Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Thermal Comfort in Educational Buildings Case Study of a school-Sabzevar

Monireh Rodsarabi [1] | **Mohammad Baaghideh** [2] | **Alireza Entezari** [3]✉ | **Fatemeh Mayvaneh** [4]

1. M.A. student, Climatology, Department of Physical Geography, Geography and environmental sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran. **E-mail:** yasamin_yoka@yahoo.com
2. Associate Professor of Climatology, Department of Physical Geography, Geography and environmental sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran. **E-mail:** mbaaghideh2005@yahoo.com
3. Corresponding author, Associate Professor of Climatology, Department of Physical Geography, Geography and environmental sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran. **E-mail:** entezari@hsu.ac.ir
4. Postdoctoral researcher, Climatology, Department of Physical Geography, Geography and environmental sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran. **E-mail:** fmayvaneh@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received
2023/04/10
Received in revised
2023/06/26
Accepted
2023/07/04
Published
2023/07/06
Published online
2025/09/23

Keywords:
Thermal Comfort,
Thermal prefer,
Climatic parameters,
classroom.

ABSTRACT

To assess thermal comfort conditions in classrooms, a field study was conducted in Sabzevar. The thermal sensations reported by students regarding classroom conditions were documented at various times throughout the day during the 2009–2010 academic year across multiple classes. temperature and humidity data within the classrooms were recorded simultaneous using a data logger. To analyze differences, both ANOVA and the Kruskal-Wallis test were employed. The findings indicated that the geographical orientation and floor level of the classrooms did not significantly influence temperature and humidity levels. In contrast, significant hourly variations in these parameters were observed. Overall, reports of cooling sensations were more prevalent than those of heating sensations (24% vs. 12%). Thermal sensation exhibited considerable variation across different months, with October recording the lowest frequency of thermal comfort sensations. In all months except October, students expressed a preference for "heating." Although the performance of the heating system was deemed adequate, its operational schedule should be modified to commence closer to the beginning of morning classes in order to mitigate substantial energy waste. While temperature and humidity within the classrooms did not present significant monthly variations, students' thermal sensations varied markedly between months. This suggests that thermal sensation is influenced by factors beyond mere physical characteristics (temperature and humidity). In addition to climatic parameters, individual characteristics such as sex, age, weight, height, clothing, and activity level also play a significant role in shaping perceptions of thermal comfort.

Cite this article: Rodsarabi, Monireh., Baaghideh, Mohammad., Entezari, Alireza., & Mayvaneh, Fatemeh. (2025). Thermal Comfort in Educational Buildings Case Study of a school-Sabzevar. *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, 25 (78), 220-237. DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.78.7

© The Author(s). Publisher: University of Kharazmi.
DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.78.7

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-04-24]
[DOI: 10.61186/jgs.25.78.7]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Extended Abstract

Introduction

Recognizing and providing thermal comfort in various spaces where humans spend their daily activities is essential and should be given special attention in the design of both open and closed environments. Numerous climatic factors, such as temperature, relative humidity, and wind, play a significant role in ensuring thermal comfort for individuals. Researchers have also concluded through comprehensive studies that humans spend 80–90% of their time in indoor environments. As a result, indoor air quality, like thermal comfort, directly impacts people's health, productivity, and morale .Humans are influenced by their thermal environment in all situations. After the family environment, students spend most of their time in educational spaces, particularly during the critical period of their personality development. Additionally, researchers have criticized the use of basic comfort standards in schools, as these standards are based on the needs of adults, whose comfort preferences may differ from those of children at various developmental stages. For instance, children often prefer lower classroom temperatures than adults .This study aims to investigate the thermal comfort conditions in educational spaces in Sabzevar city using a descriptive-analytical approach. The research is based on observational data, questionnaires, and data logger information.

Material and Methods

Danesh High School, established in Sabzevar city in 1971, is one of the most populated schools in the city, with over 500 students. The school's multi-story building, classrooms with diverse orientations, high student population, and daily (even hourly) access to educational spaces were the primary reasons for selecting this school for the study .Five classrooms were chosen to represent the different floors (ground floor and first floor) and geographical orientations (north and south) of the school building. Temperature and humidity data were recorded using a data logger. Additionally, hourly temperature and humidity data from the Sabzevar meteorological station were obtained for the entire study period .A questionnaire was designed to evaluate students' thermal comfort conditions. Simultaneously, as temperature and humidity data were collected during school hours, students' responses were also recorded. Although the study was limited to one school, the repetition of observations and data collection throughout the year and at different times resulted in a total of 4,290 records. These records were categorized by classroom, day, and time for analysis.

Results and Discussion

In all five classrooms, the highest average temperature was recorded at 1:00 p.m. A common observation was that the lowest temperature occurred at 8:30 a.m. Notably, at 6:30 a.m., the temperature in all classrooms was higher than at 8:30 a.m., which was contrary to initial expectations. This anomaly can be attributed to the fact that the temperature measurement at

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.7]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

6:30 a.m. was taken prior to student arrival in an unoccupied classroom. It appears that the operation of the heating systems, in conjunction with the absence of student activity, resulted in a higher average temperature at 6:30 a.m. Even with the presence of students at 8:30 a.m., the temperature did not rise to the level recorded earlier .For all classrooms, the highest relative humidity was noted at 8:30 a.m., ranging from 33% to 35%. During this time, the presence of students, coupled with lower temperatures, resulted in a significant increase in relative humidity (p-value < 0.01). In contrast, the absence of students at 6:30 a.m. and the higher temperatures at 1:00 p.m. prevented the recording of significant relative humidity values(>0.01) .In contrast, the absence of students at 6:30 a.m. and the elevated temperatures at 1:00 p.m. precluded the recording of significant relative humidity values. The highest percentage of responses pertained to the "appropriate" thermal sensation option, ranging from 67.9% in Classroom 151 to 62.2% in Classroom 373. The perceived suitability of thermal sensation can be attributed to the effective functioning of the heating and ventilation systems within the classrooms.

Conclusion

Despite significant variations in outdoor temperatures across different months, as recorded by the meteorological station, the temperature and humidity levels within the classrooms did not exhibit significant monthly fluctuations. However, a statistically significant difference in thermal sensation was observed across the months. This finding suggests that thermal sensation is influenced by factors extending beyond physical characteristics such as temperature and humidity. While thermal sensation is affected by climatic parameters in the outdoor environment and the performance of indoor heating and cooling systems, it is also substantially influenced by individual characteristics, including gender, age, weight, height, clothing, and activity level.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.7]

نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی
شاپا چاپی: ۲۲۲۸-۷۷۳۶ شاپا الکترونیکی: ۲۵۸۸-۵۱۳۸
https://jgs.khu.ac.ir/

ارزیابی آسایش حرارتی در ساختمان‌های آموزشی مطالعه موردی یک مدرسه؛ شهر سبزوار

منیره رودسرابی [۱]، محمد باعقیده [۲]، علیرضا انتظاری [۳]✉، فاطمه میوانه [۴]

۱. دانشجوی ارشد، آب‌وهواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران. رایانامه: yasamin_yoka@yahoo.com

۲. دانشیار آب‌وهواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران. رایانامه: mbaaghideh2005@yahoo.com

۳. نویسنده مسئول، دانشیار آب‌وهواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران. رایانامه: entezari@hsu.ac.ir

۴. محقق پست دکتری، آب‌وهواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران. رایانامه: fmayvaneh@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۱/۲۱

تاریخ بازنگری:
۱۴۰۲/۰۴/۰۵

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۰۴/۱۳

تاریخ انتشار:
۱۴۰۲/۰۴/۱۵

تاریخ انتشار آنلاین:
۱۴۰۴/۰۷/۰۱

کلیدواژه‌ها:
آسایش حرارتی،
ترجیح حرارتی،
فراسنج‌های اقلیمی،
کلاس درس.

چکیده

با هدف ارزیابی شرایط آسایش حرارتی در فضای کلاس‌های درس، مطالعه‌ای میدانی در دبیرستان دخترانه دانش سبزوار انجام گرفت و نظر دانش‌آموزان در مورد احساس حرارتی از شرایط کلاس در دو ساعت مختلف از روز در طول سال تحصیلی ۹۹-۱۳۹۸ برای کلاس‌های مختلف ثبت شد. هم‌زمان مقادیر دما و رطوبت کلاس‌ها نیز توسط دستگاه دیتالاگر برداشت گردید. برای بررسی تفاوت‌ها از آزمون‌های آنالیز واریانس و کروسکال والیس استفاده شد. نتایج نشان دادند موقعیت کلاس‌ها از نظر جهت جغرافیایی و طبقات تفاوت معنی‌داری در فراسنج دما و رطوبت ایجاد نکرده است درحالی‌که تفاوت‌های ساعتی در ثبت این پارامترها معنی‌دار بوده است. در کل پاسخ‌های مرتبط با احساس حرارتی سرمایش درصدهای بالاتری را نسبت به حالت گرمایش داشته است (۲۴٪ در برابر ۱۲٪). احساس حرارتی در ماه‌های مختلف تفاوت‌های معنی‌داری را نشان داده و ماه مهر کمترین درصد فراوانی را در احساس مرتبط با آسایش حرارتی داشته است. در همه ماه‌ها به‌جز مهر ترجیح حرارتی موردنظر دانش‌آموزان "گرمایش" بوده است. اگرچه عملکرد سیستم گرمایش مناسب ارزیابی شده اما زمان بهره‌برداری از این سیستم باید با فاصله کمتری نسبت به شروع کلاس‌های صبح انجام گیرد تا از اتلاف بخش قابل‌توجهی از انرژی جلوگیری شود. با وجودی که دما و رطوبت داخل کلاس‌ها تفاوت ماهانه معنی‌داری را نشان ندادند اما از نظر احساس حرارتی دانش‌آموزان بین ماه‌های مختلف، تفاوت معنادار آماری وجود داشت. لذا احساس حرارتی چیزی فراتر از ویژگی‌های فیزیکی دما و رطوبت است و در فضای داخل کلاس ضمن تأثیرپذیری از عملکرد سیستم گرمایش-سرمایش به‌شدت متأثر از ویژگی‌های فردی (جنس، سن، وزن، قد، لباس و سطح فعالیت) نیز می‌باشد.

استناد: رودسرابی، منیره؛ باعقیده، محمد؛ انتظاری، علیرضا؛ و میوانه، فاطمه (۱۴۰۴). ارزیابی آسایش حرارتی در ساختمان‌های آموزشی مطالعه موردی یک مدرسه؛ شهر سبزوار. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۵ (۷۸)، ۲۳۷-۲۲۰.
http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.78.7

ناشر: دانشگاه خوارزمی تهران.

© نویسندگان.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.7]

مقدمه

شناخت و تأمین آسایش حرارتی در فضاهای مختلفی که انسان در طول فعالیت روزمره خود با آن سروکار دارد امری بدیهی است و چه بسا که در طراحی و معماری فضاهای مختلف اعم از محیط‌های باز یا بسته باید موردتوجه خاص قرار بگیرد. عوامل و عناصر اقلیمی مختلف در تأمین آسایش حرارتی افراد تأثیرگذار می‌باشند که از جمله آن می‌توان به میزان درجه حرارت، درصد رطوبت نسبی، باد و ... اشاره کرد همچنین محققان با انجام بررسی‌های جامع به این نتیجه رسیده‌اند که انسان‌ها بین ۸۰ الی ۹۰ درصد زمان زندگی خود را در محیط‌های داخلی سپری می‌نمایند (ویون ، ۲۰۰۴)، از این‌روی کیفیت هوای داخل نیز همچون آسایش حرارتی اثر مستقیمی بر سلامت، میزان بهره‌وری و روحیه‌ی انسان‌ها دارد (فانگر ، ۱۹۷۰).

انسان در هر شرایطی متأثر از حرارت پیرامون خویش است (کانست و همکاران، ۱۹۹۴) دانش‌آموزان بعد از محیط خانواده و بخصوص در حساس‌ترین دوران شکل‌گیری شخصیتشان بیشتر اوقات خود را در فضاهای آموزشی و مدارس سپری می‌کنند. علاوه بر این، محققان استفاده از استانداردهای اصلی راحتی در مدارس را موردانتقاد قرار داده‌اند، زیرا این استانداردها بر اساس نیازهای افراد بزرگ‌سال که درک و ترجیحات راحتی ممکن است با درک کودکان در مراحل مختلف رشد متفاوت باشد، ایجاد شده است. کودکان نسبت به بزرگسالان، دمای پایین‌تر در کلاس‌ها را ترجیح می‌دهند(تلی و همکاران، ۲۰۱۷؛ تربیلوکووک و همکاران، ۲۰۱۷). علاوه بر این، کودکان در موقعیت‌های مشابه، دامنه راحتی بیشتری نسبت به بزرگسالان دارند(کیم و دی دیر ، ۲۰۱۸). و حتی تفاوت کوچکی در انطباق لباس بین پسران و دختران وجود دارد(مورس و همکاران، ۲۰۱۱). نادیده گرفتن شرایط کالبدی محیط در تحقق آسایش حرارتی مطلوب علی‌رغم وجود خلاقیت و نوآوری معماران در فضاسازی و معماری مدارس، باعث شده است به نیازهای جسمی-روانی دانش‌آموزان پاسخی داده نشود و در نتیجه بسیاری از دانش‌آموزان از ساعاتی که در مدرسه می‌گذرانند خرسند نبوده و یا در بعضی موارد از رفتن به مدرسه امتناع می‌کنند. بیش از ۳۰ درصد جمعیت کشور را دانش‌آموزان تشکیل می‌دهند و آسایش حرارتی در مدارس به دلیل سن، جنسیت، نوع فعالیت، پوشش و زمان استفاده دیکته شده، موضوعی چالش‌برانگیز بوده که نیازمند مطالعات میدانی است(زمردیان و همکاران، ۲۰۱۷) .

آگاه‌سازی فرزندان این مرزوبوم و بیان راه‌های جلوگیری از اتلاف انرژی برای آن‌ها می‌تواند فرهنگ صرفه‌جویی را در آن‌ها تقویت کند. همچنین ارائه روش‌های صحیح مبتنی بر شرایط اقلیمی هر منطقه در خصوص طراحی ساختمان مدارس می‌تواند علاوه بر کاهش مصرف انرژی در مراکز آموزشی در بعد ملی نیز باعث صرفه‌جویی ارزی قابل‌توجهی شده و حتّی می‌تواند در بعد آسایش روحی-روانی دانش‌آموزان، تأمین سلامت آن‌ها، حفاظت محیط‌زیست و مقابله با آلودگی هوا به‌ویژه در نواحی متراکم شهری مفید واقع شود (پورشقایق و امیدواری ، ۲۰۱۲).

توجه به مسائل آسایش حرارتی در ساختمان به پس از انقلاب صنعتی بازمی‌گردد. پیش از انقلاب صنعتی، به علت عدم وجود تجهیزات سرمایشی و گرمایشی، احساس سرما و گرما از طریق جابجایی مکان زندگی، تغییر پوشش و لباس و خوردن غذاهای مناسب، مرتفع می‌شد (حیدری، ۱۳۹۳؛ زارع و همکاران، ۱۳۹۸). مطالعات آسایش حرارتی از سال ۱۹۱۰ در انواع محیط‌های داخلی و فضای باز شروع‌شده است (بندیکت و کارپنتر ، ۱۹۱۰). در سال ۱۹۲۰، مطالعات پایه‌ای در امریکا. صورت گرفت(اولگی ،۱۹۶۳). این مطالعات به‌منظور یافتن محدوده آسایش حرارتی تحت تأثیر دمای هوا و رطوبت بود. مندل و هیث (۲۰۰۵) همچنین تأثیر محیط حرارتی را بر عملکرد دانش‌آموزان بررسی کردند. مطالعه مروری نشان می‌دهد که کیفیت محیطی ضعیف در ساختمان‌های مدرسه کاملاً بر عملکرد و حضور دانش‌آموزان تأثیر می‌گذارد. رودریگرز و همکاران (۲۰۲۱) یک همبستگی حداقلی بین میانگین دمای عملیاتی در کلاس‌های درس و حس حرارتی یافتند. همچنین آن‌ها دریافتند که عوامل مربوط به کدهای رفتاری و طراحی ساختمان مدرسه تا حد زیادی بر راحتی حرارتی و همچنین اقداماتی که کودکان برای سازگاری با محیط خود انجام می‌دهند، تأثیر می‌گذارند. متغیرهای دیگری مانند زمینه اجتماعی و باورهای رایج برای تأثیر بر نحوه درک دانش‌آموزان از محیط‌های حرارتی مشاهده شد. همچنین مشاهده شد که آگاهی از محیط حرارتی و اثرات آن بر شناخت، با افزایش سن افزایش می‌یابد.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.7]

ورما و نتام (۲۰۲۰) یک بررسی پرسشنامه‌ای و مبتنی بر مطالعه میدانی برای ساختمان مدرسه‌ای در هند انجام دادند، پاسخ نظرسنجی‌ها نشان داد که ساکنان برای فصل‌های: موسمی، تابستان و زمستان به ترتیب کمی احساس خنکی، گرمی و خنکی می‌کنند .

هیلاسریوس و میشائیل (۲۰۲۰) مدل‌های آسایش حرارتی و درک کاربران در ساختمان‌های مدارس آزاد منطقه شرق مدیترانه را مورد ارزیابی قرار دادند که نشان داد رفتار دانش‌آموزان به‌طور قابل‌توجهی توسط دمای بیرون تعیین می‌شود. علاوه بر این، نتایج نظرسنجی ذهنی نشان می‌دهد که اکثر دانش‌آموزان در هر دو فصل زمستان و تابستان احساس راحتی می‌کنند و تحمل حرارتی بالایی دارند. از سوی دیگر بررسی ارزیابی استانداردهای آسایش حرارتی در ساختمان‌های اداری شیلی متکی بر احساس و ترجیح حرارتی توسط تربیلوک و همکاران(۲۰۲۰) نشان می‌دهد که به‌طورکلی، ساکنین خود را با دمای عملیاتی داخل ساختمان، به‌ویژه با توجه به ترجیح حرارتی خود وفق می‌دهند. دمای محیط از ۱۹/۵ درجه سانتی‌گراد تا ۲۴/۶ درجه سانتی‌گراد و دماهای ترجیحی از ۱۹/۹ درجه سانتی‌گراد تا ۲۴/۶ درجه سانتی‌گراد متغیر است.

ارزیابی درک راحتی حرارتی انسان در یک ساختمان مدرسه بدون تهویه مطبوع در آتن، یونان توسط پاپاژوگولو و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از پرسشنامه انجام شد که نتایج مطالعه نشان داد که احساس ذهنی آسایش حرارتی انسان در یک محیط داخلی را می‌توان با استفاده از تجهیزات آزمایشی مناسب به میزان قابل‌توجهی اندازه‌گیری کرد .

مربتینه و همکاران (۲۰۱۸) ممیزی انرژی ساختمان، ارزیابی آسایش حرارتی و شاخص کیفیت هوا ساختمان یک مدرسه را در مطالعه موردی بررسی نمودند نتایج نشان داد که افزایش دمای داخل مدرسه به میزان ۱ درجه سانتی‌گراد می‌تواند احساس حرارتی داخل مدرسه را بهبود بخشد اما منجر به افزایش مصرف انرژی در حدود ۱۲ درصد می‌شود.

تعیین محدودهٔ آسایش حرارتی در فضای باز دبستان‌های دخترانهٔ شهر اصفهان توسط چهرزاری و همکاران (۱۴۰۰) نشان داد محدودهٔ آسایش حرارتی بر مبنای دمای معادل فیزیولوژیک ۱۳/۶ تا ۳۲ است که با استانداردهای اشری و ایزو ۷۷۳۰ و حتی مطالعات پیشین آسایش حرارتی در شهر اصفهان تفاوت دارد و این اهمیت مطالعهٔ بیشتر در مورد آسایش حرارتی گروه‌های سنی و جنسیتی متفاوت در شهرهای مختلف ایران را می‌رساند. دمای خنثی حاکی از سازگاری بیشتر جمعیت موردمطالعه با شرایط سرد است.

قرمزی و نصر الهی (۲۰۱۹) در مطالعه اثر تیپولوژی ساختمان در کاهش مصرف انرژی مدارس شهر اصفهان بیان نمودند که مدارس به دلیل الگوی اشغال فضاها و نوع کاربران و زمان استفاده (۹ ماه از سال) از پتانسیل بیشتری برای طراحی همساز با اقلیم برخوردار است. از سوی دیگر میانگین دمای ماهانه در حدود ۷ ماه از سال (مهر تا فروردین) پایین‌تر از محدوده پایینی شرایط آسایش حرارتی ارائه شده در استاندارد آشری است. همچنین، تنها با بهره‌گیری از فرم بهینه ساختمان و جانمایی درست فضاهای داخلی می‌توان مصرف انرژی اولیه ساختمان را نسبت به نامناسب‌ترین فرم بستر پژوهش به میزان ۹٪ کاهش داد.

فتاحی و همکاران (۱۳۹۹) مطالعه شناسایی تأثیرات عوامل اقلیمی بر معماری مدرسه غیاثیه خرگرد خواف را موردبررسی قرار دادند. این پژوهش با روش توصیفی-تحلیلی و ابزار گردآوری اطلاعات کتابخانه‌ای و به‌ویژه مشاهده میدانی، به بررسی و تحلیل معماری بنای موردمطالعه بر مبنای شاخصه‌های اقلیم می‌پردازد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که این شاخصه‌ها در اکثر مواقع، تنها عامل مهم شکل‌گیری کالبد و فضا بوده و در برخی موارد نیز تأثیر بسزایی داشته است. در واقع معمار بنا با توجه به ویژگی‌های اقلیمی منطقه، راهکارهای معماری هوشمندانه‌ای ارائه داده است تا آسایش حرارتی ساکنان را فراهم آورد.

نصرالهی و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی به بررسی تأثیر آسایش حرارتی بر روی کارایی دانش‌آموزان و معلمان مدارس در اقلیم گرم و مرطوب پرداخت از مهم‌ترین نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان به تفاوت دمای آسایش حرارتی دختران و پسران اشاره کرد و این نکته‌ای مهم در کاهش بسیاری از هزینه‌های مصرفی است؛ همچنین می‌توان به تأثیر زیاد پنجره‌های استاندارد و عایق‌های حرارتی در کاهش هزینه‌های مصرفی ساختمان اشاره نمود. انتظاری و همکاران (۱۳۹۹)، استراتژی‌های

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.7]

معماری همساز با اقلیم را در شهر یزد بررسی نمودند که نتایج نشان می‌دهد بیشترین شرایط عدم آسایش دمایی در معماری شهر یزد در ماه جولای و ماه‌های جون تا اکتبر (اردیبهشت تا آبان) در ساعات میانی روز پایین بودن رطوبت (۳۸ درصد) به همراه دمای بالا شرایط عدم آسایش و خشکی دارند. امیری و همکاران (۱۴۰۲)، اقلیم و انرژی در محیط‌های شهری در جهت کاهش مصرف انرژی، نمونه موردی ساختمان سعادت‌آباد موردبررسی قرار دادند که نتایج پژوهش آنان نشان داد ارتقای شرایط آسایش حرارتی در فضای باز و بسته‌ی زیستی ساختمان‌های مسکونی کاهش میزان اتلاف انرژی حرارتی مستقیم و غیرمستقیم به‌واسطه پوسته‌ی خارجی ساختمان را به همراه دارد. همچنین مطالعه مجیدی زنجانی و همکاران (۱۴۰۲) نشان داد فراهم نمودن فرصت‌های یادگیری از محیط پیرامون جهت کسب تجربه از طریق آموزش‌های معماری بر شناخت فضایی دانش‌آموزان مفید خواهد بود. این شناخت سبب فهم بهتر از محیط پیرامون جهت انطباق، تعامل و ارتباط متقابل با آن می‌شود.

پژوهش حاضر تلاش دارد با روش توصیفی- تحلیلی و مبتنی بر داده‌های مشاهده‌ای، پرسش‌نامه‌ای و اطلاعات دستگاه داده بردار، شرایط آسایش حرارتی فضاهای آموزشی را به‌صورت موردی در شهر سبزوار بررسی نماید.

روش‌شناسی

موقعیت منطقه موردمطالعه

شهر سبزوار یکی از شهرهای پرجمعیت استان خراسان رضوی است. این شهر از نظر موقعیت جغرافیایی در غرب استان خراسان رضوی قرار دارد. مساحت این شهر ۲۶,۷۶ کیلومترمربع و جمعیت آن بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ برابر با ۲۴۳۷۰۰ نفر بوده است.

جهت انجام پژوهش حاضر از بین مدارس موجود در سطح شهر، دبیرستان دخترانه دانش برگزیده شد. دبیرستان دخترانه دانش در سال ۱۳۵۰ احداث گردیده است. این دبیرستان با بیش از ۵۰۰ نفر دانش‌آموز از پرجمعیت‌ترین آموزشگاه‌های سطح شهر محسوب می‌گردد. داشتن ساختمان با بیش از یک طبقه و کلاس‌های با جهت‌گیری متنوع، تعداد دانش آموزان بالا و همچنین دسترسی روزانه و حتی ساعتی، به فضاهای آموزشی و دانش آموزان از دلایل اصلی انتخاب این مدرسه بوده است.

ساختمان آموزشی این آموزشگاه در مساحتی بالغبر ۵۸۴۰ مترمربع و با زیربنای ۲۲۳۶ مترمربع در دوطبقه همکف و اول بنا گردیده است. پلان این ساختمان دارای کشیدگی شرقی–غربی است و کلاس‌ها در طبقه همکف و اول و در دو جبهه شمالی و جنوبی استقرار یافته‌اند. مساحت فضای سبز آموزشگاه ۷۶۰ مترمربع می‌باشد شکل (۱).

شکل (۱). نمای جنوبی و محوطه اصلی دبیرستان دانش

از مجموع ۳۲ اتاق موجود در ساختمان آموزشی، تعداد ۱۸ اتاق به کلاس درس و فضای آموزشی و سایر اتاق‌ها به کاربری‌هایی همچون فضاهای اداری، کتابخانه، اتاق سمعی بصری و ... اختصاص یافته است.

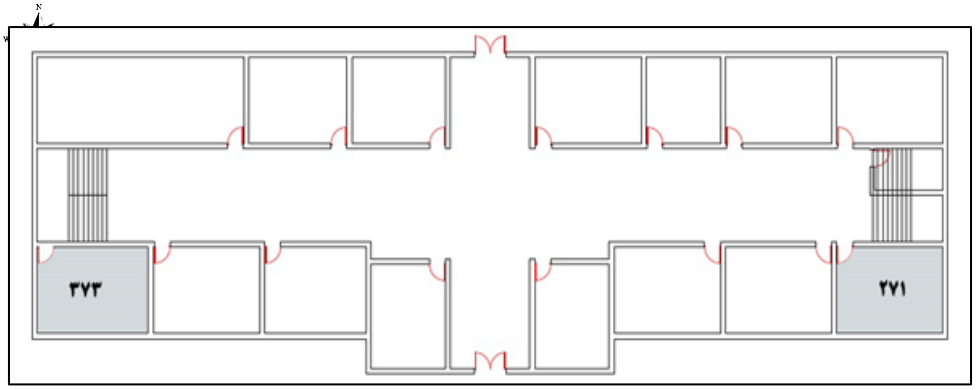
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.7]

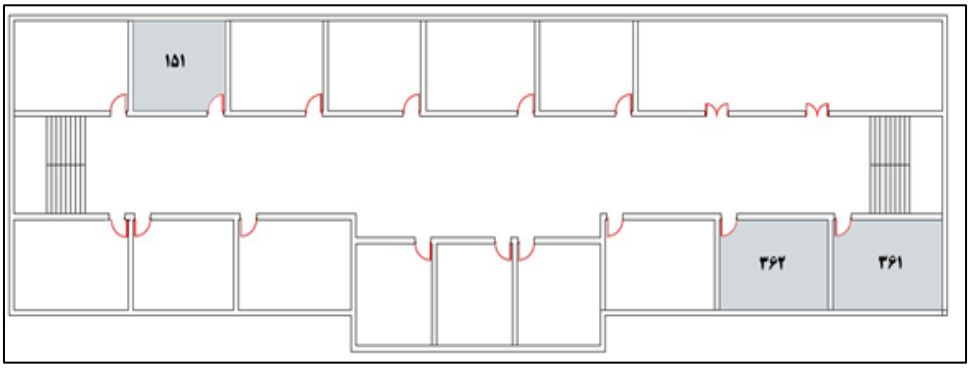
جنس نمای ساختمان دبیرستان از ترکیب سیمان و آجر دوغابی تشکیل شده است. در نمای جنوبی ساختمان تورفتگی و بیرون‌زدگی‌هایی جزئی جهت زیباسازی بصری نما ایجاد شده است. پنجره‌های به‌کاررفته در ساختمان با ابعاد تقریباً یکسان و ساخته شده از فلز آهن در نما مشاهده می‌شود درحالی‌که در نمای شرقی و غربی سعی بر آن بوده تا با استفاده از بازشوهای کمتر اما بزرگ‌تر نور و روشنایی داخل ساختمان به‌ویژه فضای راه‌پله مابین دوطبقه که در این دو نما تعبیه شده است، تأمین گردد.

با توجه به قدیمی‌ساز بودن مدرسه، بنای ساختمان از نوع اسکلتی و جنس دیوارها از آجر و به قطر ۶۰ سانتی‌متر است. نازک‌کاری داخلی شامل سیمان، گچ و خاک و سفیدکاری می‌باشد.

تعداد ۵ کلاس به‌گونه‌ای که طبقات (همکف و اول) و جهت‌های جغرافیایی (شمال و جنوب) ساختمان مدرسه را پوشش دهند، مورد گزینش واقع شدند. به‌این‌ترتیب که کلاس‌های (۲۷۱ و ۳۷۳) از طبقه همکف و کلاس‌های (۱۵۱ و ۳۶۱ و ۳۶۲) از طبقه اول انتخاب شدند. ضمن اینکه کلاس ۱۵۱ در جهت شمال ساختمان و دیگر کلاس‌ها در ضلع جنوب واقع شده‌اند اشکال (۲ و ۳).



شکل (۲). پلان طبقه همکف ساختمان دبیرستان دخترانه دانش



شکل (۳). پلان طبقه اول ساختمان دبیرستان دخترانه دانش

داده و روش کار

- اطلاعات مربوط به فراسنج‌های آب و هوایی (دما و رطوبت) با استفاده از دستگاه داده بردار مدل Lutron- Lm9000 (کالیبره شده با استاندارد CE) در فضای داخلی کلاس‌های انتخابی در سه بازه زمانی مختلف (۶:۳۰ صبح بدون حضور دانش‌آموز، ۸:۳۰ صبح و ۱۳ هم‌زمان با حضور دانش‌آموز) طی ماه‌های مهر الی اسفند ۱۳۹۸ به ثبت رسیده است. با توجه به شروع همه‌گیری کرونا و تعطیلی مدارس، برداشت داده برای ماه‌های انتهایی سال تحصیلی (فروردین

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-04-24]
[DOI: 10.61186/jgs.25.78.7]

تا خرداد) امکان‌پذیر نشد. موقعیت مکانی برداشت تا حد امکان نزدیک به نقطه مرکزی کلاس و در ارتفاع سر دانش‌آموزان در حالت نشسته بوده است.

علاوه بر داده‌های ثبت شده توسط دیتالاگر داده‌های دما و رطوبت برداشت شده در ایستگاه هواشناسی نیز برای کل بازه مطالعاتی به‌صورت ساعتی از اداره هواشناسی شهر سبزوار اخذ گردید.

- به موازات برداشت داده‌های آب و هوایی در فضای داخل کلاس، تلاش شد تا شرایط احساس حرارتی دانش‌آموزان نیز مورد ارزیابی قرار گیرد که به این منظور پرسشنامه‌ای طراحی شد و هم‌زمان با برداشت داده‌های فراسنج‌های آب و هوایی در ساعت‌های حضور دانش‌آموزان پاسخ‌های آن‌ها نیز ثبت گردید جدول (۱).

ماهیت پرسش‌ها کیفی و ترتیبی است که با استفاده از مقیاس هفتگانه آشری (ASHRAE) (۳- (خیلی‌سرد)، ۲- (سرد)، ۱- (کمی‌سرد)، صفر (مناسب)، ۱ (کمی‌گرم)، ۲ (گرم)، ۳ (خیلی‌گرم) رتبه‌بندی شده تا امکان مقایسه و سنجش فراهم شود (Handbook, 2009).

اگر چه پژوهش تنها به یک مدرسه محدود بوده است اما تکرار برداشت‌ها و ثبت داده‌ها در طول روزهای سال و در ساعت‌های مختلف مجموع رکوردهای مورداستفاده را به ۴۲۹۰ مورد رساند که به تفکیک کلاس روز و ساعت ثبت شده است جدول (۲).

جدول (۱). ارزیابی احساس حرارتی

پرسش‌نامه ویژه دانش‌آموزان جهت ارزیابی احساس حرارتی
در حال حاضر احساس شما از شرایط هوای کلاس چیست؟
خیلی‌سرد□ سرد□ کمی‌سرد□ مناسب □ کمی‌گرم □ گرم □ خیلی‌گرم □

جدول (۲). موارد تکمیل پرسشنامه به تفکیک کلاس و ساعت

زمان	ساعت ۶:۳۰ صبح					ساعت ۸:۳۰ صبح					ساعت ۱۳ بعدازظهر				
شماره کلاس	۱۵۱	۲۷۱	۳۶۱	۳۶۲	۳۷۳	۱۵۱	۲۷۱	۳۶۱	۳۶۲	۳۷۳	۱۵۱	۲۷۱	۳۶۱	۳۶۲	۳۷۳
تعداد پرسش‌نامه تکمیل‌شده	*	*	*	*	*	۳۶۸	۵۲۸	۴۱۷	۴۰۰	۴۳۲	۳۶۸	۵۲۸	۴۱۷	۴۰۰	۴۳۲

*در این ساعت (قبل از حضور دانش‌آموزان) فقط برداشت داده (دما –رطوبت) انجام گرفته است.

تحلیل واریانس(ANOVA)

تحلیل واریانس یا ANOVA مجموعه‌ای از مدل‌های آماری است که به بررسی میانگین در گروه‌ها و توابع وابسته به آن‌ها (مثل واریانس در یک گروه یا بین چند گروه) می‌پردازد. قبل از استفاده از این مدل آماری فرض بر این است که نمونه‌ها دارای تغییرات متفاوتی نیستند در این مدل دو فرض صفر و یک وجود دارد که فرض صفر عدم وجود اختلاف معنی‌دار و فرض یک نیز وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها مشخص می‌کند. از مزایای استفاده از این مدل این است که تنها با انجام یک‌بار آزمون، اختلاف بین میانگین‌های کلیه گروه‌های موجود در پژوهش موردبررسی قرار می‌گیرد.

در این نوع آنالیز واریانس، یک متغیر وابسته (متغیری که می‌خواهید گروه‌ها را از نظر آن با هم مقایسه کنید) و یک متغیر گروه‌بندی یا Factor وجود دارد.

فرض صفر و فرض مقابل آن به‌صورت زیر است:

$$\begin{cases} H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_k \\ H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_k \end{cases}$$

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.7]

حداقل یکی از میانگین‌ها برابر نباشند:

$$\begin{cases} H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \cdots = \mu_k \\ H_1 : \text{خلاف فرض صفر} \end{cases}$$

که در آن μ_1 تا μ_k به ترتیب میانگین گروه اول تا k ام هستند، با فرض اینکه هدف مقایسه k گروه مستقل از هم است.

آزمون کروسکال والیس (Kruskal-Wallis)

آزمون کروسکال والیس یک آزمون ناپارامتری است که برای مقایسه سه یا بیش از سه گروه مستقل که در سطح رتبه‌ای اندازه‌گیری می‌شوند، مورداستفاده قرار می‌گیرد. عدم پیروی داده‌های پرسشنامه‌ای از توزیع نرمال، استفاده از گروه‌های متعدد (بیش از دو گروه) و ماهیت رتبه‌ای پاسخ‌ها دلیل استفاده از آزمون ناپارامتری بوده است. این آزمون در واقع معادل ناپارامتری آزمون F مستقل در روش تحلیل واریانس یک‌طرفه، می‌باشد. محاسبه‌ی آماره آزمون کروسکال والیس به دو روش امکان‌پذیر است که البته هر دو نتایج یکسانی را در بر خواهند داشت. در روش اول رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$H = \frac{SS_{br}}{\frac{N(N+1)}{12}} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه فوق، SS_{br} مجموع مجذورات رتبه‌ای بین گروه‌ها و N تعداد کل رتبه‌ها یا مقادیر در گروه‌های موردبررسی است. رابطه‌ی دیگری که در این زمینه مورداستفاده قرار می‌گیرد به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$H = \frac{12}{N(N+1)}\left(\sum \frac{(T_g)^2}{n_g}\right) - 3(N+1) \qquad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه فوق، N تعداد کل رتبه‌ها یا مقادیر در گروه‌های موردبررسی، T_g مجموع رتبه‌های گروه g ام و N_g تعداد رتبه‌ها یا مقادیر موجود در گروه g ام می‌باشند.

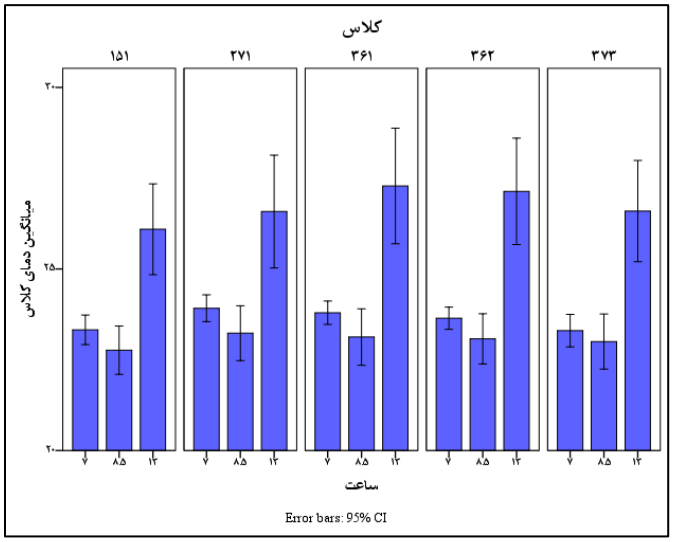
نتایج

بررسی فراسنج‌های آب‌وهوایی

شکل (۴) میانگین دمای هوای کلاس‌های مختلف را برای سه ساعت مختلف (۶:۳۰ صبح، ۸:۳۰ صبح و ۱۳) نشان می‌دهد. بر اساس این شکل در هر ۵ مورد از کلاس‌ها بالاترین میانگین دما برای ساعت ۱۳ ثبت شده است دیگر نکته مشترک ثبت کمترین دما برای ساعت ۸:۳۰ صبح است. این در حالی است که ساعت ۶:۳۰ صبح دما در همه کلاس‌ها بیشتر از ساعت ۸:۳۰ می‌باشد و این مسئله برخلاف انتظار بوده است. چرا که اولین ثبت دما در ساعت ۶:۳۰ صبح قبل از حضور دانش‌آموزان و در فضای خالی کلاس انجام گرفته است. به نظر می‌رسد فعالیت سیستم‌های گرمایشی به همراه عدم تردد دانش‌آموزان باعث شده است میانگین بالاتری از دما در ساعت ۶:۳۰ به ثبت برسد به‌گونه‌ای که حتی تراکم حضور دانش‌آموزان در ساعت ۸:۳۰ صبح افزایش دمایی در این حد ایجاد نکرده است.

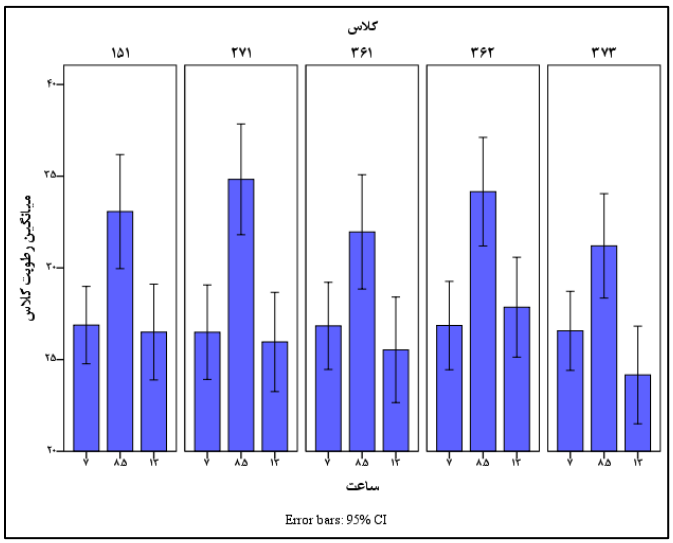
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.7]



شکل (۴). میانگین دمای کلاس در ساعت‌های منتخب

داده‌های ثبت شده پارامتر رطوبت به تفکیک ساعت و کلاس در شکل (۵) نشان داده شده است بر این اساس برای همه کلاس‌ها به‌طور مشترک بالاترین ثبت رطوبت برای ساعت ۸:۳۰ صبح بوده است (حدود ۳۳ تا ۳۵ درصد) در این ساعت حضور دانش‌آموزان به همراه پایین بودن دما موجب شده است مقدار رطوبت نسبی به‌طور معنی‌داری (p-value<0.01) افزایش یابد درحالی‌که در ساعت ۶:۳۰ صبح عدم حضور دانش‌آموزان و در ساعت ۱۳ افزایش دما مانع از ثبت مقادیر قابل‌توجه رطوبت نسبی شده است.



شکل (۵). میانگین رطوبت کلاس در ساعت‌های منتخب

جهت بررسی تفاوت میانگین دما در کلاس‌های مختلف روش آنووا مورداستفاده قرار گرفت. با توجه به عدم رد فرضیه همگنی واریانس‌ها از آزمون تو-کی استفاده شد که بر این اساس تفاوت معنی‌داری در میانگین دمای کلاس‌ها در بازه‌های مطالعاتی مختلف وجود نداشت و میانگین دمایی در حدود ۲۴/۴ درجه برای کلاس‌ها ثبت شده است. بررسی تفاوت در میانگین دمای ساعتی جدول (۳) نشان داد، میانگین دمای ساعت ۱۳ (۲۶/۷۳) به‌صورت معنی‌دار (p-value<0.01) بیشتر از ساعت ۶:۳۰ و ۸:۳۰ صبح است. تفاوت معنی‌داری بین دمای ساعت ۶:۳۰ صبح (۲۳/۶ درجه) و ۸:۳۰ صبح (۲۳ درجه) وجود نداشت.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-04-24]

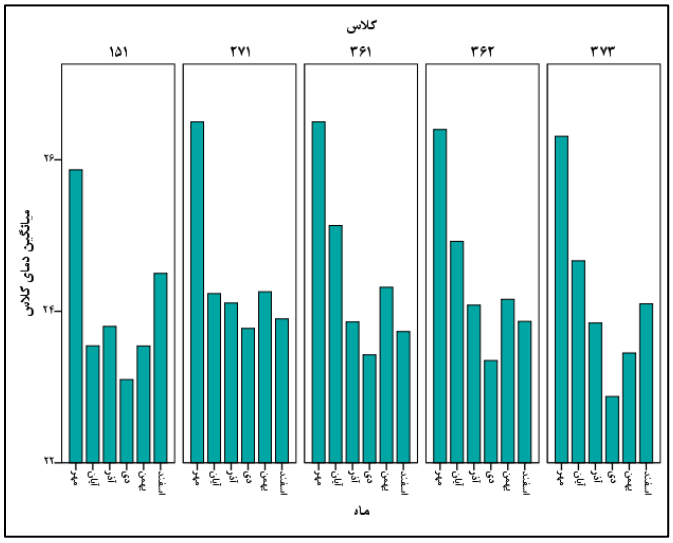
[DOI: 10.61186/jgs.25.78.7]

جدول (۳). بررسی تفاوت در میانگین ساعتی دمای کلاس‌ها

ساعت (I)	ساعت (J)	اختلاف میانگین (I-J)	انحراف استاندارد	معنی‌داری	سطح اطمینان ۹۵ درصد	
					سطح پایین	سطح بالا
۶/۵	۸/۵	۰/۵۵۷۵۰	۰/۲۸۰۲۶	۰/۱۱۷	-۰/۱۰۳۵	۱/۲۱۸۵
	۱۳	*-۳/۱۳۵۴۰	۰/۲۸۱۱۵	۰/۰۰۰	-۳/۷۹۸۵	-۲/۴۷۲۳
۸/۵	۶/۵	-۰/۵۵۷۵۰	۰/۲۸۰۲۶	۰/۱۱۷	-۱/۲۱۸۵	۰/۱۰۳۵
	۱۳	*-۳/۶۹۲۹۰	۰/۲۸۱۱۵	۰/۰۰۰	-۴/۳۵۶۰	-۳/۰۲۹۸
۱۳	۶/۵	*۳/۱۳۵۴۴۰	۰/۲۸۱۱۵	۰/۰۰۰	۲/۴۷۲۳	۳/۷۹۸۵
	۸/۵	*۳/۶۹۲۹۰	۰/۲۸۱۱۵	۰/۰۰۰	۳/۰۲۹۸	۴/۳۵۶۰

*اختلاف میانگین در سطح معنی‌داری ۰/۰۵.

به‌طورکلی هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری از نظر میانگین رطوبت بین کلاس‌ها وجود ندارد حال آنکه بررسی ساعتی نشان داد رطوبت نسبی به‌صورت کاملاً معنی‌داری در ساعت ۸:۳۰ صبح (۳۳/۰۴درصد) بیشتر از ساعت‌های ۶:۳۰ صبح (۲۶/۷۲ درصد) و ۱۳(۲۶ درصد) بوده است. شکل (۶) میانگین دمای کلاس‌های مختلف را در ماه‌های موردبررسی (مهر تا اسفند) نشان می‌دهد به‌طور مشترک در همه کلاس‌ها بالاترین دمای ثبت شده در مهرماه و پایین‌ترین میانگین دما به دیماه اختصاص داشته است.



شکل (۶). میانگین دمای ماهانه به تفکیک کلاس

بر اساس نتایج آزمون تو-کی نیز ماه مهر با میانگین دمای ۲۶/۳۱ درجه سانتی‌گراد (میانگین همه کلاس‌ها) به‌صورت معنی‌داری دمایی بالاتر از دیگر ماه‌های سال تحصیلی موردبررسی (آبان تا اسفند) را داشته است. بررسی دقیق‌تر جدول (۴) نشان می‌دهد دیگر ماه‌های موردبررسی تفاوت دمایی اندک دارند که از نظر آماری نیز معنی‌دار نیستند.

جدول (۴). بررسی تفاوت در میانگین ماهانه دمای کلاس‌ها

ماه (I)	ماه (J)	اختلاف میانگین (I-J)	انحراف استاندارد	معنی‌داری	سطح اطمینان ۹۵ درصد	
					سطح پایین	سطح بالا
مهر	آبان	*۱/۸۱۵۵۶	۰/۴۶۹۴۵	*۰/۰۰۲	۰/۴۶۶۶	۳/۱۶۴۶
	آذر	*۲/۳۷۴۸۱	۰/۴۴۹۴۶	*۰/۰۰۰	۱/۰۸۳۲	۳/۶۶۶۴
	دی	*۳/۰۱۰۵۶	۰/۵۹۸۴۳	*۰/۰۰۰	۱/۲۹۰۹	۴/۷۳۰۲
	بهمن	*۲/۳۷۰۵۶	۰/۴۳۹۱۳	*۰/۰۰۰	۱/۱۰۸۷	۳/۶۳۲۴

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.7]

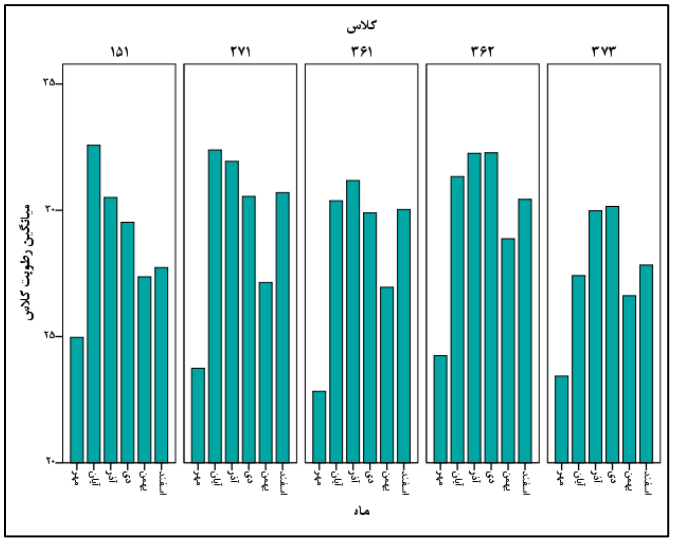
	اسفند	۲/۲۹۵۵۶*	۰/۶۶۳۹۰	۰/۰۰۸*	۰/۳۸۷۸	۴/۲۰۳۳
آبان	مهر	-۱/۸۱۵۵۶*	۰/۴۶۹۴۵	۰/۰۰۲	-۳/۱۶۴۶	-۰/۴۶۶۶
	آذر	۰/۵۵۹۲۶	۰/۴۴۹۴۶	۰/۸۱۴	-۰/۷۳۲۳	۱/۸۵۰۸
	دی	۱/۱۹۵۰۰	۰/۵۹۸۴۳	۰/۳۴۷	-۰/۵۲۴۶	۲/۹۱۴۶
	بهمن	۰/۵۵۵۰۰	۰/۴۳۹۱۳	۰/۸۰۴	-۰/۷۰۶۹	۱/۸۱۶۹
	اسفند	۰/۴۸۰۰۰	۰/۶۶۳۹۰	۰/۹۷۹	-۱/۴۲۷۸	۲/۳۸۷۸
آذر	مهر	-۲/۳۷۴۸۱*	۰/۴۴۹۴۶	۰/۰۰۰۸	-۳/۶۶۶۴	-۱/۰۸۳۲
	آبان	-۰/۵۵۹۲۶	۰/۴۴۹۴۶	۰/۸۱۴	-۱/۸۵۰۸	۰/۷۳۲۳
	دی	۰/۶۳۵۷۴	۰/۵۸۲۸۹	۰/۸۸۵	-۱/۰۳۹۲	۲/۳۱۰۷
	بهمن	-۰/۰۰۴۲۶	۰/۴۱۷۶۹	۱/۰۰۰	-۱/۲۰۴۵	۱/۱۹۶۰
	اسفند	-۰/۰۷۹۲۶	۰/۶۴۹۹۲	۱/۰۰۰	-۱/۹۴۶۹	۱/۷۸۸۳
دی	مهر	-۳/۰۱۰۵۶*	۰/۵۹۸۴۳	۰/۰۰۰۸	-۴/۷۳۰۲	-۱/۲۹۰۹
	آبان	-۱/۱۹۵۰۰	۰/۵۹۸۴۳	۰/۳۴۷	-۲/۹۱۴۶	۰/۵۲۴۶
	آذر	-۰/۶۳۵۷۴	۰/۵۸۲۸۹	۰/۸۸۵	-۲/۳۱۰۷	۱/۰۳۹۲
	بهمن	-۰/۶۴۰۰۰	۰/۵۷۴۹۵	۰/۸۷۶	-۲/۲۹۲۲	۱/۰۱۲۲
	اسفند	-۰/۷۱۵۰۰	۰/۷۶۰۵۹	۰/۹۳۶	-۲/۹۰۰۶	۱/۴۷۰۶
بهمن	مهر	-۲/۳۷۰۵۶*	۰/۴۳۹۱۳	۰/۰۰۰۸	-۳/۶۳۲۴	-۱/۱۰۸۷
	آبان	-۰/۵۵۵۰۰	۰/۴۳۹۱۳	۰/۸۰۴	-۱/۸۱۶۹	۰/۷۰۶۹
	آذر	۰/۰۰۴۲۶	۰/۴۱۷۶۹	۱/۰۰۰	-۱/۱۹۶۰	۱/۲۰۴۵
	دی	۰/۶۴۰۰۰	۰/۵۷۴۹۵	۰/۸۷۶	-۱/۰۱۲۲	۲/۲۹۲۲
	اسفند	-۰/۰۷۵۰۰	۰/۶۴۲۸۲	۱/۰۰۰	-۱/۹۲۲۲	۱/۷۷۲۲
اسفند	مهر	-۲/۲۹۵۵۶*	۰/۶۶۳۹۰	۰/۰۰۸	-۴/۲۰۳۳	-۰/۳۸۷۸
	آبان	-۰/۴۸۰۰۰	۰/۶۶۳۹۰	۰/۹۷۹	-۲/۳۸۷۸	۱/۴۲۷۸
	آذر	۰/۰۷۹۲۶	۰/۶۴۹۹۲	۱/۰۰۰	-۱/۷۸۸۳	۱/۹۴۶۹
	دی	۰/۷۱۵۰۰	۰/۷۶۰۵۹	۰/۹۳۶	-۱/۴۷۰۶	۲/۹۰۰۶
	بهمن	۰/۰۷۵۰۰	۰/۶۴۲۸۲	۱/۰۰۰	-۱/۷۷۲۲	۱/۹۲۲۲

*اختلاف میانگین در سطح معنی‌داری ۰/۰۵.

میانگین کلی مقدار رطوبت نسبی در بازه موردمطالعه در کلاس‌های موردبررسی با تفاوتی ناچیز از ۲۷/۳ درصد تا ۲۹/۶ درصد متغیر بوده است که این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبوده است. در ادامه مقادیر رطوبت ماهانه برای هریک از کلاس‌ها نیز موردبررسی قرار گرفت. مطابق شکل (۷) مهر ماه به‌طور مشترک در همه کلاس‌ها کمترین مقدار رطوبت (میانگین ۲۳/۸۴ درصد) و آذر ماه با ۳۱ درصد بالاترین مقدار رطوبت را داشته‌اند.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.7]



شکل (۷). میانگین رطوبت ماهانه

ارزیابی احساس حرارتی

سؤال مربوط به احساس حرارتی درکل ۴۲۹۰ بار توسط دانش‌آموزان در طول سال تحصیلی در پرسش‌نامه طراحی شده به همین منظور پاسخ داده شده است. نتایج مربوط به احساس حرارتی دانش‌آموزان از نظر جهت جغرافیایی کلاس، طبقه‌ای که کلاس در آن قرار دارد، ساعت و ماهی که پرسش‌نامه پاسخ داده شده است، مورد مقایسه قرار گرفتند. جدول (۵) توزیع درصد پاسخ‌ها را به سؤال احساس حرارتی در هفت طیف (خیلی‌گرم، گرم، کمی‌گرم، مناسب، اندکی‌خنک، خنک و سرد) برای کلاس‌های مختلف نشان می‌دهد. بر اساس این جدول بالاترین درصد در بین پاسخ‌ها مربوط به گزینه مناسب بوده است که از ۶۷/۹ درصد در کلاس ۱۵۱ تا ۶۲/۲ درصد در کلاس ۳۷۳ متغیر بوده است. مناسب بودن احساس حرارتی می‌تواند بازخوردی از عملکرد مناسب سیستم گرمایشی و تهویه کلاس‌ها باشد.

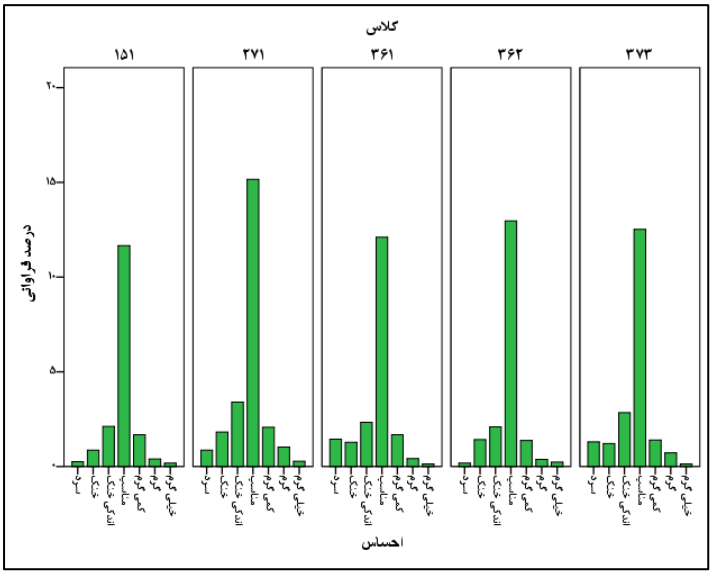
جدول (۵). درصد فراوانی احساس حرارتی به تفکیک کلاس

احساس حرارتی	۱۵۱	۲۷۱	۳۶۱	۳۶۲	۳۷۳
سرد	۱/۵	۲/۷	۷/۴	۷/۵	۶/۵
خنک	۵	۵/۱	۶/۶	۶/۶	۶
اندکی خنک	۱۲/۴	۱۱/۱	۱۲	۱۲	۱۴/۱
مناسب	۶۷/۹	۶۶/۲	۶۲/۳	۶۲/۴	۶۲/۲
کمی گرم	۹/۸	۹/۵	۸/۸	۸/۷	۶/۹
گرم	۲/۳	۴/۱	۲/۲	۲/۲	۳/۹
خیلی گرم	۱/۱	۱/۳	۰/۷	۰/۷	۰/۷

در کل مجموع پاسخ‌های مربوط به احساس حرارتی سرمایشی (کمی‌خنک، خنک و سرد) درصد بالاتری را نسبت به پاسخ‌های مرتبط با احساس حرارتی گرمایشی (کمی‌گرم، گرم و خیلی‌گرم) داشته‌اند که در شکل (۸) نیز نشان داده شده است. با توجه به اینکه همه برداشت‌ها در نیمه اول سال تحصیلی (دوره سرد سال) انجام گرفته است این نتیجه منطقی به نظر می‌رسد.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-04-24]

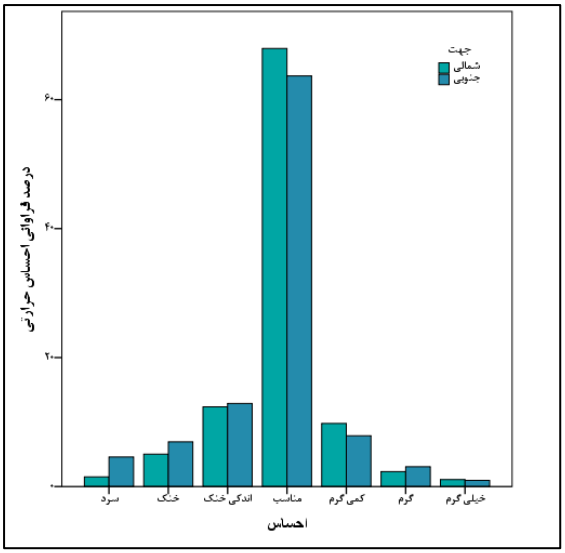
[DOI: 10.61186/jgs.25.78.7]



شکل (۸). درصد فراوانی احساس حرارتی

شکل (۹) شرایط احساس حرارتی ثبت شده را از نظر موقعیت جغرافیایی کلاس (شمالی–جنوبی) نشان می‌دهد بر اساس این شکل احساس حرارتی مرتبط با سرمایش در ضلع شمالی ساختمان کم‌تر بوده است ضمن اینکه درصد بالاتری گزینه مناسب را انتخاب نموده‌اند.

نکته قابل‌توجه اینکه در بین کلاس‌های منتخب فقط کلاس ۱۵۱ در ضلع شمالی قرار داشته است و انتظار بر این بود که در این کلاس شرایط احساس حرارتی سرمایشی غالب باشد اما به نظر می‌رسد عوامل دیگری مانع از این امر شده است به‌عنوان‌مثال موقعیت این کلاس در ساختمان به‌گونه‌ای است که در بین دو کلاس فعال دیگر قرار دارد که موجبات گرمایش دیوارهای جانبی را فراهم آورده است. ضمن اینکه ابعاد پنجره‌ها نیز در این کلاس درصد کمتری از مساحت دیوار را پوشش می‌دهد و تبادل حرارتی را محدود می‌کند. همچنین مساحت این کلاس در مقایسه با سایر کلاس‌های منتخب کمتر بوده لذا از تراکم جمعیتی بیشتری نیز برخوردار است.

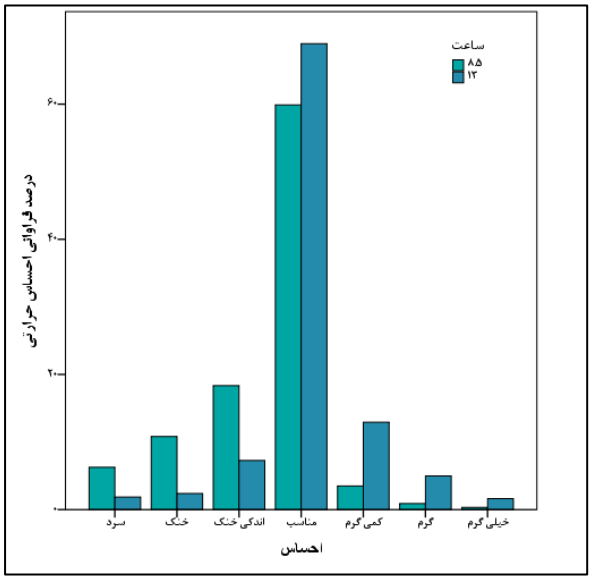


شکل (۹). احساس حرارتی در کلاس‌های شمالی و جنوبی

به نظر می‌رسد کلاس‌هایی همچون ۳۶۱، ۲۷۱ و ۳۷۳ با وجودی که جهت جنوبی دارند اما به دلیل موقعیت قرارگیری در ساختمان آموزشگاه (ضلع شرقی و غربی ساختمان) تبادل حرارتی بالاتری را ایجاد کرده و احساس حرارتی متفاوتی را

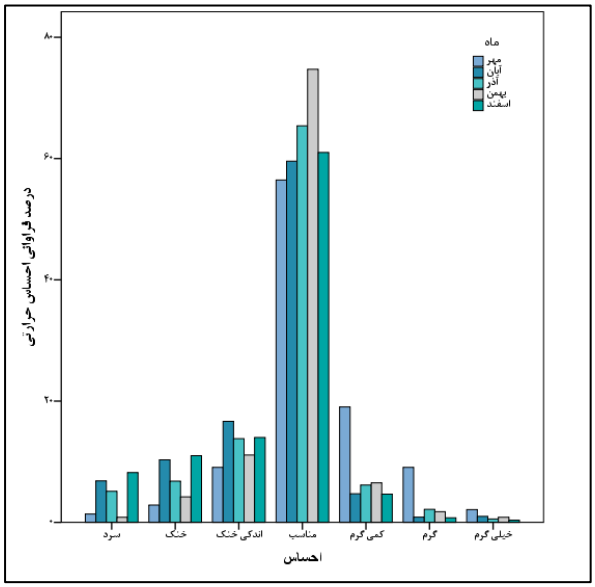
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-04-24]
[DOI: 10.61186/jgs.25.78.7]

باعث شده است. شکل (۱۰) وضعیت پاسخ‌ها به سؤال احساس حرارتی را برای دو ساعت ۸:۳۰ صبح و ۱۳ نشان می‌دهد طبق انتظار درصدهای بالا برای پاسخ‌های مربوط به احساس حرارتی سرمایشی در ساعت ۸:۳۰ متمرکز بوده‌اند و برای ساعت ۱۳ احساس حرارتی گرمایشی غالب بوده است.



شکل (۱۰). درصد فراوانی احساس حرارتی به تفکیک ساعت

درصد فراوانی محاسبه شده برای پاسخ به سؤال احساس حرارتی برای ماه‌های مختلف در شکل (۱۱) نشان داده شده است. گزینه "مناسب" به‌طور مشترک در همه ماه‌ها انتخاب برتر بوده است. بعد از آن در همه ماه‌های موردبررسی به‌جز مهرماه احساس حرارتی مرتبط با سرمایش (اندکی‌خنک، خنک و سرد) غالب بوده است که در نهایت موجب شده است این ماه کمترین درصد فراوانی را در احساس حرارتی "مناسب" داشته باشد. ماه‌های آبان، آذر و دی بیشترین درصد فراوانی برای احساس حرارتی سرمایش را داشته‌اند. با وجود تفاوت قابل‌توجه در دمای محیط بیرون برای ماه‌های مختلف بر اساس داده‌های ایستگاهی، اما همان‌گونه که در مباحث قبل مطرح شد دما و رطوبت داخل کلاس‌ها برای ماه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. حال آنکه در این مبحث از نظر احساس حرارتی بین ماه‌های مختلف تفاوت معنادار آماری($P.value<0.01$) بر اساس آزمون کروسکال والیس وجود داشت.



شکل (۱۱). احساس حرارتی برای ماه‌های مختلف

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.7]

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از ارزیابی داده‌های ثبت شده توسط دستگاه داده بردار در فضای کلاس‌های درس منتخب حاکی از آن است که بیشترین دما و کمترین رطوبت ثبت شده با تفاوت معنی‌داری در تمامی کلاس‌ها به ماه مهر در مقایسه با سایر ماه‌های موردبررسی (آبان الی اسفند) اختصاص دارد. مقایسه ساعتی دمای ثبت شده بیانگر تفاوت معنی‌دار دما در ساعت ۱۳ نسبت به ساعت ۶:۳۰ صبح و ۸:۳۰ صبح می‌باشد (۲۷ درجه در برابر ۲۳ درجه، p-value<0.01). همچنین میزان رطوبت نسبی به‌طور معنی‌داری در ساعت ۸:۳۰ صبح (۳۳/۰۴ درصد) بیشتر از ساعات ۶:۳۰ صبح (۲۷/۷۲ درصد) و ۱۳ (۲۶ درصد) بوده است. حال آنکه اختلاف معنی‌داری از نظر ثبت دما و رطوبت در کلاس‌های منتخب وجود نداشته است. ارزیابی احساس حرارتی دانش‌آموزان نشان داده است که درصد بالایی از پاسخ‌دهندگان با انتخاب گزینه مناسب رضایت خود را در این زمینه مطرح کرده‌اند. بالاترین درصد به کلاس ۱۵۱(ضلع شمالی- طبقه اول (۶۸٪)) و کمترین درصد به کلاس ۳۷۳ (ضلع جنوبی- طبقه همکف (۶۲٪)) اختصاص داشته است اما تفاوت معنی‌داری در این خصوص دیده نمی‌شود. با توجه به مقادیر مطرح‌شده تأثیر عامل جهت جغرافیایی در شرایط دمایی کلاس قابل‌توجه می‌باشد. همچنین طبق انتظار در ساعت ۸:۳۰ صبح احساس حرارتی سرمایشی و در ساعت ۱۳ احساس حرارتی گرمایش غالب بوده است. با وجود تفاوت قابل‌توجه در دمای محیط بیرون برای ماه‌های مختلف بر اساس داده‌های ایستگاهی، دما و رطوبت داخل کلاس‌ها برای ماه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. حال آنکه در این مبحث از نظر احساس حرارتی بین ماه‌های مختلف تفاوت معنادار آماری وجود داشت به عبارتی احساس حرارتی چیزی فراتر از ویژگی‌های فیزیکی (دما و رطوبت) است. این شاخص ضمن اینکه در محیط بیرون از فراسنج‌های آب‌وهوایی به‌صورت ترکیبی تأثیر می‌پذیرد و در فضای داخل کلاس بسیار متأثر از عملکرد سیستم گرمایش- سرمایش است اما به‌صورت قابل‌توجهی نسبت به ویژگی‌های فردی (جنس، سن، وزن، قد، لباس و سطح فعالیت) نیز تغییر نشان می‌دهد.

منابع

امیری آده پاریز؛ تیزقلم زنوزی سعید؛ جاویدی نژاد مهرداد. (۱۴۰۲). اقلیم و انرژی در محیط‌های شهری در جهت کاهش مصرف انرژی، نمونه موردی ساختمان سعادت‌آباد، فصلنامه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۲(۶۹): ۲۳۷-۲۱۷.

انتظاری علیرضا؛ میوانه فاطمه؛ خزایی‌نژاد فروغ، (۱۳۹۹). خورشید، باد و نور (استراتژی‌های طراحی در معماری همساز با اقلیم) مطالعه موردی: شهر یزد، فصلنامه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۰(۵۶): ۲۴۰-۲۲۳.

چهرازی غزاله؛ دهقان نرگس؛ صنایعیان هانیه؛ گندم‌کار امیر. (۱۴۰۰). تعیین محدودهٔ آسایش حرارتی در فضای باز دبستان‌های دخترانهٔ شهر اصفهان. صفه، ۳۱(۳): ۵۸-۴۳.

حیدری، شاهین. (۱۳۹۳). سازگاری حرارتی در معماری نخستین قدم در صرفه‌جویی مصرف انرژی. تهران: موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول.

زارع مهذبیه آیدا؛ حیدری شاهین؛ شاهچراغی آزاده. (۱۳۹۸). بررسی کیفیت محیطی داخلی خانه‌های قاجاری شیراز با تأکید بر آسایش حرارتی و نور روز (نمونه موردی: خانه نعمتی). دوفصلنامه معماری اقلیم گرم و خشک، ۱۰(۷): ۲۹۱-۲۶۹.

فتاحی معصوم آمنه سادات، اکبری امیر، طبسی محسن. (۱۳۹۹). شناسایی تأثیرات عوامل اقلیمی بر معماری مدرسه غیاثیه خرگرد خواف. پژوهشنامه خراسان بزرگ، ۱۰(۳۹): ۵۲-۳۳.

مجیدی زنجانی نسیم، مختاباد امرئی مصطفی، اعتصام ایرج. (۱۴۰۲). توسعه شناخت فضای جغرافیایی از طریق تجربیات معمارانه (نمونه موردی: بررسی شناخت فضایی دانش آموزان دبستانی شهر تهران)، فصلنامه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۳(۶۹): ۳۶۳-۳۷۹.

Benedict, Francis Gano., & Carpenter, Thorne Martin. (2018). The metabolism and energy transformations of healthy man during rest, Sagwan Press, 276.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.7]

Fanger, P. O. (1970). Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering. Danish Technical Press, 244.

Ghermezi, Mitra., Nasrollahi, Farshad. (2019). The Effect of Building Typology on the Reduction of Energy Consumption in Esfahan Schools. Iranian Journal of Energy, 22(2):5-21.

Heracleous, C., & Michael, A. (2020). Thermal comfort models and perception of users in free-running school buildings of East-Mediterranean region. Energy and Buildings, 215: 1-17.

Jungsoo, Kim., de Dear, Richard. (2018). Thermal comfort expectations and adaptive behavioural characteristics of primary and secondary school students. Building and Environment, 127: 13-22.

Kunst, A. E., Groenhof, F., & Mackenbach, J. P. (1994). The association between two windchill indices and daily mortality variation in The Netherlands. American Journal of public health, 84(11): 1738-1742.

Mendell, M. J., & Heath, G. A. (2005). Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. Indoor air, 15(1): 27-52.

Merabtine, A., Maalouf, C., Hawila, A. A. W., Martaj, N., & Polidori, G. (2018). Building energy audit, thermal comfort, and IAQ assessment of a school building: A case study. Building and Environment, 145: 62-76.

Mors, Sander ter., Hensen, Jan L.M., Loomans, Marcel G.L.C., Boerstra, Atze C. (2011). Adaptive thermal comfort in primary school classrooms: Creating and validating PMV-based comfort charts. Building and Environment, 46(12): 2454-2461.

Nasrollahi, Nazanin., Knight, Ian., Jones, Phil. (2007). Surveyed thermal comfort in Iranian offices. Building and Environment, 1(10): 1-10.

Olgay, Victor. (1963). Design with climate. Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism, Princeton University Press, 199.

Papazoglou, Elen., Moustris, Konstantinos P., Nikas, Konstantinos-Stefanos P., Nastos, Panagiotis T., Statharas, John C. (2019). Assessment of human thermal comfort perception in a non-air-conditioned school building in Athens, Greece. Energy Procedia, 157: 1343-1352.

Pourshaghaghy, Alireza., Omidvari, Mehdi. (2012). Examination of thermal comfort in a hospital using PMV–PPD model. Applied ergonomics, 43(6): 1089-1095.

Rodríguez, Carolina M., Coronado, María Camila., & Medina, Juan Manuel. (2021). Thermal comfort in educational buildings: The Classroom-Comfort-Data method applied to schools in Bogotá, Colombia. Building and Environment, 194:1-15.

Teli, Despoina., Bourikas, Leonidas., James, Patrick A.B., Bahaj, Abubakr S. (2017). Thermal performance evaluation of school buildings using a children-based adaptive comfort model. Procedia environmental sciences, 38: 844-851.

Trebilcock, Maureen., Soto-Muñoz, Jaime., Piggot-Navarrete, Jeremy. (2020). Evaluation of thermal comfort standards in office buildings of Chile: Thermal sensation and preference assessment. Building and Environment, 183: 107158.

Trebilcock, Maureen., Soto-Muñoz, Jaime., Yañez, Miguel., Figueroa-San Martin, Rodrigo. (2017). The right to comfort: A field study on adaptive thermal comfort in free-running primary schools in Chile. Building and Environment, 114: 455-469.

Verma, Pratik Kumar., Netam, Nisha. (2020). A case study on thermal comfort analysis of school building. Materials Today: Proceedings, 28: 2501-2504.

Wyon, D. P. (2004). The effects of indoor air quality on performance and productivity. Indoor air, 14: 92-101.

Zomorodian, Zahra Sadat., Aminian, Saeed., Tahbaz, Mansoureh. (2017). Thermal Comfort Assessment in Classrooms in the Hot and Dry Climate of Iran Field Survey in a Primary School of Kashan. *Honar-Ha-Ye-Ziba: Memary Va Shahrsazi*, 21(4): 17-28.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.7]