بررسی هندسه حیاط دبستان‌های دخترانه شهر اصفهان با هدف تأمین بیشترین ساعت آسایش حرارتی*

مهندس غزاله چهرازی**، دکتر نرگس دهقان***، دکتر هانیه صنایعیان****، دکتر امیر گندمکار*****

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۳/۱۰ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴

چکیده

حیاط مدارس مکانی است که دانش‌آموزان حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد زمان حضور خود در مدرسه را در آن سپری می‌کنند. تأمین آسایش حرارتی، یکی از نیازهای اساسی دانش‌آموزان در حیاط مدارس است. هدف این پژوهش بررسی نقش هندسه حیاط دبستان‌های دخترانه شهر اصفهان به‌گونه‌ای که بیشترین ساعات آسایش حرارتی را تأمین نماید است. برای دستیابی به این هدف الگوی هندسی آزمون‌ها تعیین شد، سپس عملکرد حرارتی الگوها با نرم‌افزار انوی‌مت شبیه‌سازی و با قیاس منطقی عملکرد حرارتی الگوها، الگوها با تأمین بیشترین ساعات آسایش حرارتی برای دانش‌آموزان تعیین شد. بر اساس نتایج، الگوی شکلی، جهت کشیدگی و نسبت اضلاع حیاط بر محدوده زمانی آسایش‌حرارتی دختران ۷ تا ۱۲ سال شهر اصفهان در حیاط مدارس تاثیرگذار است وحیاطهایی با کشیدگی شرقی-غربی و نسبت طول به عرض ۲.۵ به ۱با ساختمان مرکزی از میان مدلهای مورد بررسی عملکرد حرارتی بهتری داشته و بیشترین ساعات آسایش حرارتی را برای دانش‌آموزان تأمین می‌نماید.

واژه‌های کلیدی

هندسه حیاط، دبستان دخترانه، اصفهان، آسایش حرارتی فضای باز، انوی‌مت.

*این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با عنوان :« شناسایی کالبد و هندسه بهینه حیاط دبستان‌های دولتی دخترانه شهر اصفهان باهدف دستیابی به آسایش حرارتی» است که با راهنمایی دکتر نرگس دهقان و دکتر هانیه صنایعیان و مشاوره دکتر امیر گندمکار در دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد در حال انجام است.

**دانشجوی دکتری، گروه معماری، مرکز تحقیقات افق‌های نوین در معماری و شهرسازی، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران.
Email: Gh.chehrazi@gmail.com

*** استادیار، گروه معماری، مرکز تحقیقات افق‌های نوین در معماری و شهرسازی، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران (مسئول مکاتبات).
Email: dehghan@par.iaun.ac.ir
Orcid: 0000-0003-4496-2917

**** استادیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران.
Email: Hanieh_sanayeayan@yahoo.com

***** دانشیار، گروه جغرافیا، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران.
Email: aagandomkar@gmail.com

مقدمه

در طول چند دهه گذشته، محیط های شهری با سرعت قابل توجهی گسترش یافته است. این رشد وسیع و بی برنامه شهرنشینی باعث کاهش کیفیت محیطی و افزایش مصرف انرژی شده است. مدارس به‌عنوان مهم‌ترین فضاهای تربیت‌کننده نیروی انسانی، نقش به سزایی در افزایش یادگیری افراد جامعه ایفا می‌کند. ازاین‌رو طراحی محیط‌هایی مناسب در راستای تکامل همه‌جانبه‌ی دانش‌آموزان، یک ضرورت است (عظمتی و همکاران، ۱۳۹۱، ۱۶). کودکان هرسال حدود ۱۸۰ روز را در مدرسه سپری می‌کنند و ۲۵ درصد از زمان حضور در مدرسه صرف فعالیت در فضای باز مدارس می‌شود (Nicosia & Datar, 2018). با توجه به حساسیت‌های جسمی کودک در سنین دبستان، فراهم آوردن محیطی که به لحاظ اقلیمی آزاردهنده نباشد، در حیاط مدارس ابتدایی ضروری می‌نماید. به‌علاوه با در نظر گرفتن اشتیاق کودکان به حضور در حیاط مدرسه و نیز تأمین بخشی از نیازهای شناختی، حسی-اجتماعی و ذهنی کودک در فضای باز، فراهم آوردن محیطی با مطلوبیت اقلیمی که برانگیزاننده حضور فعال کودک در محیط است، حائز اهمیت می‌باشد. حیاط دبستان باید متناسب با اقلیم در نظر گرفته شود تا حداقل شرایط آسایش برای دانش آموزان فراهم شود (خاکی‌قصر، ۱۳۹۷، ۸). بنابراین، حیاط ازجمله فضاهای مهم در مدارس به شمار می‌رود که علاوه بر عملکرد آموزشی، بایستی مکانی مناسب برای تفریح و استراحت دانش‌آموزان باشد. برای دستیابی به چنین هدفی حیاط مدارس باید تابع مشخصات خاصی باشد و به‌تمامی نیازهای دانش‌آموزان پاسخ دهد و شرایط آسایش را برای آن‌ها فراهم آورد تا رضایت آن‌ها از محیط حاصل گردد.بر اساس نتایج پژوهش‌های پیشین، ویژگی‌های معماری و کالبدی مکان‌ها تأثیر بسزایی در عملکرد و ادراک حرارتی کاربران آن‌ها دارد. درواقع رابطه متقابل و تنگاتنگی بین ساختمان و هر نوع عنصر انسان‌ساخت شهری دیگر و محیط پیرامون آن‌ها وجود دارد. هر عنصر مصنوع، وضعیت آب‌وهوای اطراف خود را تغییر می‌دهد. شکل، ارتفاع و اندازه بناها، جهت‌گیری خیابان‌ها و ساختمان‌ها و سطح فضاهای باز، پوشش سطح زمین عواملی هستند که بر خرد اقلیم شهری تأثیرگذارند (منتظری و همکاران، ۱۳۹۷، ۶۹) . حیاط‌ها یکی از این خرد اقلیم‌های شهری هستند. شرایط بسیاری بر کارایی یک حیاط تأثیر دارد؛ نسبت منظر، جهت‌گیری، شرایط مرزی، درجه و مقدار گشودگی) زاویه رؤیت) و نوع دیوارهای آن مهم‌ترین پارامترهایی که کارایی یک حیاط را تحت تأثیر قرار می‌دهد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۶، ۳۷۰). طراحی یکنواخت حیاط در آب‌وهوای متنوع ایران ازنظر آسایش حرارتی مشکلات زیادی را به وجود آورده است. عدم آگاهی کافی از خصوصیات حرارتی حیاط‌ها دلیل اصلی بروز این مشکل است (Ojaghlou & Khakzand, 2018, 117). 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 ازجمله عواملی است که تأثیر بسزایی در طراحی بهینه حیاط دارد.(Hasehzadeh Haseh et al., 2018, 2) عوامل دیگر مؤثر در آسایش حرارتی فضای باز، به مشخصات فردی مانند سن و جنسیت، 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 (Canan et al., 2019, 112) بر این اساس بررسی نقش مشخصات هندسی حیاط در مدارس می‌تواند برای طراحی اقلیمی و تامین شرایط مطلوبتر حرارتی برای دانش‌آموزان در حیاط مدارس و افزایش حضور موثر آن‌ها موثر باشد و لزوم توجه بیشتر معماران و شهرسازان به طراحی در راستای ارتقا شرایط حرارتی برای کاربران با گروههای سنی و جنسی متفاوت را بیان نماید. در ایران و در اقلیم گرم و خشک، پژوهشی در رابطه با آسایش حرارتی فضای باز مدارس و مؤلفه‌های طراحی معماری تأثیرگذار بر آن انجام‌نشده است و راهکارهای کافی برای افزایش آسایش حرارتی حیاط در اقلیم‌های مختلف ایران وجود ندارد. در این پژوهش سعی بر این است تا با بررسی هندسه و الگوی شکلی حیاط بر شرایط خرد اقلیم فضای باز مدارس ابتدایی به الگویی مناسب جهت طراحی اقلیمی مدارس دست‌یافت تا با ایجاد آسایش حرارتی در حیاط مدارس، از پتانسیل‌های فضاهای باز برای آموزش و رشد دانش‌آموزان بهره برد. ازآنجایی‌که در ایران دانش‌آموزان دختر، ازلحاظ پوشش محدودیت‌های بیشتری نسبت به پسران دارند و امکان فعالیتشان در محیط‌های باز شهری نیز به گستردگی همسالان پسر خود نیست، مدارس ابتدایی دخترانه شهر اصفهان، نمونه موردبررسی این پژوهش می‌باشد.

پیشینه پژوهش

آسایش حرارتی در فضای باز (OTC[1]) یک زمینه تحقیقاتی نسبتاً جدید در مقایسه با مطالعات آسایش حرارتی برای فضاهای داخلی است. آسایش حرارتی فضای باز با بهبودبخشیدن به شرایط فیزیکی، محیطی و اجتماعی این فضاها زیست‌پذیری و سرزندگی این فضاها را افزایش می‌دهد (Lai et al, 2019) اصول طراحی و برنامه‌ریزی شهری می‌تواند خرد اقلیم راحت و سالم و کاهش تقاضای انرژی ساختمان‌های اطراف را منجر شود (Parker, 2021)؛ بنابراین، بسیاری از مطالعات باهدف تجزیه‌وتحلیل عملکرد آسایش حرارتی

فضای خارجی و پیشـــنهاد اســـتراتژی‌های برای کاهش اثرات منفی نارضایتی‌هـــای حرارتی و اســـترس گرمایی در دهه‌هـــای اخیر انجام گرفته‌اند.

فایسال الجوبرا و ماریالنا نیکولوپولو، آسایش حرارتی را شرایط ذهنی که رضایت از شـــرایط حرارتی محیط اطـــراف را بیان می کند تعریف می-کنندکـــه علاوه بر عوامل فیزیکی محیط بیرونی تحت تاثیر عوامل روانی و رفتاری اســـت (Aljawabra & Nikolopoulou, 2010) از این رو دو دســـته از عوامل برای دســـتیابی به آسایش‌حرارتی معرفی میگردد.دســـته اول عوامل فیزیکی (عوامل هندســـی و منظر) محیط مصنوع و دســـته دوم رویکردهای مبتنی بر انســـان که به ویژگی های فیزیولوژیکی و اجتماعی افراد تمرکز دارد. طبق مطالعات صورت گرفته مهمترین عوامل هندسی شهری که بر آسایش حرارتی فضای باز تاثیر میگذارد محصوریت، ضریب دید به آسمان و جهت قرارگیری فضای باز است (شعله و همکاران، ۱۴۰۰، ۱-۲۲ ؛ Mazouz., 2023,23-31 & Sedira ؛ Al Haddid & Al-Obaidi., 2022,1-15). ایـــن عوامل در مقیاس های مختلف شـــامل خیابان‌ها (طاهباز و همکاران، ۱۳۹۱، ۵۹-۸۳؛ اســـلامی و همکاران، ۱۳۹۵، ۳۳-۴۶). فضاهای باز شـــهری (اکبری و همکاران،۱۴۰۰؛ خوشـــبخت و همـــکاران، ۱۳۹۹ ، ۱-۱۰) و محلات (مجیدی و همکاران، ۱۳۹۷، ۳۱-۴۲). بررســـی شـــده‌اند.بر اساس مطالعات گذشته، میزان محصوریت معابر می‌تواند تأثیر متفاوتی بر آســـایش حرارتی ســـاکنین در فصول مختلف و اقلیم‌های متفاوت داشـــته باشـــد، به طوریکه در اقلیم گرم و خشک شهر فاس، مراکش، معابری که نسبت ارتفاع به عرض کمتر است، باوجوداینکه در تابستان دارای عملکردی حرارتی نامناســـب اســـت، اما در زمســـتان با هدایت بیشتر نور خورشید آســـایش حرارتی را تأمین می‌کند (Johansson, 2006, 1326). همچنین، در پژوهشـــی دیگر در اقلیم گرم و مرطوب، عملکرد ارتفاع بیشـــتر ســـاختمان‌های اطراف حیاط در بهبود آسایش حرارتی، بهتر ارزیابی شد (Almhafdy et al., 2013, 170-180). از طرفی، عـــلاوه بر میزان محصوریت حیاط، نوع محصوریت آن‌ها نیز بر آســـایش حرارتی ساکنین مؤثر می‌باشد (منتظری و همکاران، ۱۳۹۷، ۶۳-۸۴)؛ چنانچـــه، طبق مطالعه ملکی و همکارانش در ســـال ۱۳۹۶ در شـــهر تهران، حیاط کاملاً محصور، بهترین عملکرد را در آســـایش حرارتی نســـبت به حیاط‌های باز یا نیمه‌بـــاز دارد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۶، ۳۶۹-۳۸۰). همانطور که اشـــاره شـــدجهت‌گیری فضای باز از دیگر عواملی می‌باشد که بررسی آن در بحث آسایش حرارتی ضروری است. به طوریکه در نواحی مختلف، طراحی متفاوتی را شامل می‌شود (Almhafdy et al., 2013, 170-180 ؛ خوشـــبخت و همـــکاران، ۱۳۹۹، ۱-۱۰). بنابر مطالعات پیشـــین بـــه منظور طراحی حیاط در اقلیم‌هـــای متفاوت، بایـــد به نکاتی از قبیل جهت‌گیری و کشـــیدگی بنا، نحوه‌ی اســـتقرار فضای باز و بســـته، فرم حیاط و نوع تقسیم‌بندی فضای باز، محصوریت، تناســـبات، ابعاد، شکل و چرخش حیاط، جنس مصالـــح کـــف و جداره‌ها و میزان و نوع پوشـــش گیاهی و حضور آب، توجه نمـــود(Almhafdy et al., 2013; Berkovic et al., 2012, 1173-1186; Ghaffarianhoseini et al., 2015, 154-168; Johansson, 2006, 1326-1338; Kariminia et al., 2015, 718-727; دهنـــاد و همکاران، ۱۴۰۰، ۲۱-۳۳؛ صمدپورشـــهرک و طاهباز، ۲۰۱۸، ۴۳-۶۸). منتظری و همکارانش در سال ۱۳۹۶ تراکم ســـاختمانی (تعداد طبقات)، جهت‌گیری ساختمان‌ها، مقعر و محدب بودن نماها، نوع و رنگ و جنس مصالح، الگوی ســـاخت، نســـبت پر و خالی ســـاختمان‌ها را به‌عنوان عوامل مؤثر بر میزان آســـایش حرارتی فضاهای بازمعرفی کردنـــد (منتظری و همـــکاران، ۱۳۹۷، ۸۳-۶۳). براین اساس، هندســـه حیاط در تمامی اقلیم‌ها، عامل مهمی درتامین آسایش حرارتی ساکنین، به شمار می‌آید (فتاحی و همکاران، ۱۴۰۰، ۶۹-۸۲)بر اســـاس مطالعات پیشین، علاوه بر هندسه فضاهای شهری، طراحی منظر با تکیه بر طراحی فضای ســـبز و فضای آبی (حضور آب) تاثیر بســـیاری بر آسایش‌حرارتی فضای باز دارد. ژانگ و همکاران سال ۲۰۲۰، تاثیر طراحی منظر (فضای ســـبز و آبی) بر آسایش‌حرارتی را بـــرای اقلیم‌های مختلف و فصول مختلـــف متفاوت و موثر بیان کردند (Zhang et al., 2020, 1-23) بر اســـاس مطالعات ولکر در ســـال ۲۰۱۳ تاثیر فضای ســـبز نسبت به حضور آب در ایجاد آسایش‌حرارتی بیشـــتر ارزیابی شـــد (Völker et al., 2013, 355–371) بر اساس مطالعات ســـالهای اخیر به کمک شبیه‌ســـازی خرداقلیم‌ها با پوشش گیاهـــی درختـــان متفـــاوت درک بهتـــری از تاثیـــر فضای ســـبز بر آسایش‌حرارتی حاصل شده است، ارتفاع درختان، شاخص سطح برگ و ارتفـــاع تنه و نوع درختان و الگوی کاشـــت از مهمترین عوامل موثر بر بهبود آســـایش‌حرارتی فضای باز معرفی شده است (Chen et al., 2022 ;اســـلامی و همکاران، ۱۳۹۵، ۳۳-۴۶؛ Horrison & Steph, 2023,1-10).همانطور که اشـــاره شد عوامل انسانی همچون جنسیت و ســـن نیز از عوامل تاثیرگذار بر آسایش حرارتی هستند لذا توجه به این نکته ضروری است که آســـایش حرارتی دانش آموزان در مدرسه متفاوت از بزرگسالان اســـت (زمردیان و همکاران، ۱۳۹۵، ۱۷-۲۸). اکثر مطالعات مربوط به آســـایش حرارتی دانش آموزان در مدرســـه، مربوط به کلاس درس می‌باشد (Al-Rashidi et al., 2015, -210; Saleem et al., 2014, 58-63; زمردیـــان و همکاران، ۱۳۹۵، ۲۸- ۱۷) حال‌آنکه فضای باز در مدارس معاصر ایران، به زمینی بدون فضای ســـبز و کیفیت فضایی مناسب، تقلیل یافته است که این می‌تواند یک

افول در ساخت فضای باز مدارس باشد (علاقمند و همکاران، ۱۳۹۶، ۹-۸)، لذا در پژوهش حاضر سعی بر آن است تا بر اساس محدوده آسایش حرارتی در فضای باز دانش آموزان ۷ تا ۱۲ سال دختر شهر اصفهان(چهرازی و همکاران، ۱۴۰۰، ۴۳-۵) ، تأثیر مؤلفه‌های هندسه حیاط مدارس مستخرج از پیشینه پژوهش برآسایش حرارتی دانش آموزان سنجیده و نقش هندسه حیاط در تأمین آسایش حرارتی این گروه بررسی گردد.

روش‌شناسی پژوهش

در پژوهش حاضر سعی در بررسی تأثیر مشخصات هندسی حیاط مدارس بر شرایط آسایش حرارتی آن به‌عنوان یک خرد اقلیم است. روش این پژوهش از نوع کمی است که با کمک شبیه‌سازی و درنهایت استدلال قیاسی و منطقی نتیجه حاصل می‌گردد. در ابتدا داده‌های اقلیمی روزهای بحرانی سال (انقلاب تابستانی، انقلاب زمستانی) بر اساس دوره آماری ۱۰ساله از ایستگاه سینوپتیک اصفهان جمع‌آوری شد. سپس متغیرهای تأثیرگذار بر آسایش حرارتی حیاط مدارس بر اساس ادبیات موضوع تعیین و برای تعیین الگوهای مورد آزمون، الگوی شکلی حیاط دبستان‌های دخترانه دولتی شهر اصفهان به‌صورت میدانی برداشت گردید. درنهایت بر اساس فراوانی این الگوها و همچنین با درنظرگرفتن ضوابط و استانداردهای سازمان نوسازی مدارس و نیز متغیرهای به‌دست‌آمده از مطالعات پیشینه پژوهش (جدول ۱)، الگوهای نهایی انتخاب گردید. سپس، عملکرد حرارتی مدل‌ها به روش شبیه‌سازی با کمک نرم‌افزار انویمت نسخه ۴.۴.۵ و بر اساس شاخص ارزیابی آسایش حرارتی دمای معادل فیزیولوژیکی، تعیین شد. با تعیین تعداد ساعاتی که هر مدل در دو روز انقلاب تابستانی و انقلاب زمستانی در محدوده آسایش حرارتی دختران ۷ تا ۱۲ سال شهر اصفهان که بر اساس شاخص دمای فیزیولوژیک در پژوهش میدانی که سال ۱۴۰۰ توسط نگارندگان مقاله حاضر انجام و ۳۲-۱۳.۶ سانتیگراد تعیین شد (چهرازی و همکاران،۱۴۰۰)، قرار دارد وبا تحلیل مقایسه‌ای نتایج، الگو با بیشترین ساعات آسایش حرارتی پیشنهاد گشت. روند انجام

شکل ۱. روند اجرای تحقیق
Figure 1. Research process

جدول ۱. متغیرهای پژوهش
Table1. Research variables

متغیر مستقل	متغیر وابسته
نسبت طول به عرض حیاط جهت کشیدگی حیاط ارتفاع ساختمان مدرسه الگوی شکلی (پر و خالی مدرسه)	آسایش حرارتی در حیاط مدرسه که با شاخص دمای معادل فیزیولوژیکی موردسنجی قرار گرفت. تعداد ساعاتی که هر مدل در محدوده آسایش حرارتی قرار دارد.

پژوهش به‌صورت خلاصه در شکل ۱ آورده شده است.

معرفی متغیرهای پژوهش

در این پژوهش،متغیر مستقل شامل، نسبت طول به عرض حیاط، جهت کشیدگی حیاط، ارتفاع ساختمان مدرسه، الگوی شکلی(پر و خالی مدرسه) و متغیر وابسته شامل، آسایش حرارتی در حیاط مدرسه که با شاخص دمای معادل فیزیولوژیکی ارزیابی گردید و همچنین تعداد ساعاتی که هر مدل در محدوده آسایش‌حرارتی قرار دارد می باشد. (جدول ۱)

شرایط اقلیمی اصفهان

شهر اصفهان در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی در مرکز کشور ایران قرار دارد (مجیدی و همکاران، ۱۳۹۷،۳۴). بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، این شهر دارای اقلیم فراخشک سرد است. بر اساس بررسی‌های بلندمدت آماری (۲۰۱۵ - ۱۹۵۱) میانگین سالانه دمای ایستگاه اصفهان ۴ / ۱۶ درجه سانتی‌گراد (درجه سلسیوس) و میانگین دما در سردترین ماه سال ژانویه ۳ درجه سانتی‌گراد و در گرم‌ترین ماه سال یعنی جولای ۵ / ۲۹ درجه سانتی‌گراد، است. میانگین سالانه سرعت بادهای غالب در اصفهان تقریباً ۵ / ۲ متر بر ثانیه است. همچنین جهت وزش بادهای غالب در تمامی فصول سال به‌غیراز تابستان، غربی و در فصل تابستان، شرقی است. میانگین ماهانه رطوبت نسبی هوا طبق آمار بلندمدت (۲۰۱۵ - ۱۹۵۱) در ایستگاه اصفهان ۷ / ۳۸ درصد و میانگین حداقل رطوبت نسبی تقریباً ۲۳ درصد و میانگین حداکثر آن ۶ / ۵۷ درصد، است (اداره کل هواشناسی استان اصفهان، ۱۳۹۴، ۱۶). همچنین، در ماه‌های اردیبهشت و خرداد، شرایط اقلیمی بیش از ٪۴۰ در محدوده آسایش قرار دارد؛ درحالی‌که در ماه‌های آذر تا بهمن، شرایط اقلیمی به طور کامل خارج از محدوده آسایش است و در ماه‌های آبان و اسفند، شرایط اقلیمی ثبت‌شده در محدوده آسایش بسیار ناچیز است (صبوری و همکاران، ۱۳۹۶، ۲۵).

بررسی تأثیر مشخصات هندسی حیاط بر آسایش حرارتی

بر اساس مطالعات پیشین، هندسه حیاط بر عملکرد حرارتی آن و آسایش حرارتی کاربران حیاط‌ها، تأثیرگذار است. الگوی شکلی حیاط نیز از عوامل مؤثر بر عملکرد حرارتی حیاط‌ها است. یکی از دسته‌بندی‌های الگوی شکلی حیاط، دسته‌بندی هاید است که به‌عنوان دسته‌بندی مناسب برای انواع هندسه حیاط‌ها شامل حیاط تمام بسته، حیاط نیمه‌بسته و حیاط تمام باز، باتکیه‌بر کارایی آن، می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۶، ۳۷۲). به‌طورکلی، هندسه حیاط شامل الگوی شکلی حیاط (حیاط بسته، نیمه‌بسته، تمام باز)، جهت‌گیری، تعداد طبقات ساختمان‌های دربرگیرنده حیاط و نسبت اضلاع حیاط نسبت به یکدیگر است. مهم‌ترین این عوامل، نسبت طول به عرض حیاط و نسبت ارتفاع دیوارهای محصورکننده حیاط به عرض حیاط است که تأثیر چشمگیری در عملکرد حرارتی حیاط‌ها و تأمین آسایش حرارتی در آن‌ها دارد. عوامل دیگری چون جنس مصالح کف حیاط، دیواره‌های محصورکننده آن، میزان و نوع سبزینگی موجود در حیاط و حضور و یا عدم حضور آب در حیاط نیز بر عملکرد حرارتی حیاط‌ها تأثیرگذارند (جدول ۲).

الگوی شکلی غالب حیاط دبستان‌های دولتی دخترانه شهر اصفهان

برای تعیین الگوی مورد بررسی در پژوهش حاضر، ابتدا الگوی شکلی دبستان‌های دولتی دخترانه شهر اصفهان برداشت شد و با بررسی فراوانی هر یک از الگوهای برداشت‌شده الگوهای غالب تعیین گردید (جدول ۳). باتوجه‌به پراکندگی الگوها، یافتن الگوی غالب برای تعیین الگوی مورد بررسی در پژوهش حاضر تنها از طریق بررسی الگوهای موجود امکان‌پذیر نیست، بنابراین برای تعیین الگوهای نهایی پژوهش حاضر با بررسی پیشینه پژوهش و همچنین الگوهای برداشت‌شده از مدارس موجود و استانداردها و قوانین اجرایی سازمان نوسازی مدارس کشور الگوهای پژوهش تعیین می‌گردد.

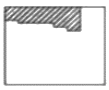
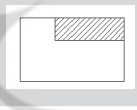
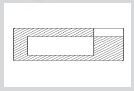
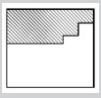
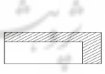
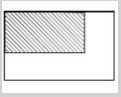
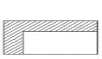
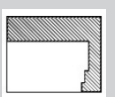
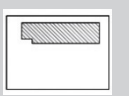
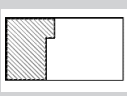
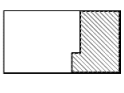
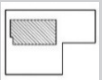
الگوهای نهایی پژوهش

برای تعیین الگوهای پژوهش، متغیرهای الگوی شکلی، نسبت طول

جدول ۲.عوامل مؤثر بر عملکرد حرارتی حیاط مدارس
Table 2. Factors affecting the thermal performance of school yards

عوامل هندسی مؤثر بر عملکرد حرارتی حیاط مدارس	هندسه حیاط	الگوی شکلی	حیاط تمام بسته
			حیاط نیمه‌بسته
			حیاط تمام باز
		جهت‌گیری	
		نسبت ابعاد حیاط	نسبت طول به عرض حیاط و مساحت حیاط
			نسبت ارتفاع دیوارهای محصورکننده حیاط به عرض حیاط

جدول ۳. فراوانی الگوی شکلی حیاط دبستان‌های دولتی دخترانه شهر اصفهان
Table 3. Frequency of models shape in public elementary schools for girls in Isfahan city

هندسه حیاط	فراوانی	هندسه حیاط	فراوانی	هندسه حیاط	فراوانی	هندسه حیاط	فراوانی
	۱۶		۲		۳		۱
	۴		۱		۱		۱
	۳		۱		۱		۲
	۱۲		۱		۲		۱
	۱		۱		۱		۱
	۳		۱		۱		۱
	۳		۱		۱		۱
	۱		۱		۱		۱
	۱		۱		۱		۱
	۱						

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

بـــه عرض حیـــاط، ارتفاع ســـاختمان محصورکننده حیاط، نســـبت مساحت ساخت به حیاط و جهت کشیدگی حیاط از پیشینه پژوهش و مطالعات میدانی (بررســـی هندسه حیاط دبستان‌های دولتی موجود شهر اصفهان) برداشـــت گردید و درنهایت تعداد ۱۲۵(جدول ۵) الگو حاصل گردید تا به کمک نرم‌افزار انویمت عملکرد حرارتی‌شان بررسی و الگو با بیشترین ساعات آسایش حرارتی معرفی گردد.

-الگوی شکلی

برای تعیین الگوهای شـــکلی قابل‌بررســـی برای پژوهـــش حاضر، با بررســـی حیاط دبستان‌های دخترانه دولتی شهر اصفهان (جدول ۳) و همچنین بر اســـاس مطالعات پیشین، الگوها در سه دسته حیاط تمام بسته (الگوی حیاط مرکزی)، حیاط نیمه‌بسته و حیاط تمام باز معرفی گردید (جدول ۴) در این تصاویر فضاهای پر با رنگ سیاه و حیاط‌ها با رنگ سفید مشخص‌شده‌اند.

-ارتفاع الگوهای پژوهش

پژوهش حاضر دبســـتان‌های ترکیبی دخترانه شـــهر اصفهان را مورد بررســـی قرار می‌دهد که تعداد طبقه مجاز برای نمونه مورد بررسی در پژوهش حاضر ۲ و ۳ طبقه است (جدول ۴). بر اساس مطالعات میدانی و بررسی دبستان‌های دولتی دخترانه موجود شهر اصفهان، ارتفاع غالب دبســـتان‌های موجود ۲ طبقه است، بنابراین الگوهای مورد بررسی در پژوهش حاضر در ارتفاع دوطبقه انتخاب گردید.

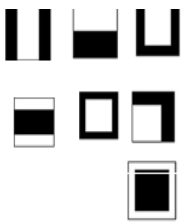
- نسبت اضلاع الگوهای پژوهش

حداکثر نســـبت مساحت ســـاخت به حیاط دبســـتان‌ها در شهرهای درجه‌یک، ۵۰ درصد و همچنین حداکثر نســـبت طول به عرض حیاط دبســـتان‌ها نیز ۱ به ۲.۵ است (نشریه۶۹۷، ۱۳۹۵: ۳۷). بر این اساس الگوهای شکلی (جدول۴) بسط داده شد و برای ثابت نگه‌داشتن تأثیر مساحت حیاط بر نتایج پژوهش، هندســـه مدل‌ها به‌گونه‌ای طراحی گردید که مســـاحت حیاط در تمام مدل‌ها عـــدد ثابت ۵۰۰ مترمربع گردد. الگوهای نهایی در جدول ۵، ارائه‌شده است. این الگوها در ارتفاع دوطبقه مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌های پژوهش

برای بررســـی عملکرد حرارتـــی حیاط‌های مدارس شـــهر اصفهان، الگوهای به‌دست‌آمده در دو روز انقلاب تابستانی و زمستانی در نرم‌افزار انوی-مت شبیه‌سازی شدند. داده‌های اقلیمی روزهای انقلاب تابستانی و زمستانی شهر اصفهان بر اساس میانگین آمار اقلیمی ۱۰ساله انقلاب تابستانی و زمستانی برداشت‌شده از ۴ ایستگاه هواشناسی شهر اصفهان تعییـــن گردید و به‌عنـــوان ورودی داده‌های اقلیمـــی نرم‌افزار انویمت اســـتفاده شد. به‌منظور مدل‌ســـازی، مدل‌های پژوهش (جدول ۶) در نرم‌افزار انویمت در شبکه‌ای به ابعاد ۲*۲*۲ مترمربع شبیه‌سازی شد، جنس مصالح ساختمان مدارس آجر و کف حیاط مدارس آسفالت (به عنوان مصالح غالب اســـتفاده شده در مدارس شـــهر اصفهان) در نظر گرفته شـــد ابعاد مدل‌ها به‌گونه‌ای انتخاب گردید که مســـاحت تمام حیاط‌ها عدد ثابت ۵۰۰ مترمربع باشد. در نهایت، متوسط دمای معادل فیزیولوژیـــک در هر یک از حیاط مدل‌ها برای دختران ۷ تا ۱۲ ســـال شـــهر اصفهان و در ساعات حضور دانش‌آموزان در دبستان (بازه زمانی ۷ تـــا ۱۳) به کمک برنامه بایومت نرم‌افزار انوی‌مت تعیین شـــد. برای تحلیل نتایج محدوده آســـایش دختران ۷ تا ۱۲ سال شهر اصفهان در بازه زمانی ۹ ماه ســـال در فضای باز مدارس، دمای معادل فیزیولوژیک ۱۳.۶ تا ۳۲ درجه ســـانتی‌گراد در نظر گرفته‌شد (چهرازی و همکاران، ۱۴۰۰). بر این اســـاس، با شبیه‌ســـازی۱۲۵ مدل در نرم‌افزار انویمت،

جدول ۴.مشخصات الگوهای پژوهش
Table 4. Specifications of research models

الگوی شکلی	تعداد طبقات ساختمان محصورکننده حیاط	نسبت مساحت ساخت به حیاط	نسبت عرض به طول حیاط	جهت قرارگیری حیاط	مساحت حیاط
	۲ طبقه ۳ طبقه (نشریه۶۹۷، ۱۳۹۵، ۲۴)	۵۰ درصد (نشریه۶۹۷، ۱۳۹۵، ۳۷)	۱ به ۱ ۱ به ۱/۵ ۱ به ۲ ۱ به ۲/۵ (نشریه۶۹۷، ۱۳۹۵، ۳۷)	چرخش در چهار جهت اصلی	۵۰۰ مترمربع

سعی شد هندسه حیاط با تامین بیشترین ساعات آسایش حرارتی در حیاط مدارس تعیین گردد. نمونه‌ای از اطلاعات به‌دست‌آمده از این شبیه‌سازی در جدول ۶، آمده است.

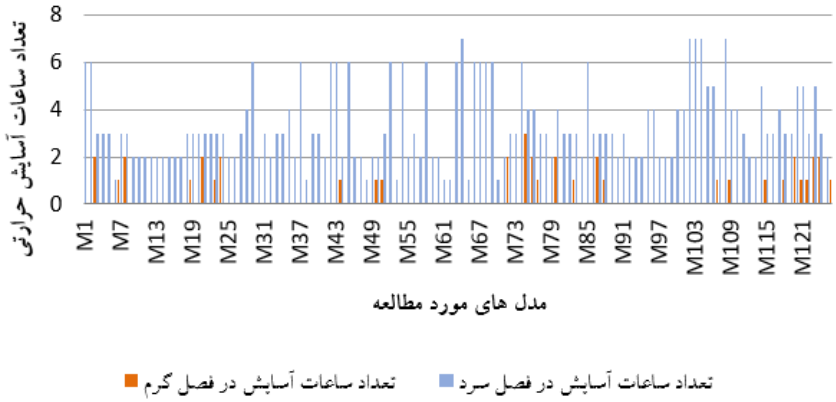
برای مقایسه دقیق‌تر مدل‌ها تعداد ساعاتی که هر مدل در فصل سردوگرم در محدوده آسایش حرارتی قرار دارد بررسی گردید که نتایج در شکل ۲، ارائه‌شده است. بر اساس نتایج در فصل سرد مدل‌های M64 و M104، M103، M102 و M108 در کل ساعات به مدت ۷ ساعت در محدوده آسایش حرارتی قرار دارند و در فصل گرم مدل M75 با ۳ ساعت بیشترین زمان قرارگیری در شرایط آسایش در فصل گرم را نشان داد و همچنین مدل‌های M64، M75، M102، M103، M104، M108، M120 و M123 با ۷ ساعت در فصل سردوگرم بیشترین ساعات قرارگیری در محدوده آسایش را فراهم می‌کنند (جدول ۷) .

نتیجه‌گیری

هندسه حیاط نقش مؤثری بر عملکرد حرارتی آن دارد، لذا باتوجه‌به اهمیت تأمین آسایش حرارتی در حیاط مدارس برای حضور فعال دانش‌آموزان و تبدیل حیاط مدارس به فضایی آموزشی در این پژوهش سعی گردید، تأثیر هندسه حیاط دبستان‌های دخترانه شهر اصفهان باهدف تأمین بیشترین ساعات آسایش حرارتی بررسی گردد. نتایج پژوهش حاکی از تأثیر مؤثر الگوی شکلی، تناسبات اضلاع و جهت‌گیری حیاط مدارس، بر شاخص ارزیابی آسایش حرارتی دمای معادل فیزیولوژیک در روزهای بحرانی انقلاب تابستانی و زمستانی، به ویژه انقلاب زمستانی است، به‌طوری‌که ساعات آسایش حرارتی در حیاط‌ها با الگوهای متفاوت در فصل سرد که مدارس بیشتر مورداستفاده قرار می-گیرند، بین ۱ تا ۷ ساعت، بر اساس نسبت طول به عرض و الگوی شکلی و جهت کشیدگی حیاط متغیر است. طبق نتایج، در فصل سرد، از میان مدل‌های مورد آزمون، مدل‌هایی با نسبت

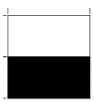
جدول ۵. مشخصات الگوهای پژوهش
Table 5. Characteristics of research models

فرم ساختمان / نسبت اضلاع	۱ به ۱	۱ به ۱/۵	۱/۵ به ۱	۱ به ۲	۲ به ۱	۱ به ۲/۵	۲/۵ به ۱
به‌صورت مستطیل							
L شکل							
U شکل							
ساخت در دو طرف							
ساخت در مرکز							
حیاط مرکزی							
به‌صورت کوشک							



شکل ۲. تعداد ساعات آسایش حرارتی مدل‌های پیشنهادی حیاط دبستان‌های شهر اصفهان
Figure 2. The frequency of thermal comfort hours of the proposed models in the courtyards of elementary schools in Isfahan city

جدول ۶. نمونه‌ای از نتایج متوسط دمای معادل فیزیولوژیک مدل‌ها (منبع: نرم‌افزار انوی‌مت)
Table 6. An example of the average results of the physiological equivalent temperature of the models

مدل	الگوی شکلی	نسبت اضلاع	PET ۸صبح انقلاب تابستانی	PET ۱۲ظهر انقلاب تابستانی	PET ۸صبح انقلاب زمستانی	PET ۱۲ ظهر انقلاب زمستانی
M1		۱ به ۱	۴۲/۱۶۱	۴۶/۴۰۴	۱۶/۴	۲۷/۸۰۱
M2		۱ به ۱	۴۱/۹۰۲	۴۶/۵۴۲	۱۶/۸۲۲	۲۸/۴۶۶
M3		۱ به ۱	۲۹/۹۲۲	۴۵/۶۲۲	۱۴/۲	۳۵/۱۱۱

جدول ۷. تعداد ساعت آسایش حرارتی مدل‌ها در فصل سرد وگرم
Table 7. The frequency of thermal comfort hours of the models in the cold and hot seasons

مدل	M64	M75	M102	M103	M104	M108	M120	M123
	نتایج فصل گرم و سرد							
هندسه مدل	۲ به ۱	۱ به ۲	۲/۵ به ۱	۲/۵ به ۱	۲/۵ به ۱	۲/۵ به ۱	۱ به ۲/۵	۱ به ۲/۵
فصل	سرد	گرم	سرد	گرم	سرد	گرم	سرد	گرم	سرد	گرم	سرد	گرم	سرد	گرم
تعداد ساعت	۷	۰	۷	۳	۷	۰	۷	۰	۷	۰	۷	۰	۵	۲

۲ به ۱ و ۲.۵ به ۱ با کشیدگی شرقی - غربی، بیشترین ساعات آسایش حرارتی را برای دانش-آموزان تأمین می‌کنند، این مدل‌ها با داشتن بیشترین وسعت در ضلع جنوبی، بیشترین حرارت را در فصل سرد کسب نموده و ازآنجایی‌که باد غالب شهر اصفهان در فصل سرد از سمت غرب می‌وزد، وسعت کم ضلع غرب موجب می‌گردد تا فضای باز این مدل‌ها، کمتر در معرض وزش باد سرد قرار گیرند و عملکرد حرارتی مناسب‌تری داشته باشند. همچنین بر اساس نتایج شبیه‌سازی در فصل سرد نقش الگوی شکلی حیاط‌ها در تأمین آسایش حرارتی دانش‌آموزان چشمگیر تعیین شد. به‌طوری‌که حیاط‌ها با ساختمان مستطیل‌شکل در مرکز زمین و همچنین، مدل‌هایی با ساختمان یو شکل (ساختمان در جبهه شمال، شرق و جنوب) و ساختمان اِل‌شکل (ساختمان در جبهه شمال و غرب یا در جبهه جنوب و غرب)، در روز انقلاب زمستانی به مدت ۷ ساعت، در محدوده آسایش حرارتی قرار دارند که باتوجه‌به اینکه بیشترین استفاده از مدارس ابتدایی از مهرماه تا اواسط اردیبهشت (فصول سرد) است، این مدل‌ها می‌تواند به‌عنوان الگوی شکلی حیاط مدارس ابتدایی دخترانه شهر اصفهان پیشنهاد گردد. همچنین پیشنهاد می‌گردد که با قراردادن موانعی مانند کاشت درختان یا مصنوعات ساختمانی در ضلع غرب، از ورود باد به فضای باز در فصل سرد جلوگیری گردد. به‌طورکلی باتوجه‌به فراوانی مدل‌های برگزیده، از میان مدل‌های مورد آزمون، بیشترین ساعات آسایش حرارتی را مدلی با نسبت ۲.۵ به ۱ (کشیدگی شرقی - غربی) با ساختمان مرکزی، تأمین می‌نماید. ازآنجایی‌که فضای باز ساختمان به‌نحوی‌که بیشترین ساعات آسایش حرارتی را فراهم سازد، مدلی است که در زمستان بیشترین مقدار حرارت و کمترین وزش باد و در تابستان نیز کمترین مقدار حرارت را از خورشید و بیشترین میزان وزش باد را از محیط اطرافش کسب نماید، بنابراین نتایج پژوهش حاضر ازلحاظ منطقی قابل‌قبول است. از طرفی بر اساس نتایج شبیه‌سازی، فضای باز در مدل‌هایی با نسبت ۱ به ۲ یا ۱ به ۲.۵ که ساختمان به‌صورت مرکزی یا کوشکی قرار گیرید، در تابستان عملکرد حرارتی خوبی دارند؛ بدین صورت که دارای عرض کم در ضلع جنوبی بوده؛ بنابراین ساعات کمتری در معرض تابش خورشید و دریافت حرارت هستند. از طرفی باتوجه‌به اینکه وزش باد غالب در شهر اصفهان، تابستان‌ها، از سمت شرق است، به دلیل وسعت زیاد ضلع شرقی، محیط بیشتر در معرض وزش باد بوده که می‌تواند در افزایش برودت هوای حیاط مؤثر باشد. انتظار میرود با کاشت چمن و درختچه‌های کوتاه در ضلع شرق، به‌طوری‌که مانع ورود باد به فضای باز نشوند، موجب افزایش برودت هوا در فضای باز و بهبود عملکرد حرارتی حیاطها در فصل گرم شد. بر اساس نتایج با انتخاب مناسب الگوی شکلی، جهت کشیدگی و تناسبات اضلاع حیاط مدارس می‌توان به میزان قابل‌توجهی مدت‌زمان تأمین آسایش حرارتی را برای دانش‌آموزان افزایش داد و حیاط مدارس را به محیطی پویاتر تبدیل نمود، این مسئله نشان از اهمیت لزوم توجه معماران و شهرسازان به طراحی اقلیمی به کمک نرم‌افزارهای انرژی در راستای افزایش شرایط محیطی مطلوب و تأمین آسایش حرارتی برای کاربران و گروه‌های جنسیتی و سنی متفاوت دارد.

پی‌نوشت‌ها

1. Outdoor Thermal Comfort

نقش نویسندگان

بررسی ادبیات، مطالعات میدانی و پیشنهاد الگوهای مورد مطالعه، شبیه‌سازی کامپیوتری، تحلیل نتایج شبیه‌سازی و تهیه متن دست‌نوشته توسط غزاله چهرازی انجام گرفته است. نرگس دهقان با ویرایش و تعیین الگوهای نهایی، ویرایش دست‌نوشت و هانیه صنایعیان با ویرایش و تعیین الگوهای نهایی و تحلیل نتایج شبیه‌سازی نرم‌افزار انوی‌مت و امیر گندمکار با تهیه داده‌های اقلیمی مورد نیاز پژوهش در انجام پژوهش یاری نمودند.

تقدیر و تشکر

این پژوهش منتج از رسالهٔ دکتری با عنوان شناسایی کالبد و هندسه بهینه حیاط دبستان‌های دولتی دخترانه شهر اصفهان باهدف دستیابی به آسایش حرارتی و با حمایت دانشکده هنر، معماری و شهرسازی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد انجام گرفته است. همچنین از مدیریت و کارکنان مدارس دخترانه اصفهان که ما را در روند جمع آوری داده های این پژوهش یاری نمودند، کمال تشکر را داریم.

تعارض منافع نویسندگان

نویسندگان به‌طورکامل از اخلاق نشر تبعیت کرده و از هرگونه سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد و نویسندگان در قبال ارائه اثر خود وجهی دریافت ننموده‌اند

فهرست مراجع

۱. اداره کل هواشناسی استان اصفهان. (۱۳۹۴). نمایه اقلیمی اصفهان.
http://esfahanmet.ir/dorsapax/userfiles/file/Ozonsanji.pdf

۲. اسلامی، محمدامین؛ نوذری فردوسیه، احمد؛ و طاهباز، منصوره. (۱۳۹۵). راهکارهای طراحی اقلیمیِ معابر فضای باز (مطالعه موردی: پیاده‌راه‌های دانشگاه کاشان). *هویت شهر*، ۱۰(۲).

۳. اکبری، حسن؛ محمدی مقدم، سمیرا؛ رشیدکلویر، حجت‌الله؛ و حاتمی‌خانقاهی، توحید. (۱۴۰۰). بررسی شرایط آسایش حرارتی خانه‌های حیاط مرکزی در اقلیم گرم و خشک (نمونهٔ موردی: خانه‌های شهر اصفهان). *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۱۱(۴۴)، ۳۶-۲۱.

۴. چهرازی، غزاله؛ دهقان، نرگس؛ صنایعیان، هانیه؛ و گندمکار، امیر. (۱۴۰۰). تعیین محدوده آسایش حرارتی در فضای باز دبستان‌های دخترانه شهر اصفهان. *صفه*، ۳۱(۳)، ۵۸-۴۳.

۵. حیدری، شاهین؛ و منعام، علیرضا. (۱۳۹۳). ارزیابی شاخصه‌های آسایش حرارتی در فضای باز. *جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، ۱۱(۲۰)،۱۹۷-۲۱۶.

۶. خاکی‌قصر، آزاده. (۱۳۹۷). مدیریت مدارس سبز: الگوی همنشینی دبستان‌ها و بوستان‌ها. *مدیریت مدرسه*،۲ (۶)، ۱۲۱-۱۰۰.

۷. خوشبخت، یاسر؛ مدی، حسین، و آزموده، مریم. (۱۳۹۹). بررسی هندسه بلوک‌های شهری در میزان آسایش حرارتی فضای باز در دوره گرم سال (مطالعه موردی: شهر همدان). *مطالعات طراحی شهری و پژوهش‌های شهری*، ۱۱(۳)، ۳۹-۲۸.

۸. دهناد، نازنین؛ کریمی، باقر؛ و مهدی‌نژاد، جمال‌الدین. (۱۴۰۰). بررسی تأثیر مورفولوژی مجتمع‌های مسکونی بر آسایش حرارتی فضای باز. *مطالعات مدیریت شهری*، ۱۳(۴۶)، ۳۳-۲۱.

۹. زمردیان، زهرا السادات؛ امینیان، سعید؛ و طاهباز، منصوره. (۱۳۹۵). ارزیابی آسایش حرارتی در کلاس درس در اقلیم گرم و خشک مطالعات میدانی: دبستان دخترانه در شهر کاشان. *هنرهای زیبا؛ معماری و شهرسازی*، ۲۱(۴)، ۲۸-۱۷.

۱۰. شعله، مهسا؛ صادقی، علیرضا؛ و عبادی، مریم. (۱۴۰۰). سنجش تغییرات هندسه بافت شهری بر شرایط آسایش حرارتی بیرونی مطالعه موردی: بافت مسکونی قدیمی و میانی شیراز. *فصلنامه شهر پایدار*. ۴(۲). ۱-۲۲.

۱۱. صبوری، صابر، و رحیمی، لیلا. (۱۳۹۶). تحلیل زمانی آسایش اقلیمی شهرها با رویکرد کاهش مصرف انرژی: مطالعه موردی شهرهای تهران، تبریز، اصفهان، شیراز، یزد و بندرعباس. *پژوهش‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری انرژی*، ۳(۶)، ۳۵-۷.

۱۲. صمدپور شهرک، مهسا؛ و طاهباز،منصوره. (۲۰۱۸). بررسی راهکارهای ارتقای فضای باز مدارس ابتدایی دخترانه از نگاه دانش‌آموزان (نمونهٔ موردی: شهر تبریز). *فناوری آموزش*، ۱۲(۲)، ۱۰۸-۹۵.

۱۳. طاهباز، منصوره، جلیلیان، شهربانو، و موسوی، فاطمه. (۱۳۹۱). آموزه هایی از معماری اقلیمی گذرهای کاشان تحقیق میدانی در بافت تاریخی شهر. *مطالعات معماری ایران*، ۱(۱)، ۸۳-۵۹.

۱۴. عظمتی، حمیدرضا؛ صباحی، سمانه؛ و عظمتی، سعید. (۱۳۹۱). عوامل محیطی موثر بر رضایتمندی دانش آموزان از فضاهای آموزشی. *نقش جهان*، ۲(۱)، ۴۲-۳۱.

۱۵. علاقمند، سپیده؛ صالحی، سعید؛ و مظفر، فرهنگ. (۱۳۹۶). مطالعه تطبیقی معماری و محتوای مدارس ایران از دوره سنتی تا نوین. *باغ نظر*، ۱۴(۴۹)، ۱۸-۵.

۱۶. فتاحی، کارن؛ نصراللهی، نازنین؛ انصاری‌منش، مریم؛ خداکرمی، جمال‌الدین؛ و عمرانی پور، علی. (۱۴۰۰). بررسی نقش هندسه و نوع فضای باز شهری بر آسایش حرارتی و کیفیت محیطی (مطالعه موردی بافت تاریخی کاشان). *فصلنامه مطالعات شهری*، ۱۰(۳۹)، ۸۲-۶۹.

۱۷. مجیدی، فاطمه السادات؛ حیدری، شاهین؛ قلعه‌نویی، محمود؛ و قاسمی سیچانی، مریم (۱۳۹۷). تفاوت فصلی حدود آسایش حرارتی در محلات قدیم و جدید شهر اصفهان (مطالعه موردی: محلات جلفا و مرداویج)، *هنرهای زیبا؛ معماری و شهرسازی*. ۲۳(۲)،۳۱-۴۲.

۱۸. ملکی، سیدمحمدرضا؛ محمدکاری، بهروز؛ و معرفت، مهدی. (۱۳۹۶). بررسی عملکرد حیاط و خصیصه‌های طراحی آن برای بهبود عملکرد گرمایی و آسایش حرارتی در شرایط آب‌وهوایی تهران. *مهندسی مکانیک مدرس*، ۱۷(۴)، ۳۸۰-۳۶۹.

۱۹. منتظری، مرجان؛ جهانشاهلو، لعلا؛ و ماجدی، حمید. (۱۳۹۷). تأثیر مؤلفه‌های فرم کالبدی شهری بر آسایش حرارتی فضاهای باز شهری (مطالعه موردی: اراضی پشت سیلو شهر یزد). *مطالعات محیطی هفت حصار*، ۶(۲۳)، ۶۶-۴۹.

۲۰. نشریه ۶۹۷. (۱۳۹۵). *ضوابط طراحی ساختمان‌های آموزشی (برنامه‌ریزی معماری همسان مدارس ابتدایی و متوسطه)*. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

21. Al Haddid, H., & Al-Obaidi, K. M. (2022). Examining the impact of urban canyons morphology on outdoor environmental conditions in city centres with a temperate climate. *Energy Nexus,* 8, 100159.

22. Aljawabra, F., & Nikolopoulou, M. (2010). Influence of hot arid climate on the use of outdoor urban spaces and thermal comfort: Do cultural and social backgrounds matter?. *Intelligent Buildings International*, 2(3), 198-217.

23. Al-Rashidi, K., Alazmi, R., & Alazmi, M. (2015). Artificial neural network estimation of thermal insulation value of children's school wear in Kuwait classroom. *Advances in Artificial Neural Systems,* 2015.

24. Almhafdy, A., Ibrahim, N., Ahmad, S. S., & Yahya, J. (2013). Courtyard design variants and microclimate performance. *Procedia-Social and Behavioral Sciences,* 101, 170-180.

25. Zhang, L., Wei, D., Hou, Y., Du, J., Liu, Z. A., Zhang, G., & Shi, L. (2020). Outdoor thermal comfort of urban park—a case study. *Sustainability,* 12(5), 1961.

26. Berkovic, S., Yezioro, A., & Bitan, A. (2012). Study of thermal comfort in courtyards in a hot arid climate. *Solar Energy, 8*6(5), 1173-1186.

27. Canan, F., Golasi, I., Ciancio, V., Coppi, M., & Salata, F. (2019). Outdoor thermal comfort conditions during summer in a cold semi-arid climate. A transversal field survey in Central Anatolia (Turkey). *Building and Environment,* 148, 212-224.

28. Chen, L., Zhang, Y., Luo, Z., & Yao, F. (2022). Optimization design of the landscape elements in the Lhasa residential area driven by an orthogonal experiment and a numerical simulation. *International Journal of Environmental Research and Public Health,* 19(10), 6303.

29. Ghaffarianhoseini, A., Berardi, U., & Ghaffarianhoseini, A. (2015). Thermal performance characteristics of unshaded courtyards in hot and humid climates. *Building and Environment,* 87, 154-168.

30. Hasehzadeh Haseh, R., Khakzand, M., & Ojaghlou, M. (2018). Optimal thermal characteristics of the courtyard in the hot and arid climate of Isfahan. *Buildings,* 8(12), 166.

31. Horrison, E., & Stephi, H. (2023, July). Impact of green cover on improving outdoor thermal comfort in Urban Residential Clusters. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (*Vol. 1210, No. 1, p. 012037). IOP Publishing.

32. Johansson, E. (2006). Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco. *Building and environment,* 41(10), 1326-1338.

33. Kariminia, S., Ahmad, S. S., & Saberi, A. (2015). Microclimatic Conditions of an Urban Square: Role of built environment and geometry. *Procedia-Social and Behavioral Sciences,* 170, 718-727.

34. Lai, D., Liu, W., Gan, T., Liu, K., & Chen, Q. (2019). A review of mitigating strategies to improve the thermal environment and thermal comfort in urban outdoor spaces. *Science of the Total Environment,* 661, 337-353.

35. Nicosia, N., & Datar, A. (2018). Neighborhood environments and physical activity: a longitudinal study of adolescents in a natural experiment. *American journal of preventive medicine,* 54(5), 671-678.

36. Ojaghlou, M., & Khakzand, M. (2018). Comparative Study of Form and Features of Courtyards in Terms of Outdoor Thermal Comfort in Two Contrasting Climates of Iran. *Journal of Sustainable Development,* 11(2).

37. Parker, J. (2021). The Leeds urban heat island and its implications for energy use and thermal comfort. *Energy and Buildings,* 235, 110636.

38. Saleem, A., Abel-Rahman, A., Ali, A. H., & Ookawara, S. (2014). Experimental study on thermal comfort conditions in existing public primary schools buildings in Upper Egypt. *Sustainability in Energy and Buildings: Research Advances* ISSN 2054-3743(3), 58.

39. Sedira, S., & Mazouz, S. (2023). The effect of urban geometry on outdoor thermal comfort. *Application of the UTCI index in hot and arid climates.*

40. Völker, S., Baumeister, H., Claßen, T., Hornberg, C., & Kistemann, T. (2013). *Evidence for the temperature-mitigating capacity of urban blue space—A health geographic perspective. Erdkunde,* 355-371.

ISSN 17359562

Investigating the Geometry of the Courtyards of Girls' Primary Schools in Isfahan City with the purpose of Providing the Most Hours of Thermal Comfort

Ghazaleh Chehrazi, *Ph.D. Candidate, Department of Architecture, Advancement in Architecture and Urban Planning Research Center, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.*

Narges Dehghan,* *Assistant Professor, Department of Architecture, Advancement in Architecture and Urban Planning Research Center, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.*

Haniyeh Sanaieian, *Assistant Professor, Architecture Department, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.*

Amir Gandomkar, *Associate Professor, Department of Geography, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.*

Abstract

Schoolyards are places where students spend about 20 to 25% of their time there. When the schoolyard is designed to meet students' needs, it can become a dynamic place for entertaining and educating students. To maintain active participation in the schoolyard, students need thermal comfort. This research aims to determine the optimal geometry of the courtyards of girls' primary schools in Isfahan City to ensure students' comfort. For this purpose, the pattern of public schools for girls in Isfahan was examined. Moreover, previous studies and criteria of the School Renovation Organization were reviewed, as well as the dominant geometry of girls' schools in Isfahan City and the geometric pattern of the tests. The thermal simulation of the geometric patterns was carried out using Envi-met software in two 8-hour periods on June 21 (summer solstice) and December 21 (winter solstice). By comparing the thermal performances of the models, it was determined that the optimal model for students was determined by the number of hours of thermal comfort provided by each model. A model that obtains the maximum amount of heat from the sun and the surrounding environment in winter while obtaining the least amount of heat in summer provides the optimal shape and form of the open space in a building to provide the most hours of thermal comfort. Thus, Considering the importance of providing thermal comfort in the school yard for the active participation of students and turning the schoolyard into an educational space, the optimal geometry of the yard in this research of girls' primary schools in Isfahan city to determine the maximum hours' Thermal comfort was obtained. When the building is placed centrally or in a summerhouse, open spaces have good thermal performance in summer since they have a small width on the south side, so they are exposed to sunlight and receive heat for fewer hours. In addition, since the prevailing wind direction in Isfahan City in summer is from the east, the eastern side of the yard is more exposed to the wind, resulting in greater cooling. The simulation results indicate that models with a ratio of 2.5 to 1, which are U-shaped buildings (those with north, east, and south fronts) and L-shaped buildings (those with north and west fronts or north and west fronts), have good thermal performance. In the cold season, they have an east-west elongation with a ratio of 2.5 to 1, which indicates the extent of the south side of the building, which receives the most heat in the cold season and can provide comfortable conditions for students in schoolyards. Since the prevailing wind in the cold season blows from the west, the small size of the west side causes the open space of the proposed models to be less exposed to the wind. It is also suggested to prevent the wind from entering the open space in the cold season by using obstacles, such as planting trees or building artifacts on the west side.

Keywords: Yard geometry, Girls' elementary school, Isfahan City, Outdoor thermal comfort, Envi-met.

* Corresponding Author Email: dehghan@par.iaun.ac.ir