ سالمند ساکن شهر ایلام را به عنوان جامعه آماری انتخاب کرد. این آزمایش در پاییز ۱۴۰۳ انجام شد. شرکت کنندگان در گروه‌های مختلف برای ارزیابی اثرات دما (۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی گراد)، شدت صدا (۵۵، ۶۵، ۷۵ و ۸۵ dB) و نوع صدا (موسیقی، ترافیک و شلوغی) تقسیم شدند. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در گروه‌های ۷۲، ۲۴، ۱۲ و ۶ نفری قرار گرفتند. داده‌های جمع‌آوری شده در بین این گروه‌ها با استفاده از آنالیز واریانس سه فاکتوری (سه‌طرفه ANOVA) برای بررسی اثرات بین متغیرها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد سطوح مختلف متغیر دما و میزان صدا به ترتیب با مقادیر $F(2, 180) = 275.665$ ، $p < 0.05$ و $F(3, 180) = 0.197$ ، $p < 0.05$ تأثیر معنی داری بر میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان دارند. اثرات سطوح فاکتور دما در فاکتور نوع صدا با مقدار $F(4, 180) = 17.192$ ، $p < 0.05$ بر میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان تأثیر معنی داری دارد. در مقابل سطوح فاکتور نوع صدا، اثر متقابل دما در نوع صدا، دما در میزان صدا، نوع صدا در میزان صدا و اثرات متقابل فاکتورهای دما، فاکتور نوع صدا و میزان صدا بر میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان تأثیر معنی داری نداشتند. میانگین میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان بر اساس سطوح فاکتور دما برای گروه‌های دمای ۲۰، دمای ۲۵ و دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به ترتیب برابر ۰/۸۶، ۰/۱۳ و ۱/۵۲ به دست آمد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که سطوح مختلف متغیر دما و میزان صدا به طور قابل توجهی بر آسایش حرارتی سالمندان تأثیر می‌گذارد. علاوه بر این، اثر متقابل قابل توجهی بین دما در نوع صدا بر آسایش حرارتی سالمندان وجود دارد. با این حال، عوامل نوع صدا، اثر متقابل فاکتورهای دما در میزان صدا، نوع صدا در میزان صدا، دما در نوع و میزان صدا تأثیر قابل توجهی بر آسایش حرارتی سالمندان نداشتند.

کلیدواژگان: آسایش حرارتی، سالمندان، دامنه دمایی، نوع صدا، میزان صدا.

مقدمه

پیری جمعیت یک روند جهانی است (Zanjari et al., 2024) با افزایش سرعت پیری جمعیت جهان، نسبت افراد ۶۰ ساله و بالاتر تقریباً ۱۲.۵ درصد در سال ۲۰۱۵ از کل جمعیت جهان بود. پیش بینی می‌شود این عدد تا سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ به ترتیب به ۱۶/۷ و ۲۰ درصد افزایش یابد (Yao et al., 2022). پیری جمعیت یک محرک کلیدی برای تغییرات اجتماعی قرن بیست و یکم و یک چالش عمده جمعیتی با تأثیر فزاینده است (Zanjari et al., 2024). سالمندی به عنوان آخرین مرحله رشد فردی، طبیعتاً مراحل رشد را دنبال می‌کند و با سایر مراحل زندگی تفاوت چشمگیری دارد (Taghinezhad et al., 2017). با توجه به رشد سریع جمعیت سالمند در ایران، تمرکز بر ارتقای سلامت و کیفیت زندگی سالمندانی که از گروه‌های آسیب‌پذیر محسوب می‌شوند، افزایش یافته است (Rashedi et al., 2013). علیرغم افزایش جمعیت سالمندان در ایران، آگاهی ما از وضعیت سلامت آن‌ها محدود است. پیری جمعیت چالش‌ها و فرصت‌هایی مانند نیاز به گسترش مراقبت‌های بهداشتی اولیه و سایر خدمات ضروری را به همراه دارد (Ghasemi et al., 2019). بنابراین پیری جمعیت پدیده‌ای است که توجه قابل توجهی را می‌طلبد (Adib Roshan et al., 2020).

پیری جمعیت، به ویژه سالمندان، در سراسر جهان به عنوان یک موضوع مبرم شناخته شده است که تقاضاها را در زمینه مراقبت‌های بهداشتی، خدمات اجتماعی، مسکن و اقتصاد تشدید می‌کند (Christense et al., 2009). با افزایش امید به زندگی جهانی، درک عوامل موثر بر رفاه سالمندان بسیار مهم شده است (Joghataei et al., 2025). یک محیط حمایتی به طور مثبت بر سلامت جسمی و روانی ساکنان تأثیر می‌گذارد و به ویژه برای سالمندانی که زمان طولانی را در محیط‌های مسکونی سپری می‌کنند بسیار مهم است (Jiao et al., 2023). بنابراین محیط‌های داخلی راحت می‌تواند به طور قابل توجهی بر سلامت افراد تأثیر بگذارد (Fatahi et al., 2024). با توجه به اینکه انسان بیشتر وقت خود را در داخل خانه سپری می‌کند، ویژگی‌های فضاهای داخلی در مقایسه با سایر محیط‌ها نقش بسیار مهمی در افزایش احساس رضایت و سلامت دارند (Cheraghi et al., 2024). پیری انسان با کاهش فیزیکی و فیزیولوژیکی مشخص می‌شود که تأثیر قابل توجهی بر سیستم ایمنی دارد (Weyh et al., 2020). سیستم ایمنی ضعیف تر و اختلال در تنظیم فیزیولوژیکی آن‌ها اغلب منجر به چالش‌های مختلف سلامت جسمی و روانی می‌شود (Mancini & Allen, 2018; Mohammadian et al., 2024). سن معمولاً به عنوان یک عامل کلیدی موثر بر ادراک آسایش حرارتی شناخته می‌شود (Collins et al., 1981; Soebarto et al., 2019). آسایش حرارتی نقش مهمی در مدیریت مصرف انرژی و حفظ سلامتی دارد، به ویژه برای افرادی که نسبت به تغییرات دما حساس تر و آسیب‌پذیرتر هستند (Bueno et al., 2021; Fattahi & Sharbatdar, 2023). برای درک بهتر موضوع، آسایش حرارتی را می‌توان به عنوان یک حالت روانی تعریف کرد که منعکس‌کننده رضایت از محیط حرارتی است (Fattahi et al., 2021). با افزایش سن، مقاومت بدن کاهش می‌یابد و توانایی آن‌ها برای سازگاری با تغییرات محیطی کاهش می‌یابد. در نتیجه، افراد مسن نسبت به دمای بالا آسیب‌پذیرتر هستند و بیشتر مستعد ابتلا به بیماری‌های مربوط به گرما هستند (Zheng et al., 2023). علاوه بر این، تغییر در وضعیت روانی و کاهش توانایی‌های شناختی در میان سالمندان ممکن است توانایی آن‌ها را برای ارزیابی دقیق و عینی محیط حرارتی مختل کند و احتمال کمتری برای آن‌ها برای ایجاد سازگاری‌های لازم برای محافظت از سلامتی خود داشته باشد (Wang et al., 2023).

روند گرمایش جهانی می‌تواند منجر به امواج گرما و شرایط آب و هوایی شدید شود. رابطه مثبت بین قرار گرفتن در معرض گرما و مرگ و میر به خوبی در سراسر جهان ثابت شده است (Guo et al., 2017). گرمایش جهانی مشکلاتی را که جوامع پیر با آن مواجه هستند تشدید می‌کند. افزایش فشار قلبی عروقی ناشی از استرس گرمایی یک نگرانی مهم برای سلامتی در هوای گرم است (Ebi et al., 2021). قرار

گرفتن طولانی مدت در شرایط سرد یا گرم می تواند منجر به تاخیر در پاسخ های بدن، جلوگیری از تنظیمات به موقع و به طور بالقوه ایجاد هیپوترمی یا هیپرترمی شود. این خطرات سلامتی خاصی را به همراه دارد و میزان عوارض و مرگ و میر در میان سالمندان در مقایسه با افراد جوان بیشتر است (Zheng et al., 2022). در چندین کشور، افراد مسن مبتلا به مشکلات قلبی در مقایسه با بزرگسالان جوان، خطر بیشتری از مرگ و میر ناشی از گرما را تجربه کردند (Yang et al., 2021). همچنین مطالعات بین المللی موجود در مورد آسایش حرارتی سالمندان، تفاوت بین احساس حرارتی افراد مسن و بزرگسالان جوان را تایید کرده است (Sudarsanam & Kannamma, 2023). با این حال، تحقیقات تجربی نشان می دهد که افراد مسن تر نسبت به افراد جوان تر، اگر حساس تر نباشند، به همان اندازه به گرما حساس هستند (Baquero, 2023; Larriva et al., 2022; Zhou et al., 2023). وو و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه ای اهمیت بهزیستی سالمندان را در یک جامعه سالخورده برجسته می کند و تفاوت های آسایش حرارتی بین گروه های سنی را در محیط های ساختمانی ناپایدار بررسی می کند. با استفاده از یک اتاقک آب و هوا، ۳۲ شرکت کننده مسن و جوان با تغییرات دمایی بین ۱۸ تا ۳۴ درجه سانتی گراد مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج نشان داد که افراد مسن تر نسبت به افراد جوان تر، به ویژه در شرایط غیر خنثی، پاسخ حرارتی با تاخیر و متغیر کمتری را نشان می دهند (Wu et al., 2023). وانگ و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهش خود نشان دادند که افراد مسن به تغییرات دمایی متوسط حساس هستند، اما تنها با تغییرات بیشتر از ۵ درجه سانتیگراد می توانند تفاوت های آسایش حرارتی را درک کنند (Wang et al., 2019). سیاست های متعددی برای ارتقای کیفیت زندگی سالمندان در مناطق شهری ایجاد شده است، که منظره صوتی به عنوان یک عامل کلیدی بر آسایش کلی شناخته شده است (Baquero, 2023; Larriva & Higuera García, 2023). سر و صدا که به عنوان صدای ناخواسته تعریف می شود، می تواند برای سلامتی و ارتباطات خطرناک ایجاد کند (Ismaila & Odusote, 2014). سر و صدا که در میان چهار آلاینده اصلی جهانی ذکر شده است، تهدیدی جدی برای سلامت جسمی و روانی انسان است. منابعی مانند سر و صدای ساختمان، سر و صدای ترافیک و صدای شلوغی غیرقابل پیش بینی هستند و سطح فشار صدا به طور نامنظم تغییر می کند (Guan et al., 2020). یک عامل مهم در درک حرارتی سر و صدا است. با افزایش سطح صدا، آسایش حرارتی کاهش می یابد (Geng et al., 2022). ناگانو و هوریکوشی دریافتند که رای حس حرارتی افراد به طور قابل توجهی با دما و تعامل بین دما و نویز در شرایط گرم مرتبط است. این مطالعات پایه خوبی برای بررسی بیشتر اثرات آسایش حرارتی ترکیبی نویز و دما ایجاد کرد (Nagano & Horikoshi, 2005). بنابراین سطح صدا بطور قابل توجهی بر آسایش حرارتی تاثیر می گذارد (Qin et al., 2024). جین و همکاران دریافتند که آسایش حرارتی، راحتی آکوستیک و راحتی کلی در محیط صدای موسیقی بهتر از محیطی پر سر و صدا با سطح فشار صوتی یکسان است (Jin et al., 2020). بنابراین، قرار گرفتن سالمندان در معرض صداهای ناخوشایند می تواند به طور قابل توجهی بر سلامت آن ها تأثیر بگذارد (Huang et al., 2013). باتوجه به شلوغی و ازدحام شهر، محیط های پر سر و صدا باعث شده که آسایش تحت تاثیر قرار بگیرد، با توجه به اینکه افراد مسن تر نسبت به تغییرات محیطی حساس تر هستند، ارزیابی اینکه چگونه این عوامل بر رفاه و کیفیت زندگی آن ها تأثیر می گذارد بسیار مهم است. بنابراین هدف پژوهش حاضر بررسی وضعیت آسایش سالمندان در شرایط دمایی (۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتیگراد)، نوع صدای (موسیقی، ترافیک و شلوغی) و میزان صدای (۵۵، ۶۵، ۷۵ و ۸۵ dB) است. با بررسی این جنبه ها، این مطالعه با ارائه بینش های ارزشمندی برای بهبود شرایط زندگی و ایجاد محیط هایی که نیازهای جمعیت سالخورده را بهتر تطبیق می دهد و در نهایت سلامت، راحتی و کیفیت کلی زندگی آن ها را افزایش می دهد.

روش پژوهش

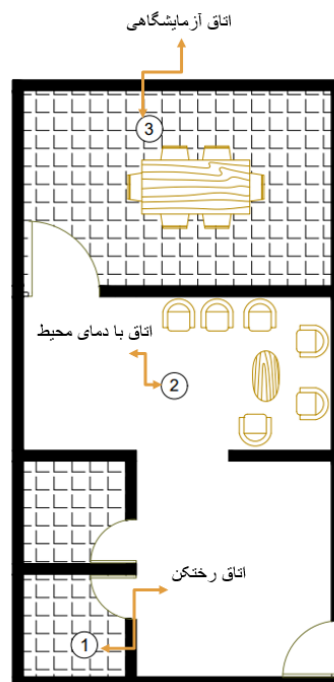
Decibel¹

در این مطالعه که توسط کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام (ID IR.IAU.ILAM.RES.1403.091) تایید شد، ۲۱۶ مرد سالمند ۶۵ تا ۷۵ سال با توده بدنی طبیعی که به صورت داوطلبانه شرکت کردند. آزمایش در شرایط کنترل شده با رطوبت نسبی ۵۰ درصد و سرعت هوا زیر ۰.۱ متر بر ثانیه انجام شد. سه سطح دما (۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتیگراد) که نشان دهنده احساس خنکی، خنثی و گرمی است حداقل به مدت ۱۰ ساعت قبل از آزمایش حفظ شد. علاوه بر این، چهار سطح نویز (۵۵، ۶۵، ۷۵ و ۸۵ dB) و سه نوع صدا (موسیقی، ترافیک و شلوغی) هستند، مورد بررسی قرار گرفتند. میزان متابولیسم حدود ۱.۰ متر و عایق لباس ۰.۶ clo بود. برای هر کدام از آزمودنی‌ها لباس استاندارد با جنس و طراحی یکسان در نظر گرفته شد تا میزان نرخ پوشش افراد یکسان باشد.

آزمایش‌ها در یک اتاق اقلیمی انجام شد که به سه بخش تقسیم می‌شد: اتاق رختکن، اتاق با دمای محیط با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد (دمای آسایش)، و اتاق آزمایشگاه (تصویر-۱). محرک‌های نویز از طریق یک بلندگو که در مرکز یک میز قرار داشت، ارسال می‌شد. پارامترهای محیطی مانند دمای هوا و رطوبت نسبی با استفاده از دیتالاگر (Delta Log 10) که قادر به ثبت متغیرهایی دما، رطوبت، سرعت جریان هوا، دمای تابش است، پایش شدند. سطح نویز با استفاده از دستگاه صدا سنج Ig مدل tes-1353s اندازه گیری شد. در این آزمایش، دما و رطوبت محفظه اقلیمی به مدت ۱۰ ساعت قبل از آزمایش توسط دیتالاگر با حاشیه خطای دقت ± 0.3 کنترل شد.

شکل ۱

طرح محیط کار آزمایشی بالینی



آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر ترکیبی قرار گرفتن در معرض سطوح مختلف صدای (۵۵، ۶۵، ۷۵ و ۸۵ dB) و دمای (۲۰، ۲۵، ۳۰ درجه سانتیگراد) و نوع صدای (موسیقی، ترافیک، شلوغی) بر آسایش حرارتی افراد سالمند است. این مطالعه شامل ۲۱۶ مرد مسن ۶۵ تا ۷۵ ساله با توده بدنی نرمال بود که با اخذ رضایت نامه آگاهانه از آن‌ها خواسته شد تا ۲۴ ساعت قبل از آزمایش از کافئین و سیگار خودداری

کنند. بررسی‌های شنوایی با استفاده از شنوایی سنج انجام شد تا اطمینان حاصل شود که هیچ شرکت کننده‌ای دچار اختلالات شنوایی نیست. ۲۱۶ شرکت کننده به سه گروه اصلی ۷۲ نفره تقسیم شدند که هر کدام در معرض یک نوع صدای خاص (موسیقی، ترافیک یا سر و صدا) قرار گرفتند. این گروه‌ها بیشتر به سه زیر گروه ۲۴ نفری تقسیم شدند که هر کدام تحت شرایط دمایی مختلف (۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی گراد) آزمایش شدند. در هر شرایط دما، شرکت کنندگان در معرض چهار سطح صدا قرار گرفتند. برای تسهیل آزمایش، هر گروه ۲۴ نفره به دو گروه ۱۲ نفری و سپس به گروه‌های کوچکتر ۶ نفری با ۶ شرکت کننده در هر جلسه آزمون تقسیم شدند. به محض ورود، آزمودنی‌ها لباس‌های فرم ارائه شده توسط محققان را در اتاق (شماره ۱) به مدت پنج دقیقه پوشیدند و سپس به مدت ۲۰ دقیقه در اتاق (شماره ۲) از پیش تهویه شده در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۵۰ درصد سازگار شدند. در این مدت در مورد آزمایش و پرسشنامه به آن‌ها توضیح داده شد. در اتاق (شماره ۳) که دما از ۱۰ ساعت قبل تنظیم شده بود، شرکت کنندگان به مدت ۱۵ دقیقه در معرض دما و شرایط صوتی مشخص قرار گرفتند و در پنج دقیقه پایانی پرسشنامه‌ها را تکمیل کردند.

شکل ۲

زمان برنامه ریزی شده برای آزمون



یافته‌ها

جدول ۱ شامل میانگین و انحراف معیار مربوط به متغیرها در میان گروه‌های سطوح فاکتور نوع صدا (موسیقی، ترافیک و شلوغی) و سطوح فاکتور میزان صدای ۵۵، ۶۵، ۷۵ و ۸۵ (dB) می‌باشد که بر اساس آن میانگین میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان بر اساس سطوح فاکتور دما برای گروه‌های دمای ۲۰، دمای ۲۵ و دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به ترتیب برابر ۰/۸۶-، ۰/۱۳ و ۱/۵۲ به دست آمد. بیشترین میانگین میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان برای گروه میزان صدا با میانگین ۲/۵۰ در میان گروه نوع صدای شلوغی و در گروه سطوح فاکتور دمای ۳۰ درجه سانتیگراد با میزان صدای ۸۵ (dB) به دست آمد. از طرف دیگر کمترین میانگین برابر ۱/۶۶- و برای گروه سطوح فاکتور نوع صدای شلوغی و از میان سطوح فاکتور دمای ۲۰ درجه سانتیگراد با میزان صدای ۵۵ (dB) به دست آمد.

جدول ۱

 میانگین و انحراف معیار میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان ($\bar{X} \pm \sigma$)

سطوح فاکتور نوع صدا	میزان صدا	دمای ۲۰ درجه سانتیگراد	دمای ۲۵ درجه سانتیگراد	دمای ۳۰ درجه سانتیگراد
صدای موسیقی	میزان صدای ۵۵ (dB)	-۰/۰±۵۰/۵۴	-۰/۰±۵۰/۵۴	-۰/۰±۵۰/۵۴
	میزان صدای ۶۵ (dB)	-۰/۰±۳۳/۵۱	-۰/۰±۳۳/۵۱	-۰/۰±۸۳/۷۵
	میزان صدای ۷۵ (dB)	-۰/۰±۱۶/۷۵	-۰/۰±۳۳/۵۱	۱/۰±۱۶/۷۵
	میزان صدای ۸۵ (dB)	۰/۰±۰۰/۶۳	۰/۰±۵۰/۵۴	۱/۰±۵۰/۵۴
صدای ترافیک	میزان صدای ۵۵ (dB)	-۱/۰±۳۳/۸۱	-۰/۰±۳۳/۵۱	۱/۰±۱۶/۷۵
	میزان صدای ۶۵ (dB)	-۱/۰±۱۶/۷۵	-۰/۰±۱۶/۷۵	۱/۰±۵۰/۵۴
	میزان صدای ۷۵ (dB)	-۱/۰±۱۶/۷۵	۰/۰±۵۰/۵۴	۱/۰±۸۳/۷۵
	میزان صدای ۸۵ (dB)	-۰/۰±۵۰/۵۴	۰/۰±۵۰/۵۴	۲/۰±۱۶/۴۰
صدای شلوغی	میزان صدای ۵۵ (dB)	-۱/۰±۶۶/۸۱	۰/۰±۰۰/۶۳	۱/۰±۳۳/۵۱
	میزان صدای ۶۵ (dB)	-۱/۰±۵۰/۵۴	۰/۰±۱۶/۴۰	۱/۰±۶۶/۵۱
	میزان صدای ۷۵ (dB)	-۱/۰±۳۳/۸۱	۰/۰±۳۳/۵۱	۲/۰±۱۶/۴۰
	میزان صدای ۸۵ (dB)	-۰/۰±۶۶/۵۱	۰/۰±۶۶/۵۱	۲/۰±۵۰/۵۴
کل		-۰/۰±۸۶/۸۲	۰/۰±۱۳/۶۳	۱/۰±۵۲/۷۸

یکی از فروض انجام تحلیل واریانس، یکنواختی واریانس خطای متغیر وابسته احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان در بین گروه‌های مورد مطالعه سطوح فاکتور نوع صدا (موسیقی، ترافیک و شلوغی) و سطوح فاکتور میزان صدای ۵۵، ۶۵، ۷۵ و ۸۵ (dB) می‌باشد که با توجه به مقدار آماره لوین که برابر ۰/۷۶ به دست آمده در سطح خطای یک درصد دللی بر رد یکنواختی واریانس گروه‌ها وجود ندارد ($P=0.83>0.01$). بنابراین با انجام تحلیل واریانس می‌توان به بررسی تفاوت بین گروه‌های مورد مطالعه پرداخت. جدول ۲ نتایج تحلیل واریانس سه طرفه را برای گروه‌های مورد مطالعه نوع صدا (موسیقی، ترافیک و شلوغی) و سطوح فاکتور میزان صدای ۵۵، ۶۵، ۷۵ و ۸۵ (dB) نشان می‌دهد.

جدول ۲

نتایج تحلیل واریانس میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان.

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجات آزادی	میانگین مجموع مربعات	مقدار آماره فشر	سطح معنی داری (P)
سطوح فاکتور دما	۲۰۷/۲۵	۲	۱۰۳/۶۳۰	۲۷۵/۶۶۵	۰/۰۰۱
سطوح فاکتور نوع صدا	۰/۱۴۸	۲	۰/۰۷۴	۰/۱۹۷	۰/۸۲۱
سطوح فاکتور میزان صدا	۲۴/۵۰۰	۳	۸/۱۶۷	۲۱/۷۲۴	۰/۰۰۱
اثر متقابل فاکتور دما در فاکتور نوع صدا	۲۵/۸۵۲	۴	۶/۴۶۳	۱۷/۱۹۲	۰/۰۰۱
اثر متقابل فاکتور دما در فاکتور میزان صدا	۱/۴۴۴	۶	۰/۲۴۱	۰/۶۴۰	۰/۶۹۸
اثر متقابل فاکتور نوع صدا در فاکتور میزان صدا	۰/۲۲۲	۶	۰/۰۳۷	۰/۰۹۹	۰/۹۹۶
اثرات متقابل فاکتورهای دما، فاکتور نوع صدا و میزان صدا	۱/۳۳۳	۱۲	۰/۱۱۱	۰/۲۹۶	۰/۹۹۰
خطا	۶۷/۶۶۷	۱۸۰	۰/۳۷۶		
مجموع	۳۴۴/۰۰۰	۲۱۶			

بر اساس جدول شماره ۲، با توجه به مقادیر آماره فیشر و سطح معنی داری به دست آمده برای فاکتورهای سطوح فاکتور دما و سطوح فاکتور میزان صدا که به ترتیب برابر $(F(2,180)=275.665, p<0.05)$ و $(F(3,180)=0.197, p<0.05)$ به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که فاکتورهای دما و سطوح فاکتور میزان صدا تاثیر معنی داری بر میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان دارند. همچنین نتایج تحلیل واریانس نشان داد که اثرات متقابل فاکتور دما در فاکتور نوع صدا با مقدار $(F(4,180)=17.192, p<0.05)$ بر میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان تاثیر معنی داری دارد. از طرفی نتایج، حاکی از عدم تاثیرگذاری سطوح فاکتور نوع صدا، اثرات متقابل فاکتور دما در فاکتور میزان صدا، نوع صدا در فاکتور میزان صدا به ترتیب با مقادیر $(F(2,180)=0.197, p>0.05)$ ، $(F(6,180)=0.640, p>0.05)$ و $(F(6,180)=0.099, p>0.05)$ بر میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان دارند، همچنین عدم تاثیرگذاری اثرات متقابل همزمان سه فاکتور دما، فاکتور نوع صدا و میزان صدا با مقدار $(F(12,180)=0.296, p>0.05)$ بر میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان می‌باشد $(p>0.05)$. نمودارهای ۳ تا ۵ اثرات متقابل فاکتورهای دما و نوع صدا، دما و میزان صدا و اثرات متقابل متغیرهای نوع صدا و میزان صدا بر روی میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان را بصورت دو به دو و همزمان نشان می‌دهد که بر اساس آن اثرات معنی دار قابل تشخیص است. همچنین نمودارهای ۶ تا ۸ اثرات متقابل فاکتورهای دما بر نوع صدا (موسیقی، ترافیک و شلوغی) را در سطوح فاکتور میزان صدای ۵۵، ۶۵، ۷۵ و ۸۵ (dB) به تفکیک بر روی میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان را بصورت دو به دو و همزمان نشان می‌دهد که بر اساس آن اثرات معنی دار قابل تشخیص است. بر اساس نمودار ۳، می‌توان دریافت که سطوح مختلف نوع صدا در دماهای مختلف تاثیرات متفاوتی را بر روی میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان داشته اند. بنابراین با کنترل متغیر سطوح نوع صدا (صدای موسیقی) و انجام تحلیل واریانس دو طرفه تنها بر روی فاکتورهای دما و میزان صدا، نتایج حاکی از معنی داری مجدد اثرات سطوح دما و نوع صدا بر روی میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان به ترتیب با مقادیر $(F(2,60)=21.000, p<0.01)$ و $(F(3,60)=7.611, p<0.01)$ می‌باشد. همچنین اثر متقابل فاکتورهای دما و میزان صدا با مقدار $(F(6,60)=0.889, p>0.05)$ حاکی از عدم تاثیرگذاری بر روی میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان می‌باشد. از طرفی نتایج آزمون توکی نشان داد بین میانگین سطوح مختلف دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتیگراد از یک طرف و سطوح مختلف دمای ۲۰ و ۳۰ درجه سانتیگراد و ۲۵ و ۳۰ درجه سانتیگراد تفاوت معنی داری وجود دارد $(p<0.05)$. این در حالی است که بین میانگین سطوح مختلف دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتیگراد تفاوت معنی داری دیده نشد $(p>0.05)$. این نتیجه در جدول ۳ نشان داده شده است که در آن گروه‌ها به زیرمجموعه‌های همخوان با یکدیگر تقسیم شده اند. در این جدول میانگین گروه میزان دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتیگراد از میانگین‌های دو گروه میزان دمای ۲۰ و ۳۰ درجه سانتیگراد و دمای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتیگراد متفاوت است، در زیرمجموعه‌ای جدا از دو گروه دیگر قرار گرفته است، در صورتی که این دو گروه خود با یکدیگر تفاوت معنی داری ندارند.

جدول ۳

زیرمجموعه‌های همگن با کنترل متغیر نوع صدای موسیقی

گروه‌های مورد مطالعه	مجموعه ۲	مجموعه ۱
گروه دمای ۲۰ درجه سانتیگراد		۰/۲۵
گروه دمای ۲۵ درجه سانتیگراد		۰/۰۰
گروه دمای ۳۰ درجه سانتیگراد	۱/۰۰	
سطح معنی داری	۱/۰۰۰	۰/۳۳۲

با کنترل متغیر سطوح نوع صدا(صدای ترافیک) و انجام تحلیل واریانس دو طرفه تنها بر روی فاکتورهای دما و میزان صدا، نتایج حاکی از معنی داری مجدد اثرات سطوح دما و نوع صدا بر روی میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان به ترتیب با مقادیر $(F(2,60)=88.583, p<0.01)$ و $(F(3,60)=8.167, p<0.01)$ می باشد. همچنین اثر متقابل فاکتورهای دما و میزان صدا با مقدار $(F(6,60)=1.083, p>0.05)$ حاکی از عدم تاثیرگذاری بر روی میزان آسایش حرارتی در میان سالمندان می باشد. از طرفی نتایج آزمون توکی نشان داد بین میانگین سطوح مختلف دمای ۲۵ و ۳۰، ۳۰ و ۲۰ و ۳۰ درجه سانتیگراد و ۲۰ و ۲۵ درجه سانتیگراد تفاوت معنی داری وجود ندارد $(p<0.05)$. این نتیجه در جدول ۴ نشان داده شده است که در آن گروه ها به زیرمجموعه های همخوان با یکدیگر تقسیم شده اند. در این جدول میانگین گروه های مختلف دمایی با یکدیگر تفاوت ندارند و در زیرمجموعه های یکسان قرار دارند.

جدول ۴

زیرمجموعه های همگن با کنترل متغیر نوع صدای ترافیک.

گروه های مورد مطالعه	مجموعه ۳	مجموعه ۲	مجموعه ۱
گروه دمای ۲۰ درجه سانتیگراد			۱/۰۴۱ -
گروه دمای ۲۵ درجه سانتیگراد		۰/۱۲۵	
گروه دمای ۳۰ درجه سانتیگراد	۱/۶۶۶		
سطح معنی داری	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰

همچنین با کنترل متغیر سطوح نوع صدا(صدای شلوغی) و انجام تحلیل واریانس دو طرفه تنها بر روی فاکتورهای دما و میزان صدا، نتایج حاکی از معنی داری مجدد اثرات سطوح دما و نوع صدا بر روی میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان به ترتیب با مقادیر $(F(2,60)=123.528, p<0.01)$ و $(F(3,60)=8.944, p<0.01)$ می باشد. همچنین اثر متقابل فاکتورهای دما و میزان صدا با مقدار $(F(6,60)=0.806, p>0.05)$ حاکی از عدم تاثیرگذاری بر روی میزان آسایش حرارتی در میان سالمندان می باشد. از طرفی نتایج آزمون توکی نشان داد بین میانگین سطوح مختلف دمای ۲۵ و ۳۰، ۳۰ و ۲۰ و ۳۰ درجه سانتیگراد و ۲۰ و ۲۵ درجه سانتیگراد تفاوت معنی داری وجود ندارد $(p<0.05)$. این نتیجه در جدول ۵ نشان داده شده است که در آن گروه ها به زیرمجموعه های همخوان با یکدیگر تقسیم شده اند. در این جدول میانگین گروه های مختلف دمایی با یکدیگر تفاوت ندارند و در زیرمجموعه های یکسان قرار دارند.

جدول ۵

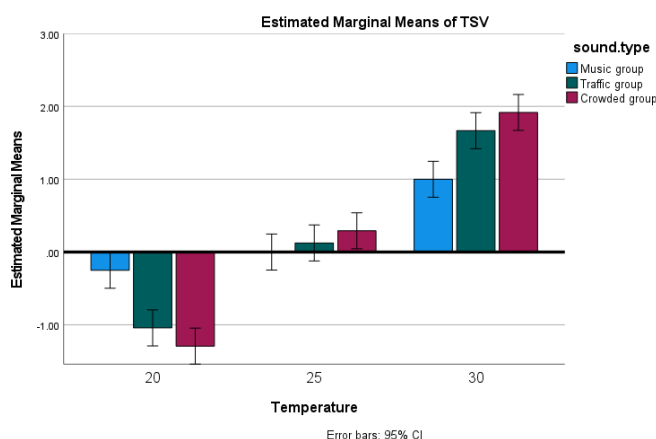
زیرمجموعه های همگن با کنترل متغیر نوع صدای شلوغی.

گروه های مورد مطالعه	مجموعه ۳	مجموعه ۲	مجموعه ۱
گروه دمای ۲۰ درجه سانتیگراد			۱/۲۹۱ -
گروه دمای ۲۵ درجه سانتیگراد		۰/۲۹۱	
گروه دمای ۳۰ درجه سانتیگراد	۱/۹۱۶		
سطح معنی داری	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰

نمودار زیر اثرات متقابل بین سطوح مختلف نوع صدا و دمای هوا بر روی میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان را نشان می‌دهد. سه نوع صدا (موسیقی، ترافیک و شلوغی) و سه شرایط دمایی (۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی گراد) مورد بررسی قرار گرفت. در محدوده دمایی ۲۵ درجه سانتی گراد تمام نوع صداها (موسیقی، ترافیک و شلوغی) در محدوده آسایش حرارتی قرار داشتند. در محدوده دمایی ۲۰ درجه سانتی گراد افراد با شنیدن صدای موسیقی در محدوده آسایش حرارتی قرار دارند اما در نوع صدای ترافیک و شلوغی چون ($TSV \geq 2$) بوده خارج از محدوده آسایش حرارتی بوده در نتیجه نوع صدای ترافیک و شلوغی باعث تشدید احساس سرما شد. در محدوده دمایی ۳۰ درجه سانتی گراد در همه ی نوع صدا (موسیقی، ترافیک و شلوغی) افراد احساس آسایش حرارتی نداشتند در نتیجه باعث تشدید احساس گرما شد. بنابراین صداها (موسیقی با احساس آسایش حرارتی بیشتر نسبت به صدای شلوغی و ترافیک همراه بود.

شکل ۳

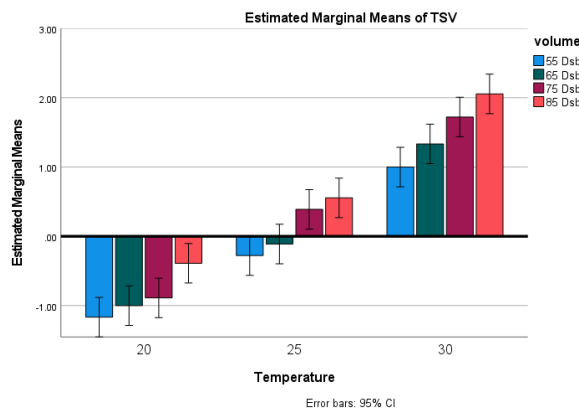
نمودار اثرات متقابل بین سطوح مختلف نوع صدا و دمای هوا بر روی میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان.



نمودار زیر اثرات متقابل بین سطوح مختلف میزان صدا و دمای هوا بر روی میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان را نشان می‌دهد. سه شرایط دمایی (۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی گراد) با میزان صدای (۵۵، ۶۵، ۷۵ و ۸۵ dB) مورد بررسی قرار گرفت. در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در تمام میزان صداها در محدوده آسایش حرارتی قرار گرفتند که در میزان صدای ۷۵ و ۸۵ dB باعث احساس گرما و در میزان صدای ۵۵ و ۶۵ dB باعث احساس تشدید احساس سرما شد. در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد در میزان صدای ۸۵ dB در محدوده آسایش حرارتی قرار گرفتند و در بقیه میزان صداها افراد خارج از محدوده آسایش حرارتی بودند و در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد در تمام میزان صداها با تشدید احساس سرما همراه بود. در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد در تمامی میزان صداها افراد خارج از محدوده آسایش حرارتی قرار گرفتند.

شکل ۴

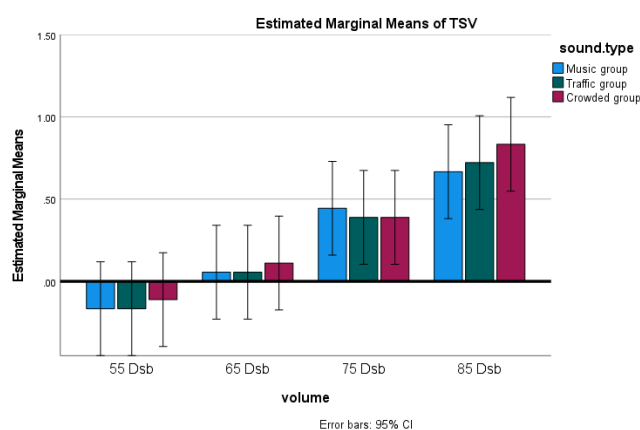
نمودار اثرات متقابل بین سطوح مختلف میزان صدا و دمای هوا بر روی میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان.



نمودار زیر اثرات متقابل بین سطوح مختلف نوع صدا و میزان صدا بر روی میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان را نشان می‌دهد. سه نوع صدا (موسیقی، ترافیک و شلوغی) با میزان صدا (۵۵، ۶۵، ۷۵ و ۸۵ dB) مختلف مورد بررسی قرار گرفت. در میزان صدای ۵۵ dB در سه نوع صدا (موسیقی، ترافیک و شلوغی) در محدوده آسایش حرارتی قرار گرفتند و این میزان صدا با تشدید احساس سرما شد. در میزان صدای ۶۵ dB در سه نوع صدا (موسیقی، ترافیک و شلوغی) در محدوده آسایش حرارتی قرار گرفتند و این میزان صدا با تشدید احساس گرما شد. در میزان صدای ۷۵ dB در سه نوع صدا (موسیقی، ترافیک و شلوغی) در محدوده آسایش حرارتی که مقایسه با میزان صدای ۵۵ و ۶۵ dB با حد کمتری از آسایش حرارتی قرار دارد و این میزان صدا با تشدید احساس گرما شد. در میزان صدای ۸۵ dB در سه نوع صدا (موسیقی، ترافیک و شلوغی) خارج از محدوده آسایش حرارتی بوده و این میزان صدا با تشدید احساس گرما شد.

شکل ۵

نمودار اثرات متقابل بین سطوح مختلف نوع صدا و میزان صدا بر روی میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان.

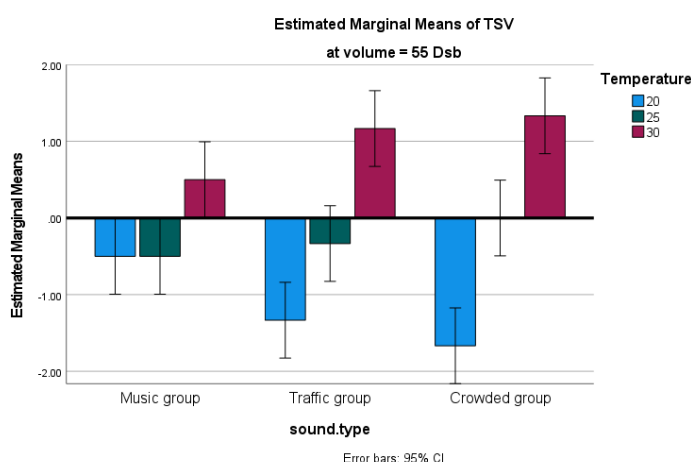


نمودار زیر اثرات متقابل همزمان سه فاکتور بین سطوح مختلف دمای هوا، نوع صدا و میزان صدای ۵۵ dB بر روی میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان را نشان می‌دهد. میزان صدای ۵۵ dB و سه شرایط دمایی (۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی گراد) و سه نوع صدا (موسیقی، ترافیک و شلوغی) مورد بررسی قرار گرفت. در میزان صدای ۵۵ dB در سه شرایط دمایی (۲۰، ۲۵ و ۳۰

درجه سانتی گراد) در محدوده آسایش حرارتی قرار گرفتند که در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی گراد با تشدید احساس سرما و در دما ۳۰ درجه سانتی گراد با تشدید احساس گرما همراه بود. در میزان صدای ۵۵dB در نوع صدای ترافیک در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در محدوده آسایش حرارتی قرار گرفتند و در سایر دماها خارج از محدوده آسایش حرارتی بودند. در میزان صدای ۵۵dB در نوع صدای شلوغی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در محدوده آسایش حرارتی قرار گرفتند و در سایر دماها خارج از محدوده آسایش حرارتی بودند. در میانگین سطوح دما در دمای ۲۵ و ۲۵ درجه سانتی گراد در تمامی نوع صداها باعث تشدید احساس سرما و در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد با تشدید احساس گرما همراه بود.

شکل ۶

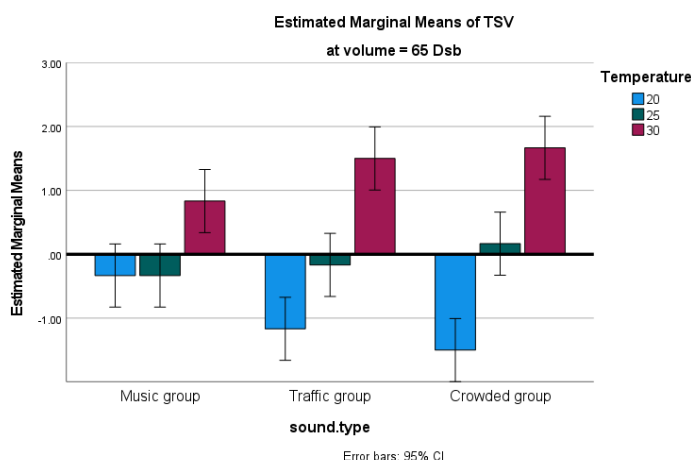
نمودار اثرات متقابل همزمان سه فاکتور بین سطوح مختلف دمای هوا، نوع صدا و میزان صدای ۵۵ (dB) بر روی میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان.



نمودار زیر اثرات متقابل همزمان سه فاکتور بین سطوح مختلف دمای هوا، نوع صدا و میزان صدای ۶۵ (dB) بر روی میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان را نشان می‌دهد. میزان صدای ۶۵dB و سه شرایط دمایی (۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی گراد) و سه نوع صدا (موسیقی، ترافیک و شلوغی) مورد بررسی قرار گرفت. در میزان صدای ۶۵dB در نوع صدای موسیقی سه شرایط دمایی (۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی گراد) در محدوده آسایش حرارتی قرار گرفتند که در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی گراد با تشدید احساس سرما و در دما ۳۰ درجه سانتی گراد با تشدید احساس گرما همراه بود. در میزان صدای ۶۵dB در نوع صدای ترافیک در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در محدوده آسایش حرارتی قرار گرفتند و در سایر دماها خارج از محدوده آسایش حرارتی بودند. در میزان صدای ۶۵dB در نوع صدای شلوغی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در محدوده آسایش حرارتی قرار گرفتند و در سایر دماها خارج از محدوده آسایش حرارتی بودند. در میانگین سطوح دما در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی گراد در نوع صدای موسیقی و ترافیک باعث تشدید احساس سرما و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در نوع صدای شلوغی و در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد با تشدید احساس گرما همراه بود.

شکل ۷

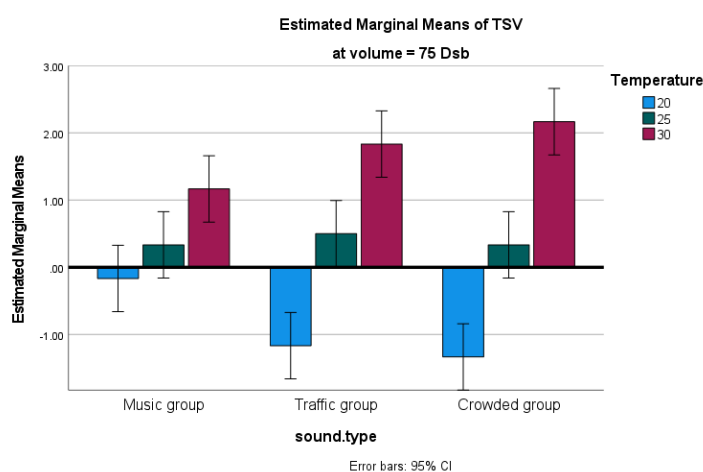
نمودار اثرات متقابل همزمان سه فاکتور بین سطوح مختلف دمای هوا، نوع صدا و میزان صدای ۶۵ (dB) بر روی میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان.



نمودار زیر اثرات متقابل همزمان سه فاکتور بین سطوح مختلف دمای هوا، نوع صدا و میزان صدای ۷۵ (dB) بر روی میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان را نشان می‌دهد. میزان صدای ۷۵ dB و سه شرایط دمایی (۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی گراد) و سه نوع صدا (موسیقی، ترافیک و شلوغی) مورد بررسی قرار گرفت. در میزان صدای ۷۵ dB در نوع صدای موسیقی در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی گراد افراد د محدوده آسایش حرارتی قرار دارند اما در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد خارج از محدوده آسایش حرارتی قرار دارند. در دمای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی گراد در نوع صدای موسیقی باعث تشدید احساس گرما و در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد باعث تشدید احساس سرما شد. در میزان صدای ۷۵ dB در نوع صدای ترافیک در میان سه سطح دما، دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در محدوده آسایش حرارتی و دو دمای ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی گراد خارج از محدوده آسایش حرارتی هستند. در میزان صدای ۷۵ dB در نوع صدای شلوغی در میان سه سطح دما، دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در محدوده آسایش حرارتی و دو دمای ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی گراد خارج از محدوده آسایش حرارتی هستند.

شکل ۸

نمودار اثرات متقابل همزمان سه فاکتور بین سطوح مختلف دمای هوا، نوع صدا و میزان صدای ۷۵ (dB) بر روی میزان احساس آسایش حرارتی در میان سالمندان.



شکل ۹

Estimated Marginal Means of TSV
at volume = 85 Dsb

Temperature

- 20
- 25
- 30

Estimated Marginal Means

Music group Traffic group Crowded group

sound.type

Error bars: 95% CI

sound.type	Temperature 20	Temperature 25	Temperature 30
Music group	-0.05	0.50	1.50
Traffic group	-0.50	0.50	2.15
Crowded group	-0.60	0.70	2.50

این مطالعه به بررسی وضعیت آسایش حرارتی سالمندان متأثر از تنوع دامنه دمایی، نوع و میزان صدای محیط ۲۱۶ مرد سالمند پرداخت. آزمایش در سه سطح دمای (۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی گراد)، علاوه بر این، چهار سطح نویز (۵۵، ۶۵، ۷۵ و ۸۵ dB) و سه نوع صدا (موسیقی، ترافیک، شلوغی) مورد آزمایش قرار گرفت. در یافته‌های این مطالعه بطور کلی دمای محیط در سطوح مختلف بر آسایش حرارتی سالمندان با ضریب ۰/۰۰۱ ارتباط معنا داری دارد. با افزایش دما از ۲۰-۲۵ درجه سانتی گراد به سمت ۳۰ درجه سانتی گراد میزان آسایش حرارتی افراد کاهش پیدا کرد. همینطور اثر متغیر شدت صوت بر آسایش حرارتی با ضریب ۰/۰۰۱ ارتباط معنا داری دارد. آسایش حرارتی در پاسخ به سطوح مختلف شدت صدا در محدوده ۵۵-۶۵ dB در محدوده آسایش. با افزایش سطح صدا به محدوده ۷۵-۸۵ dB، افراد در خارج از محدوده آسایش قرار می‌گیرند. آسایش حرارتی در میان سالمندان موضوعی حیاتی است که تأثیر مستقیمی بر سلامت آن‌ها دارد. از آنجایی که می‌تواند تحت تأثیر عوامل محیطی مختلف از جمله دمای محیط، نوع و میزان نویز قرار گیرد، این موضوع توجه قابل توجهی را از سوی محققان به خود جلب کرده است. در مطالعاتی که این موضوع را مورد بررسی قرار دادند به نتایجی دست یافتند. طبق نتایج به دست آمده در

پژوهشی یک مطالعه آسایش حرارتی و پاسخ‌های فیزیولوژیکی افراد مسن (۶۷-۷۳ سال) را در دو شرایط مقایسه کرد: دمای ثابت ۲۱.۵ درجه سانتیگراد و تغییر دمای متوسط بین ۱۷-۲۵ درجه سانتیگراد. نتایج نشان داد که افراد مسن احساس حرارتی کمتر، انقباض عروق بیشتری دارند و دمای بالاتری را ترجیح می‌دهند (Qin et al., 2024). نتایج همسوی این پژوهش با مطالعات قبل نشان می‌دهد یک مطالعه میدانی در ۱۹ خانه مراقبت از سالمندان در شانگهای، چین انجام شد که شامل ۱۰۴۰ فرد ۷۰ سال به بالا بود تا ادراکات و خواسته‌های حرارتی آن‌ها را تجزیه و تحلیل کند. نتایج نشان داد که احساس حرارتی افراد مسن به طور قابل توجهی با دمای محیط مرتبط است، یک مدل راحتی تطبیقی توسعه داده شد که نشان داد دمای خنثی برای افراد مسن از ۱۲.۴ درجه سانتیگراد تا ۲۹.۷ درجه سانتیگراد بسته به دمای بیرون متفاوت است (Jin et al., 2020). نتایج این پژوهش با تحقیقات قبلی که آسایش حرارتی ۱۸ سالمند سالم را به تغییرات دمایی ۶/۵/۳ درجه سانتیگراد بررسی کرد مطابقت دارد. نتایج نشان داد که حس حرارتی افراد مسن به تغییرات دمایی متوسط حساس است، اما درک راحتی آن‌ها تنها می‌تواند تغییرات بیشتر از ۵ درجه سانتیگراد را تشخیص دهد. این مطالعه همچنین نشان داد که افراد مسن‌تر از محرک‌های سرد (بیش از ۵۰ دقیقه) نسبت به محرک‌های گرم (کمتر از ۲۴ دقیقه) زمان بیشتری طول می‌کشند. نرخ این مطالعه دو مدل رگرسیون را برای پیش‌بینی احساس گرمایی گذرا افراد مسن پس از تغییرات دما پیشنهاد کرد و پیشنهاد می‌کند که افراد مسن باید از تغییرات دمایی زیاد، به‌ویژه تغییرات سرد اجتناب کنند تا آسایش حرارتی خود را حفظ کنند (Wang et al., 2019). مقایسه نتایج این پژوهش و تحقیقات پیشین که اثرات شرایط بصری-صوتی-حرارتی را بر راحتی کلی ۴۵۸ سالمند را مورد بررسی قرار داده‌مسو می‌شود، طبق نتایج به دست آمده هنگامی که دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) بالای ۴۳.۸۰ درجه سانتیگراد بود، افراد مسن از نظر حرارتی احساس ناراحتی می‌کردند و وقتی سطح صدا بالاتر از ۶۶.۱ dBA بود، صدای ترافیک را از نظر آکوستیک ناخوشایند درک می‌کردند (Huang et al., 2013). طبق نتایج به دست آمده در پژوهشی که درک آسایش حرارتی و صوتی را در افراد مسن (۷۳ شرکت‌کننده، ۶۰+ سال)، محدوده دمایی قابل قبول برای ۸۰ درصد از افراد بین ۱۱.۲۷ و ۱۹.۹۳ درجه سانتیگراد بود. در مورد سطوح صدای اندازه‌گیری شده که برای سلامتی مضر در نظر گرفته می‌شود بیش از ۶۵ dB گزارش شد (Schellen et al., 2010). یافته‌های مطالعه حاضر به مجموعه تحقیقات موجود در مورد آسایش حرارتی در افراد مسن کمک می‌کند و اهمیت در نظر گرفتن تعاملات پیچیده بین عوامل حرارتی، صوتی و بصری در طراحی محیط‌های راحت و سالم برای این جمعیت را برجسته می‌کند. این مطالعه مروری جامع از روابط پیچیده بین دما، سر و صدا و آسایش حرارتی ارائه می‌کند و بینش‌های ارزشمندی را در مورد طراحی محیط‌های زندگی که سلامت، رفاه و استقلال را برای سالمندان ارتقا می‌دهد، ارائه می‌کند. این یافته‌ها اهمیت درک محدوده دمایی بهینه و تأثیر نویز بر آسایش حرارتی را برجسته می‌کند و مراقبین و طراحان را قادر می‌سازد تا فضاهای شخصی‌سازی شده و متناسب با سن را ایجاد کنند که نیازهای منحصر به فرد سالمندان را برآورده کند. با انجام این کار، این مطالعه پتانسیل بهبود نتایج سلامت، افزایش استقلال و ارتقای کیفیت زندگی برای افراد مسن را دارد، در حالی که راه حل‌های مقرون به صرفه و پایدار را نیز ترویج می‌کند. به طور کلی، این مطالعه سهم قابل توجهی در این زمینه دارد و پایه‌ای برای توسعه محیط‌های زندگی سازگار با سن فراهم می‌کند که از پیری سالم حمایت می‌کند و نیاز به مراقبت‌های سازمانی را کاهش می‌دهد. جمع‌آوری داده‌ها در پژوهش حاضر به دلیل بالا بودن جامعه آماری، دوره طولانی جمع‌آوری داده‌ها، و کم توانایی طبیعی سالمندان، چالش برانگیز بود. پیشنهاد می‌شود برای روشن شدن سایر ابهامات در این زمینه، تحقیقات آتی شامل شرکت کنندگان ۷۵ سال به بالا و همچنین شرکت کنندگان زن باشد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از کمیته اخلاق دانشگاه آزاد ایلام و تمامی سالمندان که علیرغم چالش‌های متعددی که با آن مواجه بودیم ما را در انجام این پژوهش یاری کردند صمیمانه تشکر می‌کنیم.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

موازین اخلاقی

این پژوهش با رعایت تمامی اصول اخلاقی در نگارش و انتشار مقاله انجام شده است. این مطالعه با رعایت کلیه موازین اخلاقی و با دریافت مجوز از کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام با کد اخلاق IR.IAU.ILAM.REC.1403.091 انجام شد.

شفافیت داده‌ها

داده‌ها و مآخذ پژوهش حاضر در صورت درخواست از نویسنده مسئول و ضمن رعایت اصول کپی رایت ارسال خواهد شد.

حامی مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

References

- Adib Roshan, F., Peymanizad, H., Talebpour, M., & pourezat, A. A. (2020). Improving the Image of Future for the Elderly of 2050, Scenario Based. *Journal of Iran Futures Studies*VL - 4(2), 229-261. <https://doi.org/10.30479/jfs.2020.11564.1115>
- Baquero Larriva, M. T., & Higuera García, E. (2023). Differences in Perceptions of the Urban Acoustic Environment in Older Adults: A Systematic Review. *Population Ageing*, 16, 781-813. <https://doi.org/10.1007/s12062-021-09325-7>
- Baquero Larriva, M. T., Mendes, A. S., & Forcada, N. J. (2022). The effect of climatic conditions on occupants' thermal comfort in naturally ventilated nursing homes. *Building and Environment*, 214, 108930. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108930>
- Bueno, A. M., de Paula Xavier, A. A., & Broday, E. E. (2021). Evaluating the connection between thermal comfort and productivity in buildings: A systematic literature review. *Buildings*, 11(6), 244. <https://doi.org/10.3390/buildings11060244>
- Cheraghi, M., Fattahi, K., & Omranipour, A. (2024). A survey of the impact of courtyards and vegetation in Individuals' residences on residents' cognitive performance (case study: the residential context of the central part of Ilam city). *Haft Hesar J Environ Stud*, 12(47), 35-50. <http://hafthesar.iauh.ac.ir/article-1-2025-fa.html>
- Christense, K., Doblhammer, G., Rau, R., J. W. V., Joghataei, F., Mohaqeqi Kamal, H., Basakha, M., Goharinezhad, S., Sane, N., & Rafiey, H. (2009). Ageing populations: the challenges ahead. *The Lancet*VL - 374, 19(4), 1196-1208. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)61460-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61460-4) 10.32598/sija.2024.3741.1
- Collins, K. J., Exton-Smith, A. N., & Doré, C. J. (1981). Urban hypothermia: preferred temperature and thermal perception in old age. *bmj*, 282(6259), 175-177. <https://doi.org/10.1136/bmj.282.6259.175>
- Ebi, K. L., Capon, A., Berry, P., Broderick, C., Richard, P., & de Dear, R. (2021). Hot weather and heat extremes: health risks. *Heat and Health*, 398(10301), 698-708. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01208-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01208-3)
- Fatahi, K., Beigi, M., Cheraghi, M., Fattahi, K., & Omranipour, A. (2024). Assessing the state of cognitive performance of employees and determining the range of thermal comfort of different genders in Ilam hospitals A survey of the impact of courtyards and vegetation in Individuals' residences on residents' cognitive performance (case study: the

- residential context of the central part of Ilam city). *tkj*, 16(3), 27-41. <http://tkj.ssu.ac.ir/article-1-1324-fa.html><http://hafthesar.iauh.ac.ir/article-1-2025-fa.html>
- Fattahi, K., Nasrollahi, N., Ansarimanesh, M., Khodakarami, J., & Omranipour, A. (2021). Investigating the role of geometry and type of urban open space on thermal comfort and environmental quality (case study of the historical fabric of Kashan). *Quarterly Journal of Urban Studies*, 10(39), 69-82. <https://doi.org/10.34785/J011.2021.138>
- Fattahi, M., & Sharbatdar, M. (2023). Machine-learning-based personal thermal comfort modeling for heat recovery using environmental parameters. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 57, 103294. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103294>
- Geng, Y., HongB, Du, M., Yuan, T., & Wang, Y. (2022). Combined effects of visual-acoustic-thermal comfort in campus open spaces: A pilot study in China's cold region. *Building and Environment*, 209, 108658. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108658>
- Ghasemi, S., Keshavarz Mohammadi, N., Mohammadi Shahboulaghi, F., Ramezankhani, A., & Mehrabi, Y. (2019). Physical Health Status and Frailty Index in Community Dwelling Older Adults in Tehran. *Salmand: Iranian Journal of Ageing*, 13(5), 652-665. <https://doi.org/10.32598/SIJA.13.Special-Issue.652>
- Guan, H., Hu, S., Liu, G., & Zhang, L. (2020). The combined effects of temperature and noise on the comfort perceptions of young people with a normal Body Mass Index. *Sustainable Cities and Society*, 54SP - 101993. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101993>
- Guo, Y., Gasparrini, A., B, G. A., Tawatsupa, B., Tobias, A., & Lavigne, E. (2017). Heat Wave and Mortality: A Multicountry, Multicommunity Study. *Environmental Health Perspectives*, 125(8), 087006. <https://doi.org/10.1289/EHP1026>
- Huang, J., Deng, F., Wu, S., LuH, Hao, y., & Guo, X. (2013). The impacts of short-term exposure to noise and traffic-related air pollution on heart rate variability in young healthy adults. *J Expo Sci Environ Epidemiol*, 23, 559-564. <https://doi.org/10.1038/jes.2013.21>
- Ismaila, S. O., & Oduote, A. (2014). Noise exposure as a factor in the increase of blood pressure of workers in a sack manufacturing industry. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 3, 116-121. <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2014.05.004>
- Jiao, Y., Yu, Y., Yu, H., & Wang, F. (2023). The impact of thermal environment of transition spaces in elderly-care buildings on thermal adaptation and thermal behavior of the elderly. *Building and Environment*, 228, 109871. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109871>
- Jin, y., Jin, h., & Kang, j. (2020). Effects of sound types and sound levels on subjective environmental evaluations in different seasons. *Building and Environment*, 183, 107215. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107215>
- Joghataei, F. A. U. M. K. H., Basakha, M., Goharinezhad, S., Sane, N., & Rafiey, H. (2025). Well-being in Elderly: Scoping Review of Concept, Components and Indicators. *Salmand: Iranian Journal of Ageing*, 19(4). <https://doi.org/10.32598/sija.2024.3741.1>
- Mancini, D. J., & Allen, S. (2018). *Geriatric physiology*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72228-3_4
- Mohammadian, B., Mohammadi-Shahboulaghi, F., Hosseini, M., Arsalani, N., Fallahi-Khoshknab, M., & Pirjani, P. (2024). Support Needs of Family Caregivers of Older Patients With Cancer in Iran: A Qualitative Study. *Salmand: Iranian Journal of Ageing*, 19(3), 484-505. <https://doi.org/10.32598/sija.2023.3655.1>
- Nagano, K., & Horikoshi, T. (2005). New comfort index during combined conditions of moderate low ambient temperature and traffic noise. *Energy and Buildings*, 37(3), 287-294. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.1008.1001>
- Qin, Z., Lu, B., Jing, W., Yin, Y., Zhang, L., & Wang, X. (2024). Creating comfortable outdoor environments: Understanding the intricate relationship between sound, humidity, and thermal comfort. *Urban Climate*, 55, 101967. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101967>
- Rashedi, V., Gharib, M., Rezaei, M., & Yazdani, A. A. (2013). Social Support and Anxiety in the Elderly of Hamedan, Iran. *jrehab*, 14(2), 110-115. <http://rehabilitationj.uswr.ac.ir/article-1-1210-en.html>
- Schellen, L., Van Marken Lichtenbelt, W. D., Loomans, M., Toftum, J., & De Wit, M. H. (2010). Differences between young adults and elderly in thermal comfort, productivity, and thermal physiology in response to a moderate temperature drift and a steady-state condition. *Indoor Air*, 20, 273-283. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2010.00657.x>
- Soebarto, V., Zhang, H., & Schiavon, S. J. B. (2019). A thermal comfort environmental chamber study of older and younger people. *Building and Environment*, 155, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.03.032>
- Sudarsanam, N., & Kannamma, D. (2023). Investigation of summertime thermal comfort at the residences of elderly people in the warm and humid climate of India. *Energy and Buildings*, 291, 113151. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113151>
- Taghinezhad, Z., Eghlima, M., Arshi, M., & Pourhossein Hendabad, P. (2017). Effectiveness of Social Skills Training on Social Adjustment of Elderly People. *jrehab*, 18(3), 230-241. <https://doi.org/10.21859/jrehab-1803230>
- Wang, W., Li, Y., Li, L., Wang, R., & Wang, Y. (2023). Study on thermal comfort of elderly in community parks: An exploration from the perspectives of different activities and ages. *Building and Environment*, 246, 111001. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.111001>

- Wang, Z., Yu, H., Jiao, Y., Chu, X., & Luo, M. (2019). Chinese older people's subjective and physiological responses to moderate cold and warm temperature steps. *Building and Environment*, 149, 526-536. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.058>
- Weyh, C., Krüger, K., Strasser, B., Mohammadian, B., Mohammadi-Shahboulaghi, F., Hosseini, M., Arsalani, N., Fallahi-Khoshknab, M., & Pirjani, P. (2020). Physical Activity and Diet Shape the Immune System during Aging Support Needs of Family Caregivers of Older Patients With Cancer in Iran: A Qualitative Study. *Nutrients*, 12(3), 622-505. <https://doi.org/10.3390/nu12030622> 10.32598/sija.2023.3655.1
- Wu, Y., Zhang, Z., Liu, H., Li, B., Chen, B., & Kosonen, R. (2023). Age differences in thermal comfort and physiological responses in thermal environments with temperature ramp. *Building and Environment*, 228, 109887. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109887>
- Yang, J., Zhou, M., Ren, Z., Li, M., Wang, B., & Liu, D. L. (2021). Projecting heat-related excess mortality under climate change scenarios in China. *Nat Commun*, 12, 1039. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21305-1>
- Yao, F., Fang, H., Han, J., Zhang, Y., Zanjari, N., Kalantari Banadaki, S. Z., Sadeghi, R., & Delbari, A. (2022). Study on the outdoor thermal comfort evaluation of the elderly in the Tibetan plateau Futures Study of the Challenges and Drivers of Population Aging in Iran Using the Scenario Analysis Technique. *Sustainable Cities and Society*, 77(2), 103582-103275. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103582> 10.32598/sija.2023.3692.1
- Zanjari, N., Kalantari Banadaki, S. Z., Sadeghi, R., & Delbari, A. (2024). A Futures Study of the Challenges and Drivers of Population Aging in Iran Using the Scenario Analysis TechniqueJO - A Futures Study of the Challenges and Drivers of Population Aging in Iran Using the Scenario Analysis Technique. 19(2), 258-275. <https://doi.org/10.32598/sija.2023.3692.1>
- Zheng, G., Wei, C., You, X., & Li, K. (2023). Application of hierarchical cluster analysis in age segmentation for thermal comfort differentiation of elderly people in summer. *Building and Environment*, 230, 109981. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.109981>
- Zheng, W., Shao, T., Lin, Y., Wang, Y., Dong, C., & Liu, J. (2022). A field study on seasonal adaptive thermal comfort of the elderly in nursing homes in Xi'an, China. *Building and Environment*, 208, 108623. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108623>
- Zhou, S., Li, B., Du, C., Liu, H., Wu, Y., & Hodder, S. (2023). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 183, 113504. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113504>