

# تعیین محدوده آسایش حرارتی در فضای باز دبستان‌های دخترانه شهر اصفهان<sup>۱</sup>

امیر گندمکار<sup>۵</sup>

دانشیار دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف‌آباد

غزاله چهارزی<sup>۲</sup>

نرگس دهقان<sup>۳</sup>

استادیار مرکز تحقیقات افق‌های نوین در معماری و شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف‌آباد

هانیه صنایعیان<sup>۴</sup>

استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران

دریافت: 2 آبان 1399  
پذیرش: 16 فروردین 1400  
(صفحه 43-58)

کلیدواژگان: آسایش حرارتی، شاخص دمای معادل فیزیولوژیک، حیاط مدرسه، شهر اصفهان، دمای خنثی.

## چکیده

فضای باز مدارس از جمله فضاهای مهم آن‌ها و محل فعالیت‌هایی چون بازی و آموزش است و دانش‌آموزان مهارت‌های مهم تحصیلی، محیطی، و اجتماعی را در آن می‌آموزند، بنابراین باید تابع مشخصاتی خاص و پاسخ‌گوی همه نیازهای دانش‌آموزان باشد. اینکه آسایش حرارتی از اساسی‌ترین نیاز دانش‌آموزان برای حضور در حیاط مدارس است، تأمین آن را و ضروری می‌نمایاند. تعیین محدوده آسایش حرارتی امری پیچیده و در فضاهای مشابه، بسته به تنوع افراد، تجربیات، انتظارات، فرهنگ، سن، و جنسیت آن‌ها، متفاوت است. در پژوهش حاضر سعی گردیده تا محدوده آسایش حرارتی و دمای خنثی در فضای باز مدارس پایه ابتدایی دخترانه شهر اصفهان ارزیابی گردد. به این منظور، ابتدا با توجه به پهنه‌بندی اقلیمی شهر اصفهان که شامل سه منطقه گرم و خشک نائین، منطقه معتدل و خشک میمه، و نیمه‌سرد سمت شهرضا می‌شود، سه دبستان دخترانه، هریک در یکی از این مناطق، برای مطالعات میدانی انتخاب گردیدند و سپس متغیرهای اقلیمی دما، رطوبت، سرعت باد با دستگاه دیتالاگر دما و رطوبت و بادسنج جمع‌آوری شدند و به‌طور

1. این پژوهش برگرفته از رساله دکتری معماری نگارنده اول است با عنوان *شناسایی کالبد و هندسه بهینه حیاط دبستان‌های دولتی دخترانه شهر اصفهان باهدف دستیابی به آسایش حرارتی که به راهنمایی نگارندگان دوم و سوم و مشاوره نگارنده چهارم در دانشکده هنر، معماری و شهرسازی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد در حال انجام است.*

2. دانشجوی دکتری معماری، مرکز تحقیقات افق‌های نوین در معماری و شهرسازی، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی  
Gh.chehrizi@gmail.com  
3. نویسنده مسئول  
dehghan@par.iaun.ac.ir  
4. sanayeyan@iust.ac.ir  
5. aagandomkar@iaun.ac.ir

هم‌زمان 500 دانش‌آموز در حیاط این مدارس پرسش‌نامه‌ای را در این خصوص تکمیل کردند. در مرحله دوم، به کمک نرم‌افزار ریمن شاخص حرارتی دمای معادل فیزیولوژیک تعیین و با استفاده از نرم‌افزار آماری و نمودار رگرسیون خطی، محدوده آسایش حرارتی و دمای خنثی برای فضای باز مورد استفاده دختران 7 تا 13 ساله شهر اصفهان تعیین گشت. بر اساس نتایج دمای خنثی  $17.4^{\circ}\text{C}$  و محدوده آسایش حرارتی بر مبنای دمای معادل فیزیولوژیک  $13.6^{\circ}\text{C}$  -  $22^{\circ}\text{C}$  تعیین شد که با استانداردهای اشری و ایزو 7730 و حتی مطالعات پیشین آسایش حرارتی در شهر اصفهان تفاوت دارد و این اهمیت مطالعه بیشتر در مورد آسایش حرارتی گروه‌های سنی و جنسیتی متفاوت در شهرهای مختلف ایران را می‌رساند. دمای خنثی حاکی از سازگاری بیشتر جمعیت مورد مطالعه با شرایط سرد است.

## مقدمه

مدارس ساختمان‌هایی هستند که کودکان در آن به بزرگسالان باهوش و مسئولیت‌پذیر تبدیل می‌شوند. از آنجاکه کودکان بیشتر روز

### پرسش‌های تحقیق

1. محدوده آسایش حرارتی فضای باز مدارس ابتدایی دختران شهر اصفهان در طول یک سال تحصیلی چیست؟
2. کدامیک از عوامل اثرگذار بر آسایش حرارتی بیشترین تأثیر را بر ادراک حرارتی دختران 7 تا 13 ساله شهر اصفهان دارد؟
3. دمای خنثی فضای باز مدارس ابتدایی دختران شهر اصفهان در طول یک سال تحصیلی چیست؟

خود را در مدرسه می‌گذرانند، فراهم کردن محیط یادگیری سالم و راحت برای آن‌ها ضروری است.<sup>6</sup>

تصور غالب موجود از مدرسه تنها کلاس‌های درس است که در کامل‌ترین صورت با سالن‌های اجتماعات، آزمایشگاه، و ورزشگاه تلفیق شده است. با این تصور فضای باز اطراف شامل حیاط و یا باغچه را عموماً نادیده می‌انگارند و همه توجه معطوف به فضای درونی می‌شود، بنابراین سرمایه ارزشمند پنهان در آن بالقوه باقی می‌ماند.<sup>7</sup>

امروزه در طراحی مدارس تمرکز بر شرایط آسایش فیزیکی، بصری، و شنیداری مورد نیاز برای یادگیری و همچنین کاهش مصرف انرژی ساختمان مدرسه است و توجه کمی به فضاهای باز در محوطه مدرسه — که حدود 25٪ از زمان کودکان صرف آن می‌شود — شده است. فضای باز مدارس می‌تواند با عنوان «کلاس فضای باز» استفاده شوند؛ زیرا در این محدوده فضایی برای فعالیت‌هایی چون بازی و آموزش بچه‌ها فراهم می‌شود که در آن دانش‌آموزان می‌توانند مهارت‌های اساسی تحصیلی، محیطی، و اجتماعی را بیاموزند؛ بنابراین حیاط مدارس از جمله فضاهای مهم در مدارس به‌شمار می‌رود که هم باید عملکردی آموزشی داشته باشد و هم مکانی مناسب برای تفریح و استراحت دانش‌آموزان به‌شمار آید. برای دستیابی به چنین هدفی حیاط مدارس باید تابع مشخصات خاصی باشد و شرایط آسایش در آن‌ها فراهم شود تا رضایت دانش‌آموزان از محیط حاصل گردد. در مطالعه عظمتی و همکارانش در سال 1391 پنج عامل برای رضایت دانش‌آموزان از محیط مدرسه شناسایی گردید: آسایش کالبدی، ادراک محیطی، امنیت روانی، جذابیت محیطی، و احساس تعلق؛ آسایش کالبدی از نظر دانش‌آموزان بعد از جذابیت محیطی مهم‌ترین عامل به‌شمار می‌رود و آسایش حرارتی و رضایت دانش‌آموزان از دما و شرایط اقلیمی را شامل می‌شود.<sup>8</sup>

[به‌طور کلی] کیفیت استفاده از فضاهای عمومی شهری به جنبه‌های گوناگونی وابسته است که در میان آن‌ها، آسایش حرارتی عاملی بااهمیتی شناخته شده است؛ فضای عمومی، که نتواند شرایط آسایش را فراهم آورد، کمتر استفاده و حتی از آن اجتناب می‌شود.<sup>9</sup>

بنابراین، برای بهره‌برداری بهینه از حیاط فضاهای آموزشی، تأمین آسایش حرارتی کاربران این فضاها لازم است.

در این میان مقطع ابتدایی از حساسیت بیشتری برخوردار است. بنابر

6. A. Zhang, et al, "An Integrated School and Schoolyard Design Method for Summer Thermal Comfort and Energy Efficiency in Northern China", p. 1.

7. محسن فیضی و سینا رزاقی اصل، «مروری بر نظریات و گرایش‌های معماری منظر حیاط باز مدارس»، ص 59.

8. حمیدرضا عظمتی و دیگران، «عوامل محیطی مؤثر بر رضایتمندی دانش‌آموزان از فضاهای آموزشی»، ص 40.

9. نرگس احمدپور کله‌رودی و دیگران، «نقش و تأثیر عناصر طراحی در کیفیت آسایش حرارتی فضاهای باز شهری؛ بررسی موردی: طراحی پیاده‌راه طمقچی‌ها در کاشان»، ص 60.

توسط نیکول و هم فریز نشان‌دهنده این موضوع است که محدوده شرایط قابل قبول از نظر آسایش حرارتی بیشتر از بازه پیش‌بینی شده توسط استانداردهاست.<sup>15</sup>

بنابراین نکته اساسی این است که هر یک از شاخص‌های زیست‌اقلیمی در یک شرایط جغرافیایی خاص و برای یک اجتماع مشخص با رفتارهای منحصر به فرد طراحی و مدل‌سازی شده است و استفاده مستقیم از این شاخص‌ها برای اقلیم‌ها و مکان‌های جغرافیایی متفاوت نتایج نامشخصی را در پی دارد.<sup>16</sup>

به‌طور خاص، اکثر شاخص‌های زیست‌اقلیمی طراحی شده مربوط به اروپا و ایالات متحده است که ویژگی‌های منطقه‌ای آن‌ها، عمدتاً از نظر آب‌وهوا، با ویژگی‌های خاورمیانه که ایران در آن قرار دارد متفاوت است. بنابراین، ترکیب عوامل اقلیمی و جغرافیایی برای هر منطقه خاص منجر به درک متفاوت شرایط آسایش حرارتی برای افراد آن جامعه خواهد شد. بنابراین ارزیابی شرایط آسایش می‌تواند متفاوت از احساس راحتی افراد در مناطق دیگر باشد. مطالعات علمی دقیق نیاز به ارزیابی مؤلفه حرارتی یک محیط شهری و استفاده از شاخص‌های آسایش حرارتی به‌روزر شده دارد. دقیق‌ترین روش، برای کالیبراسیون شاخص‌های آسایش حرارتی برای جمعیت محلی، استفاده از پرسش‌نامه با اندازه‌گیری هم‌زمان پارامترهای خرد اقلیم است. فرایند کالیبراسیون شاخص‌ها منجر به پیش‌بینی احساس حرارتی از طریق تعیین محدوده آسایش حرارتی می‌گردد.<sup>17</sup>

بر این اساس در پژوهش حاضر سعی می‌شود، با توجه به اهمیت آسایش حرارتی در فضای باز مدارس، محدوده آسایش حرارتی بر اساس شاخص دمای معادل فیزیولوژیک و دمای خنثی فضای باز مدارس ابتدایی دخترانه شهر اصفهان تعیین گردد تا در طراحی‌های معماری و شهرسازی اقلیمی معیار مناسبی برای تأمین آسایش حرارتی این قشر خاص باشد؛ چراکه برای طراحی اقلیمی مدارس، به‌صورتی کارآمد و دقیق و مطابق با استانداردها

تحقیقات اخیر دمای آسایش کودکان نسبت به بزرگسالان را پایین‌تر نشان می‌دهد. صرف‌نظر از اقلیم و مکان جغرافیایی، کودکان نسبت به بزرگسالان به دمای بالا حساس‌ترند، تفاوت‌های جسمی و روانی کودکان و بزرگسالان مبین قاعده‌ها و احساس حرارتی متفاوت آن‌هاست.<sup>10</sup>

بچه‌ها به‌ویژه در مقاطع ابتدایی، به دلیل نسبت بیشتر سطح پوست به توده بدن و میزان کمتر تعرق و توان کمترشان در سازگاری با آب‌وهوای محیط، بیشتر در معرض بیماری‌های ناشی از گرما هستند.<sup>11</sup>

بنابراین تأمین آسایش حرارتی در فضای باز دبستان‌ها امری ضروری است.

حیاط نقش مهمی در طراحی فضاهای آموزشی دارد، با این حال راهکارهای کافی برای افزایش آسایش حرارتی حیاط در اقلیم‌های مختلف ایران وجود ندارد. طراحی یکنواخت حیاط در آب‌وهوای متنوع ایران از نظر آسایش حرارتی مشکلات زیادی را به‌وجود آورده است. فقدان آگاهی کافی از خصوصیات حرارتی حیاط‌ها دلیل اصلی بروز این مشکل است.<sup>12</sup>

هندسه حیاط نقش مهمی در عملکرد حرارتی آن دارد. نسبت‌های ارتفاع به طول و عرض، شکل، هندسه، اندازه، مساحت، تعداد طبقات، جهت‌گیری، و استفاده از عناصر طبیعی با عملکردی چون ایجاد سایه از جمله عواملی است که تأثیر بسزایی در طراحی بهینه حیاط دارد.<sup>13</sup>

عوامل دیگر مؤثر در آسایش حرارتی فضای باز به مشخصات فردی مانند سن و جنسیت و فاکتورهای فیزیولوژیکی و روانی شامل تجربیات پیشین، انتظارات، توانایی سازگاری، سلامتی، و همچنین جنبه‌های رفتاری مانند نوع پوشش، میزان فعالیت، و مدت‌زمان حضور در فضای باز مربوط می‌گردد.<sup>14</sup>

استانداردهای مختلفی از جمله استاندارد ایزو 7730 و اشری 55 در جهت تعیین دمای آسایش تعریف شده‌اند، با این حال مطالعات میدانی در نقاط مختلف جهان بر اساس تئوری سازگاری ارائه‌شده

10. D. Teli, et al, "Thermal Performance Evaluation of School Buildings Using a Children-Based Adaptive Comfort Model", p. 845.

11. Zhang, et al, ibid, p. 2.

12. M. Ojaghlou & M. Khakzand, "Comparative Study of Form and Features of Courtyards in Terms of Outdoor Thermal Comfort in Two Contrasting Climates of Iran", p. 117.

13. R. Hasehzadeh Haseh, et al, "Optimal Thermal Characteristics of the Courtyard in the Hot and Arid Climate of Isfahan", p. 2.

14. F. Canan, et al, "Outdoor Thermal Comfort Conditions During Summer in a Cold Semi-Arid Climate. A Transversal Field Survey in Central Anatolia (Turkey)", p. 212.

15. لیلی‌السادات هاشمی رفسنجانی و شاهین حیدری، «ارزیابی آسایش حرارتی تطبیقی در خانه‌های مسکونی اقلیم گرم و خشک؛ مطالعه موردی: استان کرمان»، ص 45.

16. G. Roshan, et al, "Estimate of Outdoor Thermal Comfort Zones for Different Climatic Regions of Iran", p. 8.

17. Ibid, p. 9.



جدول 1. چکیده‌ای از مطالعات پیشین، تدوین: نگارندگان.

و روش‌های مطرح دنیا، نیاز به تعیین دقیق محدوده آسایش حرارتی کاربران مدارس است تا به کمک نرم‌افزارهای انرژی همچون انویمت، دیزاین بیلدر، و... بتوان عملکرد حرارتی بناهای طراحی شده با ویژگی‌های کالبدی و هندسی متفاوت را بررسی و بهینه‌ترین طرح را پیشنهاد کرد.

## ۱. پیشینه پژوهش

شروع پژوهش‌های آسایش حرارتی تطبیقی را می‌توان از زمانی دانست که هیمفریز نتایج ناشی از استانداردهای آسایش حرارتی را زیر سؤال برد. او با چنین نظری، محدوده آسایش حرارتی را متغیر و بازه آن را به مراتب بزرگتر از استانداردهای رایج بیان کرد. در مطالعات میدانی، افراد در دنیای واقعی و بدون تغییر شرایط محیطی مورد پرسش قرار می‌گیرند. در زمان تکمیل پرسش‌نامه‌ها متغیرهای آب‌وهوایی هم‌زمان اندازه‌گیری می‌شوند.<sup>18</sup> از این رو به مطالعات میدانی برای تعیین دمای خنثی و محدوده آسایش حرارتی توجه شد.

اکثر پژوهش‌های آسایش حرارتی تطبیقی مربوط به فضای داخلی است.<sup>19</sup> حال آنکه، در دو دهه اخیر توجه به آسایش حرارتی در فضای باز به‌منزله لازم حضور و سلامت افراد در محیط‌های شهری افزایش یافته و پژوهش‌هایی در این زمینه صورت گرفته است (جدول 1).

در دسته‌ای از این پژوهش‌ها، با مطالعات میدانی، محدوده آسایش حرارتی گروه‌های مختلف در فضاهای باز تعیین شده است:

- فاطمه‌السادات مجیدی و همکاران در پژوهشی به تحلیل آسایش حرارتی در فضای باز چهار محله علی‌قلی‌آقا، جلفا، مرداوینج، و دشتستان در شهر اصفهان، با استفاده از سه شاخصه حرارتی دمای مؤثر استاندارد و پیش‌بینی متوسط نظر دمای معادل فیزیولوژیک در فصل زمستان و تابستان، پرداختند. بر اساس نتایج آن پژوهش در برخی موارد برداشته‌های میدانی با نتایج محاسبه شاخصه‌های حرارتی متفاوت است و شاخصه دمای مؤثر استاندارد تطابق بیشتر و اختلاف کمتری با شرایط واقعی و اعتبار بیشتری نسبت به دو شاخصه دیگر در فضای باز محلات شهر اصفهان دارد.<sup>20</sup>

- پرهام بقایی و همکارانش در مقاله‌ای با جمع‌آوری پرسش‌نامه و اندازه‌گیری هم‌زمان متغیرهای محیطی، احساس حرارتی کاربران

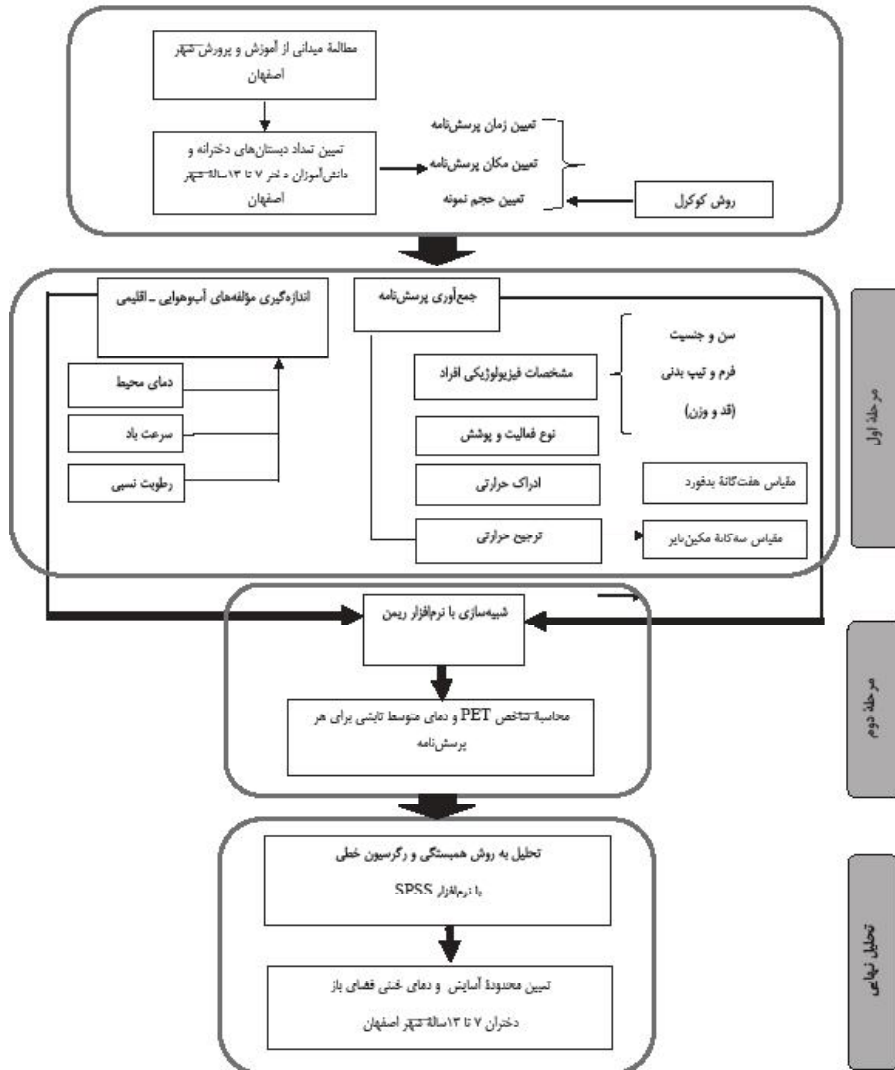
منبع مطالعه	مکان و اقلیم	یافته‌ها
Cheng, & Brown, "An Energy Budget Model for Estimating the Thermal Comfort of Children".	تگزاس گرم و خشک	ارائه یک مدل حرارتی برای پیش‌بینی آسایش حرارتی فضای باز کودکان برای برآورد آسایش حرارتی کودکان در محیط‌های بیرونی.
Canan, et al, "Outdoor Thermal Comfort Conditions During Summer in a Cold Semi-Arid Climate".	آناتولی سرد و خشک	محدوده دمای معادل فیزیولوژیک 21/6-32 درجه سانتی‌گراد، محدوده آسایش در طول تابستان آناتولی مرکزی و دمای معادل فیزیولوژیک 26/8 به‌منزله شاخص حرارتی خنثی نمونه مورد مطالعه معرفی گردید که متفاوت با استانداردهای بین‌المللی است.
Kenawy & Elkadi, "The Outdoor Thermal Benchmarks in Melbourne Urban Climate".	ملبورن اقیانوسی	محدوده آسایش حرارتی فضای باز ملبورن بر اساس شاخص دمای معادل فیزیولوژیک بین 20 تا 23 درجه سانتی‌گراد و دمای خنثی 20/4 درجه سانتی‌گراد تعیین گردید و مهم‌ترین عامل در احساس حرارتی در فضای باز دمای محیط شناخته شد.
Lin, et al, "Shading Effect on Long-Term Outdoor Thermal Comfort".	تایوان گرم و مرطوب	تعیین محدوده آسایش حرارتی فضای باز مردم تایوان بر مبنای شاخص حرارتی دمای معادل فیزیولوژیک (26 تا 30 درجه) که بسیار بالاتر از محدوده تعیین‌شده برای کشورهای اروپایی (18 تا 23 درجه) است.
بقایی و دیگران، «محدوده آسایش حرارتی در فضای باز مسکونی سنتی شهر یزد».	یزد گرم و خشک	تعیین محدوده آسایش حرارتی در حیاط خانه‌های یزد و مشاهده تفاوت محدوده آسایش حرارتی ساکنان شهر یزد با گردشگران.
مجیدی و دیگران، «ارزیابی و تحلیل وضعیت آسایش حرارتی فضای باز محلات مسکونی با استفاده از شاخصه‌های حرارتی».	اصفهان گرم و خشک	شاخصه دمای مؤثر استاندارد تطابق بیشتر و اختلاف کمتری با شرایط واقعی و اعتبار بیشتری نسبت به دو شاخصه دمای معادل فیزیولوژیک و پیش‌بینی متوسط نظر برای تعیین آسایش حرارتی در فضای باز محلات شهر اصفهان دارد.
مجیدی و دیگران، «ارزیابی و مقایسه آسایش حرارتی در محلات مسکونی شهر اصفهان».	اصفهان گرم و خشک	ساختار و بافت محل سکونت و شرایط اقتصادی، فرهنگی، و اجتماعی ساکنان بر احساس حرارتی تأثیر بسزایی دارد.
صمدپور شهرک و طاهباز، «بازنگری فضای باز مدارس در اقلیم سرد».	تبریز سرد و خشک	جهت‌گیری و کشیدگی بنا، نحوه استقرار فضای باز و بسته، فرم حیاط و نوع تقسیم‌بندی فضای باز، محصوریت، تناسبات، ابعاد و شکل حیاط، جنس مصالح کف و چدارها، و میزان و نوع پوشش گیاهی و حضور آب عوامل تأثیرگذار بر آسایش حرارتی در حیاط مدارس شناخته شدند.
Nasrollahi, et al, "Development of Outdoor Thermal Comfort Model for Tourists in Urban Historical Areas".	اصفهان گرم و خشک	مشاهده تفاوت میان نتایج محدوده آسایش حرارتی با شبیه‌سازی با نرم‌افزار انویمت و مطالعات میدانی که نشان از تأثیر مسائل روان‌شناسی بر احساس حرارتی کاربران فضاهای باز است.
مجیدی و دیگران، «تفاوت فصلی حدود آسایش حرارتی در محلات قدیم و جدید شهر اصفهان».	اصفهان گرم و خشک	محلات قدیمی و جدید اصفهان از نظر آسایش حرارتی تفاوت دارند.

تعیین محدوده آسایش حرارتی در فضای باز

عوامل مؤثر بر احساس حرارتی کاربران در فضای باز

- در پژوهش مشابه دیگری نازنین نصراللهی و همکارانش علاوه بر مطالعات و مشاهدات میدانی روش‌های پیشین، آسایش حرارتی کاربران را با نرم‌افزار انویمت ارزیابی کرده‌اند. بر اساس نتایج، علاوه بر تعیین محدوده آسایش حرارتی در شش مکان تاریخی در شهر اصفهان، تفاوت‌هایی میان نتایج محدوده آسایش حرارتی شبیه‌سازی نرم‌افزار انویمت و تحلیل پرسش‌نامه‌ها و مطالعات

ت ۱. مراحل پژوهش، تدوین: نگارندگان.



حیاط‌های خانه‌های سنتی یزد را بررسی و محدوده آسایش حرارتی فضای باز شهر یزد را تعیین کردند.<sup>21</sup>

- ون ون چنگ و رابرت دی بروان در پژوهشی، با توجه به تفاوت ادراک حرارتی کودکان و بزرگسالان، یک مدل حرارتی بر اساس بیلان انرژی کودکان برای پیش‌بینی آسایش حرارتی کودکان عرضه کردند. بر اساس نتایج این پژوهش ادراک حرارتی کودکان با بزرگسالان متفاوت است و مدل یادشده با دقت ۹۳/۲۶٪ می‌تواند برای برآورد آسایش حرارتی کودکان در محیط‌های بیرونی به‌منزله یک ابزار مؤثر برای کمک به طراحان در درک کلی از چگونگی تأثیر حرارتی محیط بر کودکان و سلامت آن‌ها و طراحی اقلیمی عمل کند.<sup>22</sup>

- فائیس کائن و همکارانش در پژوهشی به بررسی و تعیین محدوده آسایش حرارتی فضای باز آناتولی مرکزی در فصل تابستان پرداختند. مطالعات از نوع میدانی و با جمع‌آوری هم‌زمان 300 پرسش‌نامه و اندازه‌گیری داده‌های اقلیمی محیط صورت گرفت. بر اساس نتایج این تحقیق، محدوده دمای معادل فیزیولوژیک ۲۱/۶-۳۲ درجه سانتی‌گراد برای محدوده آسایش در طول تابستان آناتولی مرکزی تعیین و دمای معادل فیزیولوژیک ۲۶/۸ درجه شاخص حرارتی خنثی در نمونه مورد مطالعه معرفی گردید.<sup>23</sup>

- اینجی کناوی و هیشام الکادی در مقاله‌ای تأثیر عوامل اقلیمی بر آسایش حرارتی و محدوده آسایش حرارتی در دو فضای شهری در ملبورن استرالیا را بررسی کردند. برای دستیابی به هدف، داده‌های اقلیمی به‌صورت میدانی در دو فصل تابستان و بهار جمع‌آوری و به‌طور هم‌زمان احساس حرارتی 2123 داوطلب به کمک پرسش‌نامه ثبت گردید. بر اساس نتایج، محدوده آسایش حرارتی بر اساس شاخص حرارتی دمای معادل فیزیولوژیک<sup>24</sup> بین 20 تا 23 درجه سانتی‌گراد و دمای خنثی ۲۰/۴ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید و مهم‌ترین عامل در احساس حرارتی در فضای باز دمای محیط شناخته شد.<sup>25</sup>

18. نک: شاهین حیدری، سازگاری حرارتی در معماری: نخستین قدم در صرفهجویی مصرف انرژی. نک: لیلی السادات هاشمی رفسنجانی و شاهین حیدری، «ارزیابی آسایش حرارتی تطبیقی در خانه‌های مسکونی اقلیم گرم و خشک مطالعه موردی استان کرمان»: زهراسادات زمردیان و دیگران، «ارزیابی آسایش حرارتی در کلاس درس در اقلیم گرم و خشک؛ مطالعات میدانی: دبستان دخترانه در شهر کاشان»؛ مریم انصاری‌منش و نازنین نصراللهی، «تعیین محدوده آسایش حرارتی ساکنان

ت 2. (راست) نمودار اقلیمی رژیم فصلی دما در ایستگاه اصفهان 1951-2015، ماخذ: اداره کل هواشناسی استان اصفهان، نمایه اقلیمی اصفهان، ص 20. ت 3. (چپ) نمودار اقلیمی میانگین ماهانه درصد رطوبت نسبی در ایستگاه اصفهان از 1951 تا 2015، ماخذ: همان، ص 24.

میدانی مشاهده شد که نشان از تأثیر مسائل روان‌شناسی بر احساس حرارتی کاربران فضاهای باز دارد.<sup>26</sup>

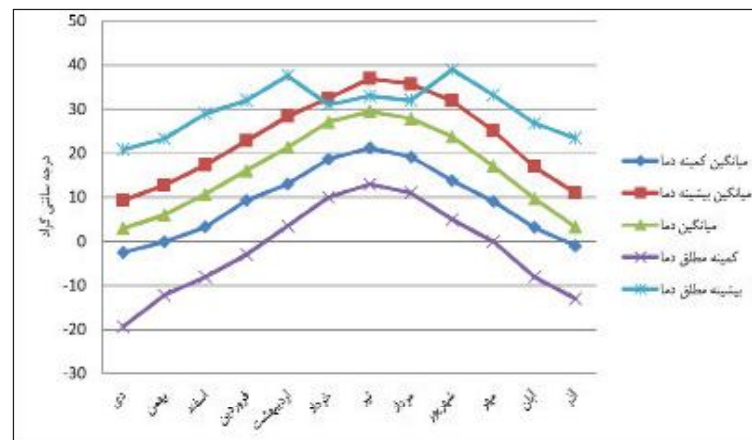
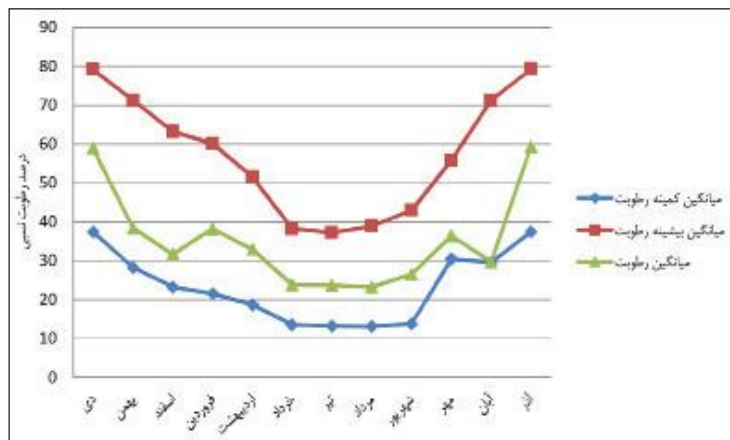
- لین و همکارانش در پژوهشی، برای تعیین محدوده آسایش حرارتی فضای باز مردم تایوان، عدد احساس حرارتی مردم و به‌طور هم‌زمان مؤلفه‌های اقلیمی مکان‌های مورد پژوهش را جمع‌آوری و به کمک نرم‌افزار ریمن، دمای متوسط تابشی و دمای معادل فیزیولوژیک را تعیین کردند، بر اساس نتایج تحقیق آن‌ها، شاخص حرارتی دمای معادل فیزیولوژیک بین 26 تا 30 درجه سانتی‌گراد محدوده آسایش فضای باز تایوان را نشان می‌دهد که بسیار بالاتر از محدوده تعیین‌شده برای کشورهای غربی و مرکزی اروپایی یعنی 18 تا 23 درجه است.<sup>27</sup> در دسته دیگر از پژوهش‌های انجام‌شده به بررسی عوامل تأثیرگذار بر آسایش و ادراک حرارتی کاربران فضای باز پرداخته شده است.

- فاطمه‌السادات مجیدی و همکاران در دو مقاله به بررسی و مقایسه آسایش حرارتی در چهار محله اصفهان پرداختند. بر اساس نتایج این تحقیق، محدوده آسایش حرارتی در محلات اصفهان متفاوت بود که نشان از تأثیر ساختار و بافت محل سکونت و شرایط اقتصادی، فرهنگی، و اجتماعی ساکنان بر احساس حرارتی آن‌ها دارد.<sup>28</sup>

- مهسا صمدپور شهرک و منصوره طاهباز در مقاله‌ای با تحلیل و

بررسی شرایط اقلیمی شهر تبریز و تحلیل اقلیمی حیاط 7 مدرسه در این شهر، راهکارهایی برای طراحی اقلیمی حیاط مدارس شهر یادشده بیان کرده‌اند. جهت‌گیری و کشیدگی بنا، نحوه استقرار فضای باز و بسته، فرم حیاط و نوع تقسیم‌بندی فضای باز، محصوریت، تناسبات، ابعاد و شکل حیاط، جنس مصالح کف و جدارها، و میزان و نوع پوشش گیاهی و حضور آب عوامل تأثیرگذار بر آسایش حرارتی در حیاط مدارس شناخته شدند.<sup>29</sup>

بر اساس نتایج پژوهش‌های صورت‌گرفته، لزوم مطالعات دقیق میدانی آسایش حرارتی برای افراد مختلف، با توجه به پیچیدگی مقوله آسایش و ادراک حرارتی، مشخص است، تأمین آسایش حرارتی در فضای باز هم موجب کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها می‌گردد و هم حضور مفید کاربران در فضاهای باز را به‌منزله مکمل فضای بسته معماری ممکن می‌کند. با توجه به اهمیت و نقش اساسی فضای باز مدارس در رشد و ارتقای دانش‌آموزان، ایجاد شرایط حرارتی مناسب به منظور افزایش حضور آنان در حیاط مدارس اهمیت دارد. در ایران مقوله آسایش حرارتی در حیاط مدارس تاکنون بررسی نشده است، بنابراین در پژوهش حاضر سعی بر این است تا با مطالعات میدانی دقیق محدوده آسایش حرارتی فضای باز دبستان‌های دخترانه شهر اصفهان تعیین گردد.



به منظور بهینه‌سازی کیفیت محیط داخل در ساختمان‌های اداری کرمانشاه».

20. فاطمه‌السادات مجیدی و همکاران، «ارزیابی و تحلیل وضعیت آسایش حرارتی فضای باز محلات مسکونی با استفاده از شاخص‌های حرارتی؛ نمونه موردی: محلات منتخب شهر اصفهان».

21. پرهام بقایی همکاران، «محدوده آسایش حرارتی در فضای باز مسکونی سنتی شهر یزد».

22. W. Cheng & Robert D. Brown, "An Energy Budget Model for Estimating the Thermal Comfort of Children".

23. Fatih Canan, et al, "Outdoor thermal comfort conditions during summer in a cold semi-arid climate. A transversal field survey in Central Anatolia (Turkey)".

24. PET: Physiological Equivalent Temperature

ت 4. (پایین، چپ) تقسیمات اقلیمی استان اصفهان، مأخذ: معاونت برنامه‌ریزی، پژوهش و فناوری اطلاعات شهرداری اصفهان، اطلس کلان‌شهر اصفهان، ص 47.

ت 5. (پایین، راست) تقسیمات اقلیمی شهر اصفهان، مأخذ نقشه:

www.googlemaps.com

تدوین: نگارندگان.

است که این امر ناشی از عواملی مانند فرهنگ، شرایط اجتماعی، روان‌شناختی، و سازگاری رفتاری است.<sup>34</sup>

بر اساس مطالعات حیدری و همکاران در سال 1392، شاخص دمای معادل فیزیولوژیک شاخصی دقیق‌تر است و با واقعیت‌های اقلیمی تطابق بیشتری دارد و شاخص مناسب‌تری برای ارزیابی آسایش حرارتی فضای باز است. بنابراین در پژوهش حاضر نیز از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک استفاده شده است.

## ۲. روش تحقیق و محدودیت‌ها

### ۱.۲. روش تحقیق

پژوهش حاضر از نوع کمی-کیفی و دومرحله‌ای است. مرحله نخست اختصاص به تکمیل پرسش‌نامه و جمع‌آوری داده‌ها به صورت میدانی دارد و شامل برداشت اطلاعات آب‌وهوایی (دما، رطوبت نسبی، و سرعت باد) در مکان‌های مورد مطالعه و ارزیابی هم‌زمان احساس حرارتی و همچنین نوع فعالیت و پوشش دانش‌آموزان است. در مرحله دوم، با استفاده از نرم‌افزار ریمن، شاخص آسایش حرارتی برای هر پرسش‌نامه تعیین و در نهایت به کمک تحلیل همبستگی و نمودار رگرسیون خطی نتایج پژوهش

در بیشتر پژوهش‌های آسایش حرارتی فضای باز سال‌های اخیر از دو شاخص دمای معادل فیزیولوژیک و پیش‌بینی متوسط نظر<sup>30</sup> استفاده شده است. دمای معادل فیزیولوژیک برابر دمای هوایی است که در آن بیلان حرارتی بدن انسان در شرایط فضای داخلی مفروض با شرایط پوست در دمای بیرونی در تعادل باشد. به عبارت دیگر به کمک این دما فرد قادر به مقایسه تأثیر کامل مجموعه شرایط حرارتی بیرون با تجربه شخصی خود از دماست.<sup>31</sup> این شاخص در شرایط مختلف اقلیمی در فضای باز شهری در پژوهش‌های که به منظور اعتبار سنجی آن صورت گرفته است، رابطه حداکثری را با احساس آسایش حرارتی نشان داده است.<sup>32</sup> پیش‌بینی متوسط نظر در سال 1972 از سوی فانگر به منظور تعیین شاخص ارزیابی میزان آسایش حرارتی برای افرادی با فعالیت‌های فیزیکی متنوع و پوشش مختلف لباس در فضای داخلی عرضه شد. جندرتزکی و نوبلر<sup>33</sup> در سال 1981 برای ارزیابی فضای باز با استفاده از این شاخص، تابش‌های محیطی را به آن اضافه و الگویی به نام «کلیما مایکل» را معرفی کردند. نتایج پژوهش اعتبارسنجی این شاخص در فضای باز نشان داد که میزان «احساس حرارت» کمتر از «پیش‌بینی متوسط نظر»



۱. سرد و کوهستانی و پربارش فریدون‌شهر
۲. نیمه‌سرد و نیمه‌خشک فرین
۳. نیمه‌سرد و پربارش سمیرم
۴. نیمه‌سرد و خشک شهرضا
۵. معتدل و خشک اصفهان میمه
۶. نسبتاً گرم و خشک گاوخونی
۷. گرم و فراخشک نائین
۸. گرم و خشک کاشان
۹. گرم و فراخشک کویر
۱۰. بسیار گرم و فراخشک خور



25. I. Kenawy & Hisham Elkadi, "The Outdoor Thermal Benchmarks in Melbourne Urban

جدول 2. مشخصات مدارس مورد بررسی، مأخذ نقشه: [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com)، مأخذ عکس‌ها: همان، تدوین: نگارندگان.

شامل رابطه متغیرها و همچنین محدوده آسایش حرارتی و دمای خنثی در فضای باز مورد استفاده دانش‌آموزان 7 تا 13 ساله شهر اصفهان مشخص گردید (ت 1).

### ۲.۲. محدودیت‌های تحقیق

1. فقدان درک صحیح کودکان مقاطع پایین از احساس حرارتی‌شان؛
2. فقدان تمایل در بین مسئولان مدارس به حضور دانش‌آموزان در حیات در روزهای سرد پاییز و زمستان؛
3. هزینه دستگاه‌های سنجش پارامترهای محیطی.

### ۳. قلمروی مکانی پژوهش

شهر اصفهان مکان انتخابی پژوهش حاضر است (ت 2 و 3). اصفهان در طول جغرافیایی 51 درجه و 39 دقیقه و 40 ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی 32 درجه و 38 دقیقه و 30 ثانیه شمالی در مرکز کشور ایران قرار دارد.<sup>35</sup>

شهر اصفهان بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دوما رتن دارای اقلیم فراهشک سرد است. بر اساس بررسی‌های بلندمدت آماری (1951-2015)، میانگین سالانه دمای ایستگاه اصفهان 16/4 درجه سانتی‌گراد (درجه سلسیوس) است. میانگین دما در سردترین ماه سال ژانویه 3 درجه سانتی‌گراد و در گرم‌ترین ماه سال یعنی جولای ۲۹/۵ درجه سانتی‌گراد است. میانگین سالانه سرعت بادهای غالب در اصفهان تقریباً ۲/۵ متر بر ثانیه است. در ایستگاه اصفهان جهت وزش بادهای غالب در طول سال غربی است. همچنین جهت وزش بادهای غالب در تمامی فصول سال به‌غیر از تابستان غربی و در فصل تابستان شرقی است. میانگین ماهانه رطوبت نسبی هوا طبق آمار بلندمدت (1951-2015) در ایستگاه اصفهان ۳۸/۷ درصد است. میانگین حداقل رطوبت نسبی تقریباً 23 درصد و میانگین حداکثر آن ۵۷/۶ درصد است.<sup>36</sup>

در اصفهان، در ماه‌های اردیبهشت و خرداد، شرایط اقلیمی ثبت‌شده، بیش از ۴۰٪ در محدوده آسایش قرار دارد. در حالی که در ماه‌های آذر تا بهمن، شرایط اقلیمی به‌طور کامل خارج از محدوده آسایش قرار دارد و در ماه‌های آبان و اسفند شرایط اقلیمی ثبت‌شده در محدوده آسایش بسیار ناچیز است.<sup>37</sup>

### ۴. معرفی نمونه‌های مورد بررسی

از میان مدارس ابتدایی دخترانه شهر اصفهان 3 مدرسه انتخاب گردید. بر اساس پهنه‌بندی اقلیمی شهر اصفهان، این شهر به سه منطقه گرم و خشک نائین (شرق شهر اصفهان)، منطقه معتدل و خشک اصفهان میمه (غرب شهر اصفهان)، و نیمه‌سرد شهرضا (قسمتی از جنوب غربی شهر اصفهان) تقسیم می‌گردد<sup>38</sup> (ت 4 و 5)،

نام دبستان	نشانی	تصویر هوایی	اقلیم مورد بررسی	موقعیت دبستان در تقسیم اقلیمی شهر اصفهان
دبستان دولتی شهید احمدی	خیابان علامه امینی		گرم و خشک نائین	
دبستان دولتی دخترانه سپاهان شهر	سپاهان شهر، بلوار توحید شرقی		نیمه‌سرد شهرضا	
دبستان میرلوحی	خیابان امام خمینی، خیابان شریف شرقی		معتدل و خشک اصفهان میمه	



26. N. Nasrollahi, et al, "Development of Outdoor Thermal Comfort Model for Tourists in Urban Historical Areas; a Case Study in Isfahan". Climate".

27. Tzu-Ping Lin, et al, "Shading Effect on Long-Term Outdoor Thermal Comfort".

28. فاطمه‌السادات مجیدی و همکاران، «تفاوت فصلی حدود آسایش حرارتی در محلات قدیم و جدید شهر اصفهان؛ مطالعه موردی: محلات جلفا و مرداویج»؛ مجیدی و همکاران، «ارزیابی و مقایسه آسایش حرارتی در محلات مسکونی شهر اصفهان؛ مطالعه موردی: محله علی‌قلی آقا و دشتستان».

29. مهسا صمدپور شهرک، منصوره طاهباز، «بازنگری فضای باز مدارس در اقلیم سرد؛ نمونه موردی: شهر تبریز».

30. PMV: Predicted Mean Vote نک: مجیدی و دیگران، «تفاوت فصلی حدود آسایش حرارتی در محلات قدیم و جدید شهر اصفهان؛ مطالعه موردی: محلات جلفا و مرداویج».

32. حیدری و دیگران، «ارزیابی شاخص‌های آسایش حرارتی در فضای باز»، ص 201.

33. Jendritzky and Nübler

34. همان، ص ۲۰۰.

35. مجیدی و دیگران، «تفاوت فصلی حدود آسایش حرارتی در محلات قدیم و جدید شهر اصفهان (مطالعه موردی: محلات جلفا و مرداویج)»، ص ۳۴، ۳۶. اداره کل هواشناسی استان اصفهان، نمایه اقلیمی اصفهان، ص 16.

ت 6. دانش‌آموزان در حال تکمیل پرسش‌نامه، عکس: نگارنده اول.

فردی (سن، قد، وزن) و همچنین احساس حرارتی (بر اساس مقیاس سه‌گانه مکین تایر) و ترجیح حرارتی دانش‌آموزان (بر اساس مقیاس هفت‌گانه اشری) است، همچنین در زمان تکمیل پرسش‌نامه‌ها رضایت و یا ناراضی‌تی آنها از شرایط حرارتی حیاط مدرسه، مدت‌زمان حضورشان در حیاط، و نیز ثبت نوع پوشش و فعالیت دانش‌آموزان در زمان تکمیل پرسش‌نامه مورد نظر است (ت 7 و 8). پس از تکمیل پرسش‌نامه‌ها، اطلاعات موجود در آنها و داده‌های کیفی مانند نوع پوشش و فعالیت دانش‌آموزان بر اساس مطالعات پیشین (جدول‌های 3 و 4) به داده‌های کمی تبدیل و همراه با داده‌های برداشت‌شده آب‌وهوایی و به کمک نرم‌افزار ریمن دمای متوسط تابشی و همچنین شاخص آسایش حرارتی دمای معادل فیزیولوژیک تعیین گردید.

در تبدیل داده‌های کیفی نوع پوشش و میزان فعالیت به داده‌های کمی میزان عایق بودن لباس و نرخ فعالیت، باید توجه داشت که، به دلیل تفاوت‌های فرهنگی، مردم در نقاط مختلف دنیا به‌صورت متفاوت لباس می‌پوشند. ارزیابی میزان عایق بودن لباس‌ها می‌تواند به‌وسیله مانکن‌های حرارتی، که همیشه در دسترس نیستند و هزینه‌بر نیز هستند، انجام گیرد. این مشکل برای لباس کودکان، به دلیل فقدان مانکن حرارتی در سایز کودکان، پیچیده‌تر می‌گردد. همه جداول و استانداردهای نرخ عایق بودن لباس‌های پیشین، در صورت استفاده برای تعیین میزان عایق بودن لباس کودکان، در تعیین احساس حرارتی

از این‌رو با توجه به اهمیت ویژگی‌های اقلیمی در سازگاری روانی و احساس حرارتی کاربران فضاها، انتخاب مدارس باید به گونه‌ای باشد که از هر منطقه حداقل یک دبستان به‌صورت تصادفی انتخاب گردد. در «جدول 2» مشخصات مدارس بیان شده است.

#### ۱.۴. مرحله نخست تحقیق، جمع‌آوری داده‌ها

برداشت داده‌های آب‌وهوایی (دما، رطوبت نسبی، سرعت باد) و تکمیل پرسش‌نامه به‌طور هم‌زمان از دانش‌آموزی به دانش‌آموز دیگر در زمان زنگ تفریح در حیاط مدارس انجام شد. تکمیل پرسش‌نامه‌ها در روزهای 30 و 31 اردیبهشت، 7 خرداد، 20 آبان، 19 بهمن سال 1398، و 18 اسفند سال 1397 از ساعت 7:30 صبح تا 12 ظهر انجام گرفت. با توجه به تعداد دانش‌آموزان دختر 7 تا 13 ساله شهر اصفهان که بر اساس تقویم آماری سال 1398 آموزش و پرورش اصفهان 17640 است<sup>39</sup> و فرمول کوکران با سطح اطمینان 95٪، حجم نمونه 376 نفر محاسبه گردید، از آنجا که «تیکل برای مطالعات میدانی آسایش حرارتی یک‌صد پرسش‌نامه کامل را کافی می‌داند»<sup>40</sup>، در هریک از مدارس انتخابی از حداقل 100 دانش‌آموز و در مجموع 500 دانش‌آموز به‌صورت تصادفی پرسش شد (ت 6).

طراحی پرسش‌نامه به‌گونه‌ای ساده و با استفاده از تصاویر صورت گرفت تا فهم سؤالات برای گروه سنی مورد مطالعه به‌آسانی صورت پذیرد. سؤالات پرسش‌نامه شامل مشخصات



ت 7 و 8. (چپ و میان) تصویر پرسش‌نامه‌های پژوهش، تدوین: نگارندگان.  
جدول 3. (راست، بالا) نرخ عایق بودن لباس دانش‌آموزان دختر ایرانی، مأخذ: Haddad, et al, "Revisiting Thermal Comfort Models in Iranian Classrooms During the Warm Season", p. 457.  
جدول 4. (راست، پایین) نرخ فعالیت دانش‌آموزان 7 تا 13 ساله، مأخذ: Ridley & Olds, "Assigning Energy Costs to Activities in Children: A Review and Synthesis", p. 1442.

کودکان با خطا روبه‌رو می‌شوند<sup>41</sup>. در پژوهش حاضر، به دلیل هزینه و نبود دسترسی به مانکن‌های حرارتی، امکان محاسبه دقیق میزان عایق بودن لباس کودکان وجود نداشت. بنابراین نرخ عایق بودن لباس دانش‌آموزان از مطالعه شمیلا حداد و همکارانش استخراج گردید (جدول 3)<sup>42</sup>.  
از سوی دیگر، بنابر جداول نرخ سوخت‌وساز و فعالیت ارائه‌شده توسط استاندارد اشری، میزان سوخت‌وساز معمولی برای یک فرد بالغ با نسبت سطح پوست به توده بدن با سطح ۱/۸ متر مربع است<sup>43</sup>، در حالی که در پژوهش حاضر نرخ فعالیت دانش‌آموزان دختر 7 تا 13 ساله با نسبت سطح پوست به توده بدن متوسط با سطح ۱/۱۴ متر مربع نیاز است؛ بنابراین مجدداً از یافته‌های مطالعات پیشین استفاده می‌گردد. در پژوهش حاضر نرخ فعالیت دختران 7 تا 13 ساله از مطالعات ریدلی و همکارانش استخراج گردید (جدول 4)<sup>44</sup>.

## ۲.۴. اندازه‌گیری پارامترهای محیطی

در این پژوهش داده‌های آب‌وهوایی شامل دما، رطوبت نسبی، و سرعت باد هم‌زمان با تکمیل پرسش‌نامه‌ها ثبت گردید. برای سنجش دما و رطوبت نسبی از دستگاه دیتالاگر دما و رطوبت‌سنج دیجیتال بن تک مدل 1365GM استفاده شد. این دیتالاگر دستگاهی سبک و قابل‌حمل با ظرفیت ذخیره 32256 داده (رطوبت و دمای نسبی) است، این دستگاه قادر به ثبت دمای محیط در بازه دمایی 30- تا 80 درجه سانتی‌گراد، با دقت ۰/۳ ± و همچنین اندازه‌گیری رطوبت نسبی محیط در بازه 0 تا ۱۰۰٪ و با دقت ۰/۲٪ است. برای سنجش باد از فلومتر مدل WT816A استفاده شد. این دستگاه، سرعت‌سنجی با قابلیت سنجش میزان سرعت هوا و میزان دمای هوای خروجی از پراب است و قادر به اندازه‌گیری سرعت باد در بازه 0 تا 30 m/s با دقت ۰/۲ ± و دمای هوای در بازه 10 °C- تا 45 °C با دقت

ه. در حال حاضر در مورد پوشش یاد کدام گزینه را ترجیح می‌دهید.

یاد بیشتر بوزد	بدون تغییر	یاد کمتر بوزد
----------------	------------	---------------

ف. در مورد ناپوش پوشیدن در حال حاضر کدام گزینه را ترجیح می‌دهید.

ناپوش بیشتر	بدون تغییر	سایه بیشتر
-------------	------------	------------

۷. چه مدتی است که در حیاط مدرسه حضور دارید؟ (بر حسب دقیقه)

۸. در حال حاضر چه لباسی بر تن دارید؟ (توضیحات:)

لباس مدرسه؛ مانتو و شلوار و مقمه	لباس مدرسه؛ مانتو و شلوار و بدون مقمه
لباس مدرسه و کاپشن	لباس مدرسه و پالتو
لباس مدرسه و سویشرت	

۹. چه کفشی پوشیده‌اید؟

کفش ورزشی	کفش معمولی	کفش تابستانی
-----------	------------	--------------

۱۰. حدوداً ۱۵ دقیقه پیش از مسامحه نا آگون در حال انجام چه فعالیتی بودید؟

ایستاده بودم	خوابیده بودم
نشسته و استراحت می‌کردم	تغذیه می‌خوردم
راه می‌رفتم	نوشیدنی می‌خوردم؛ گرم؛ سرد
میدویدم و بازی می‌کردم	

توضیحات:

پرسشنامه آسایش حرارتی حیاط مدرسه دخترانه

تاریخ:	ساعت:	جنس؛ موث:	سن:
دمای هوا:	رطوبت نسبی:	سرعت باد:	دمای گروهی:

د. در حال حاضر احساس حرارتی شما کدام یک از گزینه‌های زیر می‌باشد؟

خیلی گرم	گرم	کمی گرم	هوا خنوبه	کمی سرد	سرد	خیلی سرد
----------	-----	---------	-----------	---------	-----	----------



۲. در حال حاضر ترجیح می‌دهید هوا چگونه باشد؟

سردتر	بدون تغییر	گرمتر
-------	------------	-------

۳. در حال حاضر سرد و گرم بودن هوا برای شما مناسب است؟

بله ☺

خیر ☹

۴. در حال حاضر چه احساسی دارید؟

اصلاً خواب‌آلود و خسته نیستم      کمی خواب‌آلود و خسته هستم      خیلی خواب‌آلود و خسته هستم



نرخ عایق بودن لباس (کلو)	نوع پوشش	ردیف
۰/۷۵	فرم مدرسه دخترانه (مانتو، شلوار، مقمه)	1
۱/۰۱	فرم مدرسه دخترانه + کت یا سوئیشرت	2

نرخ فعالیت (مت)	نوع فعالیت	ردیف
۱/۴	نشستن	۱
۱/۵	نشستن و حرف زدن	۲
۱/۵	ایستادن	۳
۱/۸	ایستادن و حرف زدن	۴
۶/۳	بازی کردن در فضای باز	۵

37. صابر صبوری و لیلا رحیمی، «تحلیل زمانی آسایش اقلیمی شهرها با رویکرد کاهش مصرف انرژی؛ مطالعه موردی: شهرهای تهران، تبریز، اصفهان، شیراز، یزد و بندرعباس»، ص 25.
38. معاونت برنامه‌ریزی، پژوهش و فناوری اطلاعات شهرداری اصفهان، اطلس کلان‌شهر اصفهان، ص 47.
39. معاونت پژوهش، برنامه‌ریزی و نیروی انسانی، سالنامه آماری آموزش و پرورش استان اصفهان سال تحصیلی 97-98، ص 17.
40. شاهین حیدری، سازگاری حرارتی در معماری نخستین قدم در صرفه‌جویی مصرف انرژی، ص 78.
41. K. Al-Rashidi, et al, "Artificial Neural Network Estimation of Thermal Insulation Value of Children's School Wear in Kuwait Classroom", p. 1.
42. S. Haddad, et al, "Revisiting Thermal Comfort Models in Iranian Classrooms During the Warm Season", p. 457.
43. نک: استاندارد اشری 55-2017، ص 36.

- جدول 5. (راست، بالا) مشخصات دستگاه‌های برداشت داده‌های اقلیمی، تدوین: نگارندگان.
- جدول 6. (راست، پایین) نحوه توزیع دانش‌آموزان، تدوین: نگارندگان.
- جدول 7. (چپ، بالا) متغیرهای پژوهش، تدوین: نگارندگان.
- ت 9. (چپ، پایین) نحوه توزیع دانش‌آموزان، تدوین: نگارندگان.

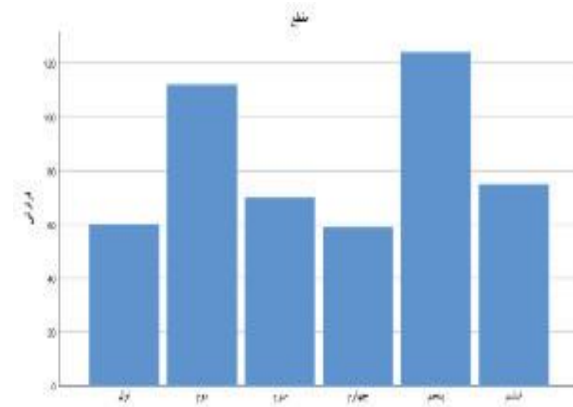
### 3.4. تحلیل داده‌های مطالعات میدانی

داده‌های حاصل از دو بخش پرسش‌نامه و اندازه‌گیری میدانی جمع‌آوری و با نرم‌افزار SPSS تحلیل گردید. فهم دانش‌آموزان از پرسش‌نامه خوب ارزیابی شد؛ البته در تعداد معدودی از پرسش‌نامه‌ها جواب‌های متناقضی وجود داشت که این پرسش‌نامه‌ها حذف گردید و در نهایت 500 پرسش‌نامه از دانش‌آموزان در 6 مقطع اول تا ششم دبستان تحلیل گردید. نحوه توزیع پاسخ‌دهندگان در «جدول 6» و «ت 9» مشخص است.

### 4.4. تحلیل همبستگی

در پژوهش حاضر دما، رطوبت نسبی، سرعت وزش باد، دمای متوسط تابشی، نرخ لباس و نرخ فعالیت متغیرهای مستقل و شاخص دمای معادل فیزیولوژیک و احساس حرارتی متغیر وابسته هستند (جدول 7). تحلیل نتایج حاصل از پرسش‌نامه

متغیر وابسته	متغیر مستقل
- شاخص دمای معادل فیزیولوژیک - احساس حرارتی	- دما - رطوبت نسبی - سرعت وزش باد - دمای متوسط تابشی - نرخ لباس - نرخ فعالیت



$\pm 2$  است. در این پژوهش از این دستگاه تنها برای ثبت سرعت باد استفاده گردید. در پژوهش حاضر در روزهای 30 و 31 اردیبهشت، 7 خرداد، و 20 آبان سال 1398، و 18 اسفند سال 1397 از ساعت 7:30 صبح تا 12 ظهر دیتالاگر در ارتفاع 1/10 سانتی‌متری و در سایه به‌صورت ثابت در مدارس انتخابی قرار داده شده و در فواصل زمانی یک دقیقه میزان دما و رطوبت نسبی را ذخیره کرده است، سرعت باد نیز در هنگام تکمیل هر پرسش‌نامه ثبت گردید. برای تعیین دمای متوسط تابشی به کمک داده‌های برداشت‌شده از نرم‌افزار ریمن استفاده گردید.

متغیر مورد سنجش	نام دستگاه	پایه سنجش	میزان دقت	تصویر دستگاه
دما	دیتالاگر دما و رطوبت دیجیتال بن تک مدل 1365Gm	-30 تا 80 °C	$\pm 0.3$ °C	
رطوبت نسبی		0 تا 100 %	$\pm 2$ %	
سرعت باد	فلومتر مدل WT816A	0 تا 30 m/s	$\pm 0.2$ m/s	

### مقطع

درصد تجمعی	درصد معتبر	درصد فراوانی	کلاس
12.0	12.0	60	کلاس اول
34.4	22.4	112	کلاس دوم
48.4	14.0	70	کلاس سوم
60.2	11.8	59	کلاس چهارم
85.0	24.8	124	کلاس پنجم
100.0	15.0	75	کلاس ششم
	100.0	500	مجموع

و اندازه‌گیری‌های محیطی وجود روابطی بین متغیرها را نشان می‌دهد (جدول‌های 8 و 9).

بر اساس نتایج تحلیل همبستگی، دما و احساس حرارتی با ضریب همبستگی ۰/۹۳۷ بیشترین ارتباط مستقیم، دما و رطوبت نسبی ارتباط غیرمستقیم متوسط با ضریب همبستگی ۰/۵۷۲-، و شاخص آسایش حرارتی و احساس حرارتی نیز ارتباط مستقیم قوی با ضریب همبستگی ۰/۹۴۷ را نشان دادند. ارتباط شاخص آسایش حرارتی PET با میزان عایق بودن لباس، نرخ فعالیت، و سن ارتباطی معکوس و ضعیف تعیین گردید.

متغیرها	ضریب همبستگی با PET	
	ضریب همبستگی با احساس حرارتی	نوع ارتباط
دما	۰/۹۵۰	ارتباط مستقیم قوی
	۰/۹۳۷	ارتباط مستقیم قوی
رطوبت	-۰/۷۰۶	ارتباط معکوس قوی
	-۰/۶۴۹	ارتباط معکوس متوسط
سرعت باد	-۰/۷۴۱	ارتباط معکوس قوی
	-۰/۶۳۰	ارتباط معکوس متوسط
دمای متوسط تابشی	۰/۵۶۵	ارتباط مستقیم متوسط
	۰/۵۷۸	ارتباط مستقیم متوسط
میزان عایق بودن لباس	-۰/۲۸۲	ارتباط معکوس ضعیف
	-۰/۳۲۳	ارتباط معکوس متوسط
نرخ فعالیت	-۰/۰۵۹	ارتباط معکوس ضعیف
	-۰/۱۹	ارتباط معکوس ضعیف
سن	-۰/۰۱۸	ارتباط معکوس ضعیف
	-۰/۰۱۵	ارتباط معکوس ضعیف
احساس حرارتی	۰/۹۴۷	ارتباط مستقیم قوی

#### ۵.۴. تعیین دمای خنثی و محدوده آسایش حرارتی

محاسبه دمای خنثی و حد آسایش از طریق تحلیل رگرسیون عملی است. در رگرسیون همبستگی در جهت تحلیل و آنالیز پیش می‌رود و کامل می‌شود. رگرسیون برآورد ریاضی و مقدار معادله‌ای است بین دو متغیری که بررسی شده‌اند. معادله رگرسیون امکان پیش‌بینی خطی و درستی را به پژوهشگر می‌دهد.<sup>45</sup> بنابراین در پژوهش حاضر نیز سعی شده به کمک تحلیل رگرسیون خطی دمای خنثی و محدوده آسایش کاربران مورد مطالعه تعیین گردد (ت 10 و 11). «ت 10» ارتباط دمای هوا (محور طول‌ها) و احساس حرارتی (محور عرض‌ها) را نشان می‌دهد. خط رگرسیون این ارتباط به کمک نرم‌افزار SPSS رسم شده است. این خط دارای معادله خطی درجه 1 با فرمول  $Y = 0.2X - 0.48$  است. در این نمودار ضریب همبستگی  $R^2$  برابر با ۰/۸۴۲ است که نشان از همبستگی نسبتاً خوب دو متغیر دارد. شیب خط 0/2 است. نیکول (1993) شیب 0/25 را شایع‌ترین شیب منحنی رگرسیون ساده خطی در مطالعات میدانی بیان می‌کند و همفریز (1976) در یک بررسی میدانی در سطح جهانی شیب ۰/۲۲ را قابل قبول می‌داند. بر طبق نظر همفریز شیب کم نمودار رگرسیون در مطالعات میدانی نشان از سازگاری افراد با محیط حرارتی آن‌ها دارد.<sup>46</sup>

پس شیب نمودار در مطالعات حاضر در تطابق با مطالعات جهانی و در شرایط قابل قبولی قرار گرفته است و نشان از سازگاری خوب کاربران مورد مطالعه با محیط حرارتی‌شان دارد. بر اساس این نمودار و معادله خطی، دمای خنثی برای دختران 7 تا 13 ساله شهر اصفهان ۱۷/۴ درجه تعیین می‌گردد. برای تعیین محدوده

متغیرها	ضریب همبستگی	نوع ارتباط
دما: رطوبت	-۰/۵۷۲	ارتباط معکوس متوسط
دما: جریان هوا	-۰/۵۱۵	ارتباط معکوس متوسط
رطوبت: جریان هوا	-۰/۵۲۹	ارتباط معکوس متوسط
دما: احساس حرارتی	۰/۹۳۷	ارتباط مستقیم قوی
دما: نرخ لباس	-۰/۴۵	ارتباط معکوس متوسط

K. Ridley & Tim Olds, 44 "Assigning Energy Costs to Activities in Children: A Review and Synthesis", p. 1442.

45. حیدری، همان، ص ۹۴.

46. هاشمی رفسنجانی و حیدری، همان، ص ۵۷.

جدول‌های 8 و 9. همبستگی متغیرهای پژوهش، تدوین: نگارندگان.

حد پایین دمای آسایش ۱۲/۴، و حد بالای دمای آسایش ۲۲/۴ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید، این در حالی است که بر اساس مطالعات حیدری در سال 1393 دمای خنثی در شهر اصفهان در کل سال 22، حد پایین آسایش ۱۵/۵، و حد بالای آسایش ۲۸/۲ درجه سانتی‌گراد تعیین شده است. این اختلاف نشانگر تفاوت ادراک حرارتی کودکان و بزرگسالان است.

شیب خط نمودار رگرسیون خطی دما و احساس حرارتی در مطالعه حاضر 0/2 و در مطالعه حیدری 0/16 تعیین شده است؛ یعنی با وجود اینکه بر اساس نتایج مطالعات جهانی، نمونه‌های مورد مطالعه سازگاری نسبتاً خوبی با محیط حرارتی خود دارند، ولی در مقایسه با بزرگسالان منطقه اقلیمی خود سازگاری حرارتی کمتری را نشان داده‌اند (جدول 10).

### ۶. نتیجه‌گیری

محوطه مدارس ابتدایی به‌منزله فضای باز با عملکردهای متنوع جسمانی، هنری، دینی، اجتماعی، و روان‌شناختی در شرایط کمبود فضای باز محله‌ای در اختیار گروه سنی 7 تا 13 ساله از جایگاه ویژه‌ای نزد متخصصان، مدیران و متولیان امر آموزش و پرورش برخوردار است، باین‌حال در طراحی مدارس شرایط آسایش فیزیکی، بصری، و شنیداری مورد نیاز برای یادگیری و همچنین

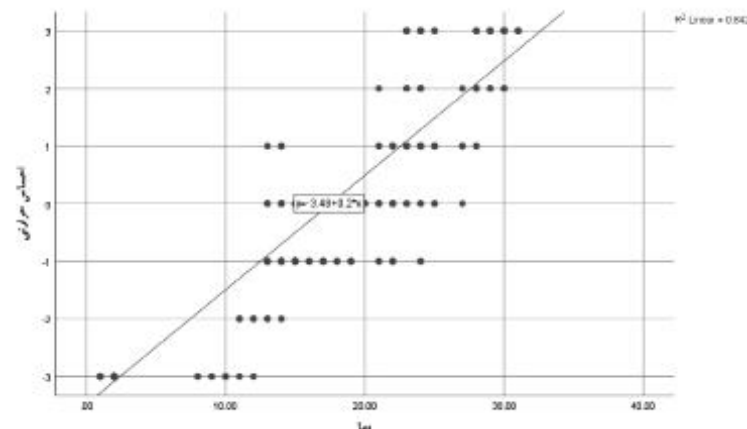
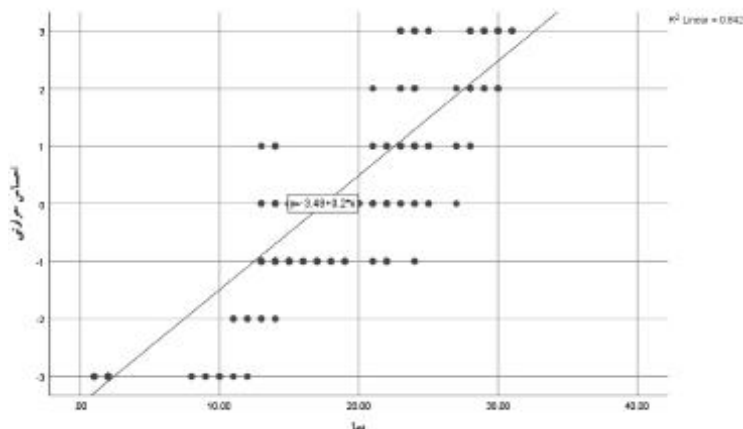
آسایش، نمودار رگرسیون خطی دو متغیره شاخص آسایش حرارتی دمای معادل فیزیولوژی و احساس حرارتی، به کمک نرم‌افزار SPSS ترسیم گردید (ت 11). معادله خط رگرسیون این دو متغیر از نوع خطی درجه 1 با فرمول  $Y=0.11X-2.52$  است. در این نمودار ضریب همبستگی  $R^2$  برابر با ۰/۸۹۹ است که نشان از ارتباط خوب دو متغیر دمای معادل فیزیولوژیک و احساس حرارتی کاربران دارد. از آنجاکه بنا بر آیین‌نامه اشرفی، احساس حرارتی بین 1- و 1+ شرایط قابل قبول و محدوده آسایش برای حداقل ۸۰٪ افراد تعریف شده است<sup>47</sup>، محدوده آسایش حرارتی بر اساس معادله خطی نمودار رگرسیون به‌دست آمد و در محدوده احساس حرارتی 1- و 1 محاسبه و محدوده آسایش دختران 7 تا 13 ساله شهر اصفهان بر اساس شاخص دمای معادل فیزیولوژیک بین ۱۳/۶ تا 32 تعیین گردید. همچنین محدوده دمایی آسایش حرارتی برای کاربران مورد مطالعه دمای ۱۲/۴ تا ۲۲/۴ تعیین شد.

### ۵. قیاس نتایج پژوهش حاضر با پژوهش‌های گذشته شهر اصفهان

بر اساس نتایج حاصل از برداشت‌های میدانی (جمع‌آوری داده‌های اقلیمی و پرسش‌نامه‌ها) و تحلیل آماری در نرم‌افزار SPSS، دمای خنثی برای دختران 7 تا 13 ساله اصفهان در حیاط مدارس ۱۷/۴،

47. استاندارد اشرفی ۵۵-۲۰۱۷، ص ۵۳.

ت 10. (چپ) رگرسیون خطی دما و احساس حرارتی، تدوین: نگارندگان.  
ت 11. (راست) رگرسیون خطی شاخص دمای معادل فیزیولوژیک و احساس حرارتی، تدوین: نگارندگان.



بر آسایش حرارتی (دما، رطوبت نسبی، سرعت جریان هوا) از ساعت 7:30 تا 12 و همچنین سنجش ادراک حرارتی 500 دانش‌آموز به کمک پرسش‌نامه، داده‌های پژوهش جمع‌آوری شد و به کمک نرم‌افزار ریمین دمای متوسط تابشی و شاخص دمای معادل فیزیولوژیک هریک از پرسش‌نامه‌ها تعیین گشت. سپس با تحلیل آماری به کمک نرم‌افزار SPSS تأثیر هریک از پارامترهای اقلیمی (دما، رطوبت نسبی، سرعت جریان هوا، و دمای متوسط تابشی) و پارامترهای شخصی (سن، جنسیت، پوشش، و میزان فعالیت) بر ادراک حرارتی تعیین گردید. بر اساس نتایج، عوامل اقلیمی بیشترین تأثیر را بر ادراک حرارتی کاربران مورد آزمون دارد. در این میان دما با ضریب همبستگی  $+0/95$  بیشترین تأثیر و سرعت باد، رطوبت، و دمای متوسط تابشی به ترتیب تأثیرات کمتری بر ادراک حرارتی دانش‌آموزان نشان دادند. نوع پوشش با ضریب همبستگی  $-0/323$  تأثیر متوسطی بر ادراک حرارتی دانش‌آموزان را نشان می‌دهد. تأثیر سن و نرخ فعالیت ناچیز تعیین گردید که، با توجه به پوشش تقریباً مشابه و همچنین کوچک بودن دامنه تغییرات سن در دانش‌آموزان مورد مطالعه، منطقی به نظر می‌رسد. همچنین بر اساس تحلیل رگرسیون خطی، دمای آسایش دختران 7 تا 13 ساله اصفهان  $17/4$  و محدوده آسایش بر مبنای دمای فیزیولوژیک  $13/6$  تا  $32$  درجه سانتی‌گراد تعیین شد. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که دختران این مقطع سنی شهر اصفهان با سازگاری بیشتری دارند و در مقابل گرما حساس‌تر هستند. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، محدوده آسایش حرارتی و سازگاری حرارتی در مناطق مختلف دنیا متفاوت است و استاندارد اشری و ایزو  $7730$  نمی‌توانند معیار مناسبی برای کلیه مناطق جهان باشند، همچنین ادراک حرارتی کودکان و بزرگسالان یک منطقه مشخص نیز با هم تفاوت معنی‌داری دارد که با توجه به اهمیت تأمین آسایش حرارتی به‌ویژه برای کودکان لزوم پژوهش‌های میدانی مجزا برای گروه‌های سنی و جنسیتی متفاوت در هر منطقه را آشکار می‌کند.

کاهش مصرف انرژی ساختمان مدرسه مورد نظر است و توجه اندکی به فضاهای باز در محوطه مدرسه، که حدود  $25\%$  از زمان کودکان صرف آن می‌شود، صورت گرفته است. از سوی دیگر، برای بهره‌برداری بهینه از حیاط فضاهای آموزشی باید آسایش حرارتی برای کاربران این فضاها تأمین شود. نتایج تحقیقات در زمینه آسایش حرارتی حاکی است که دانش‌آموزان ادراک حرارتی متفاوتی نسبت به بزرگسالان دارند و بنابراین استانداردهای متداول آسایش حرارتی برای ارزیابی آسایش حرارتی کودکان مناسب نیست و مطالعات بیشتری در این حوزه لازم است. باین‌حال در ایران هنوز پژوهشی در مورد آسایش حرارتی فضای باز مدارس انجام نشده است. در این پژوهش سعی گردید بر اساس پهنه‌بندی اقلیمی شهر اصفهان، مدارس به‌گونه‌ای انتخاب گردند که همه شرایط اقلیمی شهر اصفهان را پوشش دهند و همچنین از آنجاکه در ایران دانش‌آموزان دختر از لحاظ پوشش محدودیت‌های بیشتری نسبت به پسران دارند و امکان فعالیتشان در محیط‌های باز شهری نیز به گستردگی همسالان پسر خود نیست، مدارس ابتدایی دخترانه نمونه مورد بررسی این پژوهش انتخاب شدند. از این رو سه دبستان دخترانه شهید احمدی (منطقه گرم و خشک نائین)، دبستان دخترانه سپاهان‌شهر (منطقه نیمه‌سرد شهرضا)، و دبستان دخترانه میرلوحی (منطقه معتدل و خشک اصفهان میمه) از میان دبستان‌های دخترانه دولتی شهر اصفهان نمونه‌های مطالعاتی این پژوهش گردیدند و در روزهای 30 و 31 اردیبهشت و 7 خرداد و 20 آبان سال 1398 و 18 اسفند سال 1397، با جمع‌آوری هم‌زمان داده‌های اقلیمی مؤثر

جدول 10. مقایسه حدود آسایش دختران 7 تا 13 ساله اصفهان و مطالعات پیشین، تدوین: نگارندگان

ردۀ سنی	جنسیت	دوره زمانی	شیب‌خط نمودار رگرسیون	دمای خنثی	حد بالای دمای آسایش	حد پایین آسایش
10 تا 79 ساله	زن / مرد	کل سال	0,16	22	27,3	15,7
		فصل سرد	0,24	21,3	25,4	17,2
7 تا 13 ساله	زن	فصل گرم	0,16	27,8	34,1	21,5
		9 ماه دوره تحصیلی	0,2	17,4	22,4	12,4

فیضی، محسن و سینا رزاقی اصل. «مروری بر نظریات و گرایشات معماری منظر حیاط باز مدارس»، در *فصلنامه آرمان شهر*، ش 2 (بهار و تابستان 1388)، ص 59-66.

گواهی، سعید و شجاعی زاده، کبری و ایوب کریمی جشنی. «تحلیل شاخص اقلیم گردشگری دمای معادل فیزیولوژی (pet) در شهر اهواز بازه زمانی (1980-2010)»، در *فصلنامه فضای گردشگری*، سال چهارم، ش 15 (تابستان 1394)، ص 127-142.

مجیدی، فاطمه السادات و شاهین حیدری و محمود قلعه‌نویی و مریم قاسمی سیچانی. «تفاوت فصلی حدود آسایش حرارتی در محلات قدیم و جدید شهر اصفهان؛ مطالعه موردی: محلات جلفا و مردابویج» در *نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی*، دوره 23، ش 2 (تابستان 1397)، ص 31-42.

مجیدی، فاطمه السادات و شاهین حیدری و محمود قلعه‌نویی و مریم قاسمی سیچانی. «ارزیابی و مقایسه آسایش حرارتی در محلات مسکونی شهر اصفهان؛ مطالعه موردی: محله علی‌قلی آقا و دشتستان»، در *دوفصلنامه مطالعات معماری ایرانی*، ش 15 (بهار و تابستان 1398)، ص 47-64.

مجیدی، فاطمه السادات و شاهین حیدری و محمود قلعه‌نویی و مریم قاسمی سیچانی. «ارزیابی و تحلیل وضعیت آسایش حرارتی فضای باز محلات مسکونی با استفاده از شاخصه‌های حرارتی؛ نمونه موردی: محلات منتخب شهر اصفهان»، در *نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران*، دوره 10، ش 18 (پاییز و زمستان 1398)، ص 113-126.

معاونت برنامه‌ریزی، پژوهش و فناوری اطلاعات شهرداری اصفهان. *اطلس کلان‌شهر اصفهان*، تهران: هم‌صدا، 1394.

معاونت پژوهش، برنامه‌ریزی و نیروی انسانی، گروه طرح و برنامه. *سالنامه آماری آموزش و پرورش استان اصفهان سال تحصیلی ۹۷-۹۸*، 1398.

منتظری، مرجان و لعل جهان‌شاهلو و حمید ماجدی. «تأثیر مؤلفه‌های فرم کالبدی شهری بر آسایش حرارتی فضاهای باز شهری؛ نمونه موردی: اراضی پشت سیلو شهر یزد»، در *فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی*، ش 22 (تابستان 1396)، ص 63-84.

نجفی، محمدعلی و نجمه نجفی. «بررسی آسایش حرارتی با استفاده از روش‌های PMV و PPD؛ مطالعه موردی: بازار وکیل شیراز»، در *هفت حصار*، دوره 1، ش 1 (پاییز 1391)، ص 61-70.

نقره‌کار، عبدالحمید و سمانه تقدیر و صدیقه معین مهر. «اصولی برای معماری فضاهای آموزشی مبتنی بر تعریف انسان و معماری از منظر اسلام»، در *نشریه انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران*، ش 10 (پاییز و زمستان 1394)، ص 101-113.

احمدپور کله‌رودی، نرگس و محمدرضا پورجعفر و محمدجواد مهدوی‌نژاد و سمیرا یوسفیان. «نقش و تأثیر عناصر طراحی در کیفیت آسایش حرارتی فضاهای باز شهری؛ بررسی موردی: طراحی پیاده‌راه طمقاجی‌ها در کاشان»، در *نامه معماری و شهرسازی*، ش 18 (بهار و تابستان 1396)، ص 59-79.

اداره کل هواشناسی استان اصفهان. *نمایه اقلیمی اصفهان*، 1394.

انصاری‌منش، مریم و نازنین نصراللهی. «تعیین محدوده آسایش حرارتی ساکنان به‌منظور بهینه‌سازی کیفیت محیط داخل در ساختمان‌های اداری کرمانشاه»، در *نقش جهان*، دوره 4، ش 2 (پاییز و زمستان 1393)، ص 11-21.

بقایی، پرهام و مجتبی انصاری و محمدرضا بمانیان و ریما فیاض. «محدوده آسایش حرارتی در فضای باز مسکونی سنتی شهر یزد»، در *فصلنامه هویت شهر*، دوره 9، ش 23 (پاییز 1394)، ص 59-72.

حیدری، شاهین و علیرضا منعم. «ارزیابی شاخصه‌های آسایش حرارتی در فضای باز»، در *مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، ش 20 (بهار و تابستان 1392)، ص 197-217.

حیدری، شاهین. «برهم‌کنش جریان هوا، دما و راحتی در فضاهای باز شهری؛ مطالعه موردی: اقلیم گرم و خشک ایران»، در *نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی*، دوره 17، ش 2 (تابستان 1391)، ص 37-42.

\_\_\_\_\_. *سازگاری حرارتی در معماری: نخستین قدم در صفره‌جویی مصرف انرژی*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، 1393.

زمردیان، زهراسادات و سعید امینیان و منصوره طاهباز. «ارزیابی آسایش حرارتی در کلاس درس در اقلیم گرم و خشک؛ مطالعات میدانی: دبستان دخترانه در شهر کاشان»، در *نشریه هنرهای زیبا*، ش 68 (زمستان 1395)، ص 17-28.

صبوری، صابر و لیلا رحیمی. «تحلیل زمانی آسایش اقلیمی شهرها با رویکرد کاهش مصرف انرژی؛ مطالعه موردی: شهرهای تهران، تبریز، اصفهان، شیراز، یزد و بندرعباس»، در *فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، سال سوم، ش 6 (بهار 1396)، ص 7-35.

صمدپور شهرک، مهسا و منصوره طاهباز. «بازنگری فضای باز مدارس در اقلیم سرد؛ نمونه موردی: شهر تبریز»، در *ماهنامه شبک*، ش 18 (بهار 1395)، ص 43-64.

عظمتی، حمیدرضا و زینت امینی‌فر و سمیه باقرپور. «الگوی چیدمان فضایی مدارس نوین مبتنی بر اصول مدارس اسلامی در راستای ارتقاء یادگیری افراد»، در *نقش جهان*، دوره 6، ش 2 (تابستان 1395)، ص 16-23.

عظمتی، حمیدرضا و سمانه صباحی و سعید عظمتی. «عوامل محیطی مؤثر بر رضایتمندی دانش‌آموزان از فضاهای آموزشی»، در *نقش جهان*، سال دوم، ش 1 (بهار و تابستان 1391)، ص 31-42.

کرمان»، در نشریه معماری اقلیم گرم و خشک، دوره ۸، ش 7 (بهار و تابستان 1397)، ص 43-64.

Abdeen, A. & A. Ali & A. Abel-Rahman & S. Ookawara. "Experimental Study on Thermal Comfort Conditions in Existing Public Primary Schools Buildings in Upper Egypt; Sustainability in Energy and Buildings: Research Advances", in *Journal of Sustainability in Energy and Buildings*, 3 (2014), pp. 58-63.

Al-Rashidi, Khaled & Radhi Alazmi & Mubarak Alazmi. "Artificial Neural Network Estimation of Thermal Insulation Value of Children's School Wear in Kuwait Classroom", in *Journal of Advances in Artificial Neural Systems*, 2015 (2015), pp. 1-9.

Canan, Fatih & Iacopo Golasi & Virgilio Ciancio & Massimo Coppi & Ferdinando Salata. "Outdoor Thermal Comfort Conditions During Summer in a Cold Semi-Arid Climate. A Transversal Field Survey in Central Anatolia (Turkey)", in *Journal of Building and Environment*, 148 (2019), pp. 212-224.

Cheng, Wenwen & Robert D. Brown. "An Energy Budget Model for Estimating the Thermal Comfort of Children", in *Journal of Biometeorology*, Vol. 64, No. 8 (2020), pp. 1355-1366.

Fang, Zhaosong & Xiwen Feng & Jianlin Liu & Zhang Lin & Cheuk Ming Mak & Jianlei Niu & Kam-Tim Tse & Xiaoning Xu. "Investigation into the Differences among Several Outdoor Thermal Comfort Indices against Field Survey in Subtropics", in *Journal of Sustainable Cities and Society*, 44 (2019), pp. 676-690.

Fang, Zhaosong & Xiaoning Xu & Xiaoqing Zhou & Siqing Deng & Huijun Wu & Jianlin Liu & Zhang Lin. "Investigation into the Thermal Comfort of University Students Conducting Outdoor Training", in *Journal of Building and Environment*, 149 (2019), pp. 26-38.

Haddad, Shamila & Paul Osmond & Steve King. "Revisiting Thermal Comfort Models in Iranian Classrooms During the Warm Season", in *Journal of Building Research & Information*, Vol. 45, No. 4 (2017), pp. 457-473.

Hasehzadeh Haseh, Roya & Mehdi Khakzand & Morteza Ojaghloou. "Optimal Thermal Characteristics of the Courtyard in the Hot and Arid Climate of Isfahan", in *Journal of Buildings*, Vol. 8, No. 12 (2018), p. 166.

Havenith, George & Kaley Kuklane & Jintu Fan & Simon Hodder & Yacine Ouzzahra & Karin Lundgren & Yuhan Au & Dennis Loveday. "A Database of Static Clothing Thermal Insulation and Vapor Permeability Values of Non-Western Ensembles for Use in Ashrae Standard 55, Iso 7730, and Iso 9920", in *ASHRAE Trans*, Vol. 121, No. 1 (2015), pp. 197-215.

Johansson, Erik & Sofia Thorsson & Rohinton Emmanuel & Eduardo Krüger. "Instruments and Methods in Outdoor Thermal Comfort Studies—the Need for Standardization", in *Journal of Urban Climate*, 10 (2014), pp. 346-366.

هاشمی رفسنجانی، لیلی السادات و شاهین حیدری. «ارزیابی آسایش حرارتی تطبیقی در خانه‌های مسکونی اقلیم گرم و خشک؛ مطالعه موردی: استان

Kenawy, Inji & Hisham Elkadi. "The Outdoor Thermal Benchmarks in Melbourne Urban Climate", in *Journal of Sustainable Cities and Society*, 43 (2018), pp. 587-600.

Lai, Dayi & Chaobin Zhou & Jianxiang Huang & Yi Jiang & Zhengwei Long & Qingyan Chen. "Outdoor Space Quality: A Field Study in an Urban Residential Community in Central China", in *Journal of Energy and Buildings*, 68 (2014), pp. 713-720.

Lai, Dayi & Chuanming Chen & Wei Liu & Yifu Shi & Chun Chen. "An Ordered Probability Model for Predicting Outdoor Thermal Comfort", in *Journal of Energy and Buildings*, 168 (2018), pp. 261-271.

Lin, Tzu-Ping & Andreas Matzarakis & Ruey-Lung Hwang. "Shading Effect on Long-Term Outdoor Thermal Comfort", in *Journal of Building and Environment*, Vol. 45, No. 1 (2010), pp. 213-221.

Nasir, Rabiatal Adawiyah & Sabarinah Sh Ahmad & Azni Zain Ahmed. "Psychological Adaptation of Outdoor Thermal Comfort in Shaded Green Spaces in Malaysia", in *Journal of Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 68 (2012), pp. 865-878.

Nasrollahi, Nazanin & Zhila Hatami & Mohammad Taleghani. "Development of Outdoor Thermal Comfort Model for Tourists in Urban Historical Areas; a Case Study in Isfahan", in *Journal of Building and Environment*, 125 (2017), pp. 356-372.

Ojaghloou, Morteza & Mehdi Khakzand. "Comparative Study of Form and Features of Courtyards in Terms of Outdoor Thermal Comfort in Two Contrasting Climates of Iran", in *Journal of Sustainable Development*, Vol. 11, No. 2 (2018), pp. 112-140.

Ridley, Kate & Tim Olds. "Assigning Energy Costs to Activities in Children: A Review and Synthesis", in *Journal of Medicine+ Science in Sports+ Exercise*, Vol. 40, No. 8 (2008), pp. 1439-1446.

Roshan, GholamReza & Hanieh Saleh Almomenin & Simone Queiroz da Silveira Hirashima & Shady Attia. "Estimate of Outdoor Thermal Comfort Zones for Different Climatic Regions of Iran", in *Journal of Urban Climate*, 27 (2019), pp. 8-23.

Teli, Despoina & Leonidas Bourikas & Patrick AB James & Abubakr S. Bahaj. "Thermal Performance Evaluation of School Buildings Using a Children-Based Adaptive Comfort Model", in *Journal of Procedia Environmental Sciences*, 38 (2017), pp. 844-851.

Zhang, Anxiao & Regina Bokel & Andy van den Dobbelen & Yanchen Sun & Qiong Huang & Qi Zhang. "An Integrated School and Schoolyard Design Method for Summer Thermal Comfort and Energy Efficiency in Northern China", in *Journal of Building and Environment*, 124 (2017), pp. 369-387.