Theosophical-Philosophical Foundation of Iranian Art
Volume 2 / Issue 2 / pages 92-111 e-ISSN: 2980-7875

Original Research

10.30486/PIA.2023.1995079.1051

Evaluation of Environmental Components Affecting Natural Ventilation of the Traditional House of Natanz City

Zahra Akhlaghi[1], Zahra Abbasi[2]

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

2 Assistant professor, Department of Architecture, Natanz branch, Islamic Azad University, Natanz, Iran (Corresponding author)

Abstract

Failure to take advantage of environmental factors in the design and the high consumption of non-renewable energy have caused energy wastage and increased costs in the residential sector. Meanwhile, natural ventilation is one of the most effective factors in creating thermal comfort. The city of Natanz is located in the sub-climate of the foothills. Energy requirements depend to a great extent on the climatic conditions of the environment, and it is possible to position the buildings within the comfort zone for a significant portion of the year by considering environmental factors and utilizing natural ventilation.

In the following article, the approach to native housing in Natanz City, focusing on natural ventilation to adapt to thermal comfort conditions, is investigated. Ventilation in four houses from the Timurid to Pahlavi periods in Bagshahr Natanz has been analyzed using Computational Fluid Dynamics (CFD) and the Design-Builder software. The results of the investigations show that the native architecture of Natanz City, incorporating static solutions and mindful consideration of the bed's conditions, has successfully placed these buildings within the thermal comfort zone for many days during the hot season by harnessing suitable natural ventilation.

Keywords: Natanz Garden City, Natural Ventilation, Sustainable Architecture, Thermal Comfort

Received: 2023-08-30 Accepted: 2023-10-01 zahra.archi@yahoo.com

بنیان‌های حکمی فلسفی هنر ایرانی
سال دوم / شماره دوم / تابستان ۱۴۰۲/ ص ۱۱۱-۹۲

پژوهشی

10.30486/PIA.2023.1995079.1051

ارزیابی مولفه‌های محیطی موثر بر تهویه‌ی طبیعی در مسکن بومی نطنز

زهرا اخلاقی[۱]، زهرا عباسی[۲]

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

۲ استاد یار، گروه معماری، واحد نطنز، دانشگاه ازاد اسلامی، نطنز، ایران.(نویسنده مسئول)

چکیده

عدم بهره‌گیری از عوامل محیطی در طراحی و مصرف بالای انرژی‌های تجدید ناپذیر، موجب هدررفت انرژی و افزایش هزینه‌ها در بخش مسکونی شده‌است. در این میان تهویه‌ی طبیعی یکی از مؤثرترین عوامل در ایجاد آسایش حرارتی است. شهر نطنز در خرداقلیم معتدل کوهپایه‌ای قرار دارد؛ نیاز انرژی تا حد بسیار زیادی به شرایط اقلیمی محیط شان بستگی دارد و می‌توان در بخش زیادی از سال با توجه به عوامل محیطی و تهویه طبیعی ساختمان را در منطقه آسایش قرار داد. در مقاله پیش رو، نحوه‌ی برخورد مسکن بومی شهر نطنز از منظر تهویه طبیعی برای تطبیق شرایط اسایش حرارتی مورد بررسی قرار می‌گیرد. این تحقیق از نوع ترکیبی و روش تحقیق توصیفی-تحلیلی می‌باشد. در بخش نخست، مطالعه‌ی اسنادی و کتابخانه‌ای اساس تحلیل، توصیف مطلب موجود در مقاله را تشکیل می‌دهند. در این بخش با بررسی تحقیقات انجام‌شده در زمینه تهویه طبیعی و ویژگی‌های اقلیمی شهر نطنز مبانی نظری و ادبیات موضوع تعریف شده‌اند. نتایج بررسی‌ها نشان می دهد، معماری بومی شهر نطنز با راهکارهای ایستا و توجه به شرایط بستر توانسته است در ایام زیادی از فصل گرم سال با استفاده از تهویه طبیعی مناسب در منطقه اسایش حرارتی قرارگیرد.

کلید واژه‌ها: آسایش حرارتی، باغشهر نطنز، تهویه طبیعی، معماری پایدار

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۹
zahra.archi@yahoo.com

مقدمه و بیان مساله

در معماری بومی ایران همواره، تطبیق‌پذیری بالایی با اقلیم مطرح بوده و راهکارهای متنوعی جهت بهره‌گیری از پتانسیل‌های محیطی و شیوه‌ی زیست مناسب مورد استفاده قرار می‌گرفته است. معماری هر منطقه با ابداعات بدیعی توانسته بود شرایط خود را با محیط منطبق کند و مناسب‌ترین شیوه‌ی زیست را فراهم آورد. این درحالی است که امروزه به ندرت از تهویه طبیعی استفاده می‌شود و جایگزینی آن با سیستم‌های تهویه مطبوع، منجر به بالارفتن هزینه های ساختمان شده‌است. افزایش آلودگی‌های زیست محیطی ناشی سوخت‌های فسیلی برای تأمین آسایش حرارتی، یکی از معضلات این حوزه به شمار می‌رود. این درحالی است که در معماری گذشته، تأمین تهویه طبیعی با بهره‌گیری حداکثری از نیروهای طبیعی صورت می‌گرفته است. ساختوسازهای مدرن، دستاوردهای مهندسی و در نتیجه آن رویکرد انسان محوری، باعث شده که طراحی و پیاده‌سازی محیط انسان ساخت، با تکیه بر فناوری بوده و موجب جدایی مردم ازسیستم‌های طبیعی گردیده که نتیجه واقعی این امر، یک دنیای شهری با انرژی ناپایدار و مصرف منابع، آلودگی وسیع آب‌وهوا، تغییرات آب‌وهوایی گسترده، تولید زباله انبوه، محیط‌های داخلی و خارجی نامناسب و جمعیت جهانی فزاینده و ناسالم شده است.(Downton et al, 2017)

اقلیم و شرایط محیطی تاثیر روانی و فیزیکی اجتناب‌ناپذیری بر شرایط اسایش انسان دارند و منطقه گرم‌وخشک ایران به واسطه مشکلات ناشی از کمبود آب و خشکسالی یکی از بحرانی‌ترین اقلیم‌هاست؛ لذا ضروری است خانه های معاصر از نظر مشخصات بیرونی، درونی و نحوه ارتباط با محیط به اقلیم و بستر توجه ویژه‌ای داشته باشند. خانه های بومی ایران ارتباط معناداری با مولفه‌های اقلیمی محل خود دارند؛ از این رو به کارگیری الگوهای خانه‌های بومی در مسکن معاصر می‌تواند در این امر بسیار موثر باشد. (Tahbaz, 2008) در دهه‌های گذشته مطالعات گسترده‌ای در زمینه مسائل اقلیمی انجام شده‌است و در زمینه استخراج الگوهای بومی و سنتی در اقلیم‌های چهارگانه پژوهش‌هایی صورت گرفته است؛ ولی به صورت جزئی و دقیق به مسئله تهویه در ریزاقلیم‌ها و مناطق جغرافیایی پرداخته‌نشده است؛ لذا در این پژوهش با تاکید بر شهر نطنز به عنوان یک ریزاقلیم در منطقه‌ی مرکزی ایران که دارای شرایط معتدل کوهپایه‌ای است تلاش می‌شود تا با تحلیل مسکن بومی ،به شرایط تهویه طبیعی و الگوهای رایج درآن پرداخته-شود.

باغشهر نطنز و برخی از مناطق اطراف آن دردامنه کوه‌کرکس، در خرداقلیمی معتدل کوهپایه‌ای قرار می‌گیرند که تفاوت‌های محسوسی با خصوصیات اقلیم کلان دارند؛ با توجه به حاکم بودن ضوابط باغشهری بر شهر و وجود پتانسیل های طبیعی کافی، در صورت ارائه‌ی راهکار مناسب می‌توان شرایطی را جهت کاهش هزینه‌های ساختمان وانطباق آن با ضوابط شهری ارائه داد. متاسفانه امروزه به دلیل عدم‌توجه به جهت‌گیری در نقشه‌های شهری و تراکم بالا امکان استفاده از تهویه طبیعی بسیار محدود شده و از روش-های مکانیکی و فعال استفاده می‌شود که این امر منجر به صرف هزینه بالا و آلودگی‌های محیطی شده است؛ ولی بااین‌وجود هنوز در بسیاری از شهرها از جمله نطنز ظرفیت استفاده از تهویه به دلیل وجود بافت باغشهری و تراکم کم وجود دارد.

تهویه‌ی طبیعی با توجه به اهمیتی که در ایجاد منطقه آسایش زیستی و ایجاد محیطی سالم و پاک داشته، در طراحی معماری بومی مورد توجه بوده‌است. تهویه و جابجایی طبیعی هوا با توجه به جانمایی روزنه‌ها در جداره، ارتفاع سقف، تعداد طبقات، توجه به همجواری و استفاده خلاقانه از زیرزمین در معماری بومی به کارگرفته می‌شد. در پژوهش حاضر راهکارهای تهویه طبیعی بررسی می‌شود و درادامه به پاسخ پرسش‌های زیر پرداخته می‌شود.

به چه صورتی طراحی مسکن بومی نطنز در هماهنگی با سایت توانسته به تهویه طبیعی بهینه دست‌یابد؟

عوامل موثر بر آسایش مسکن بومی باغشهر نطنز با استفاده از تهویه طبیعی چیست؟

مبانی نظری و پیشینه‌ی پژوهش

پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه صرفه‌جویی در مصرف انرژی با بهینه‌سازی ساختمان انجام شده‌است. مطالعات نشان می‌دهد که در دو دهه‌ی گذشته توجه به جریان هوای داخل در قالب دانشی نوین به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. دو دسته مطالعات در قالب، تحلیل میدانی و انالیز با نرم‌افزارهای انرژی در زمینه مطالعات تهویه وجود دارد. جدول ۱پژوهشگران متأخر که پژوهش‌های جامعی را در این زمینه انجام داده‌اند، نشان می‌دهد. در بررسی این منابع می‌توان مشاهده کرد. این پژوهش‌ها در ایران محدود به پژوهش‌های موردی و کلی در اقلیم‌های چهارگانه بوده است که در منابع لاتین ارائه شده‌است. این مهم درکنار تعداد اندک منابع فارسی مرتبط با موضوع نشان داد که برخلاف اهمیت جهانی موضوع هنوز پژوهش جامعی درخصوص تهویه طبیعی ساختمان در کشور ایران انجام نشده‌است. بدین لحاظ پژوهش پیش‌رو دارای نوآوری و جنبه‌های کاربردی است.

شواهد مطالعات گذشته تأثیر روش‌های طراحی غیرفعال، درشهرهای مختلف جهان و ایران بر کاهش مصرف انرژی را نشان می‌دهد؛ اما اینکه کدام‌یک از این روش‌ها بیشترین تأثیر را به طور مشخص در اقلیم نطنز داشته و یا بهینه‌ترین حالت استفاده همزمان از این روش‌ها درحالی که کاهش حداکثری مصرف انرژی را داشته باشد، مشخص نیست. مرور سابقه‌ی پژوهش نشان داد که بحث تهویه طبیعی و کاهش مصرف انرژی، ساختمان از مباحث روز پژوهش دنیاست که بیشترین تأثیر را در کاهش مصرف انرژی ساختمان به‌ویژه در فصل گرم را نشان می‌دهد.

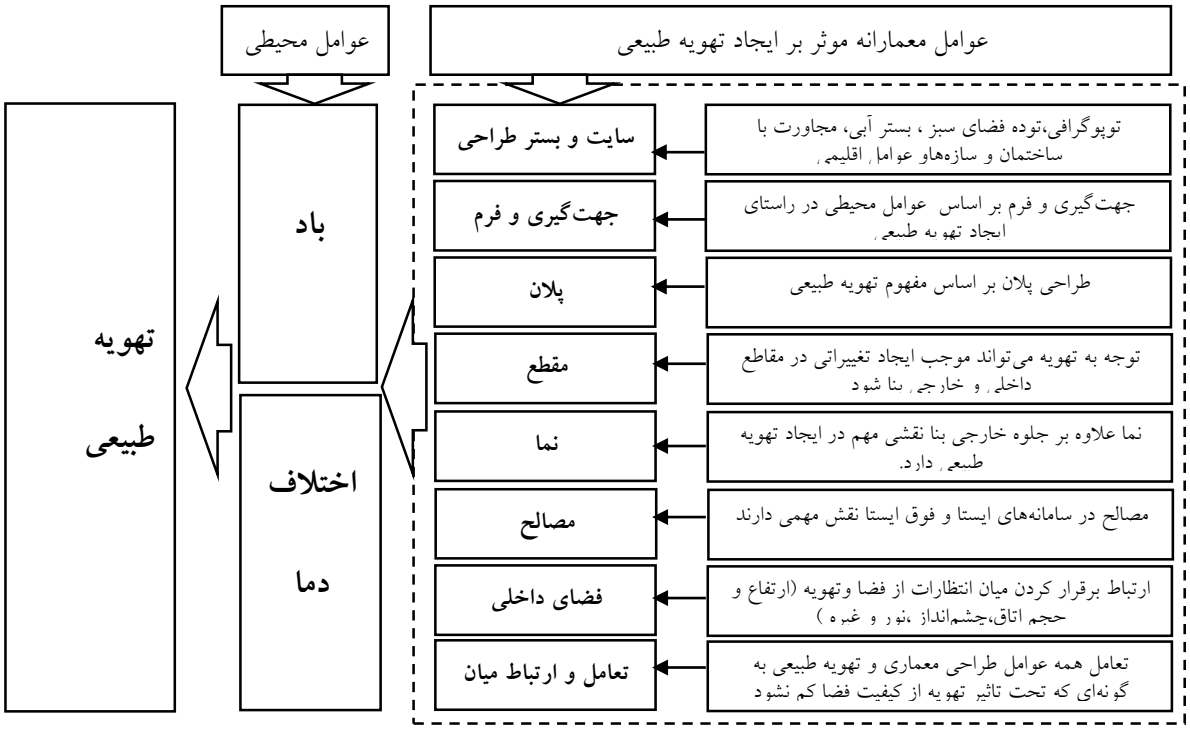
جدول ۱ - پیشینه پژوهش

محور پژوهش	مقالات	مفاهیم مورد اشاره
تهویه طبیعی	اسفور و همکاران (Asfour & Gadi, 2008) داگراکا (Grac & R. Martins, 2012) کرپیل(Gribble, 2009) کلمنت (Clements,2002) پراش و راویکومار (Ravikumar & Prakash,2015) تاپنر و همکاران(Teppner et al, 2014) جاو و لی (Gao, Lee,2011) رهایی(rahaei,2021)هدایت و همکاران (hedayat et al,2019) رهسپار و همکاران (rahsepar et al,2021)، طاهباز و همکاران (tahbazet al,2017) حزبئی وهمکاران (hazbeei et al,2014)پورموسی وهمکاران (pur musa et al,2020) ضیابخش و محمودی (zia baksh , mahmudi,2021)	در مطالعات این پژوهشگران بررسی آثار تهویه بر سقف ،تهویه طبیعی در مراکز تجاری، تهویه بر ساختمانی در مصر، تاثیر پنجره‌ها در تهویه، تهویه طبیعی در هنک-کنگ، بررسی الگوی رفتاری باد و تهویه در برخی شهرها و جهت‌گیری بهینه ساختمان پرداخته شده است
شبیه‌سازی انرژی	میرزایی و همکار (Mirzaei & Bekri, 2017) امیدوار و همکار (Omidvar & Rosti, 2013)لولینی و همکاران (Lollini et al., 2006) زنودا و همکاران (Znouda et al., 2007) گوستاوسون و همکار (Gustavsson et al, 2010) آناستازلوس وهمکاران (Anastaselos et al, 2011) لای و همکار (Lai&Wang, 2011) برزگر و همکار (Barzegar & heidari, 2013) طاهباز و همکار (Tahbaz&jaliliyan, 2005) شیرزادی و همکار (Shirzadi et al, 2015) میرهاشمی و همکار (Mirhashemi & Shapoorian, 2010) مهدوی‌نژاد (Mahdavinejad, 2013) شرقی و همکار (Sharghi & azimi,2017) مداحی و همکار (Madahi & abassi, 2020)	بررسی عواملی مانند تابش، فرم سقف، جهت‌گیری بنا، فرم پنجره‌ها ،نقش رنگ در کاهش مصرف انرژی عایق‌های حرارتی در میزان مصرف انرژی در نرم‌افزارهای شبیه-سازی مورد تحلیل قرار گرفته‌است. در این مقالات تحلیل‌ها با استفاده از برنامه‌های انرژی پلاس، دیزاین بیلدر و فلوئنت صورت پذیرفته است.

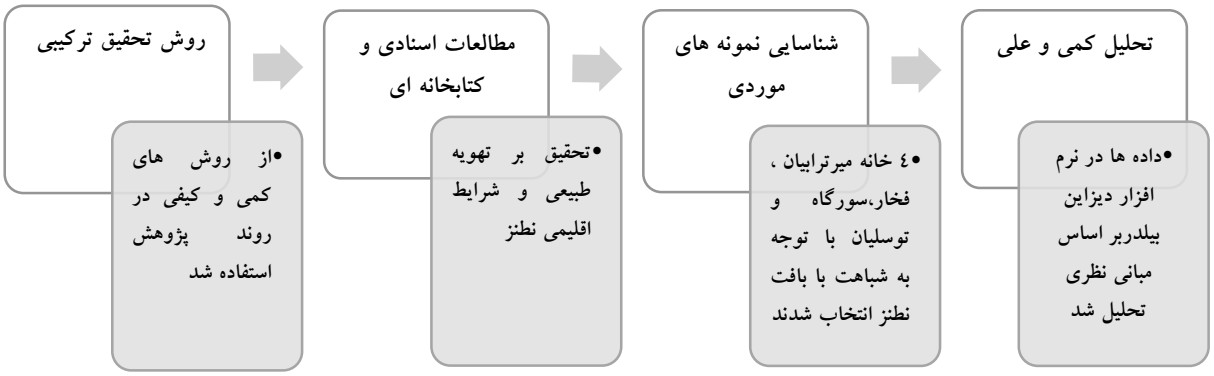
یکی از عمده‌ترین و پرهزینه‌ترین مشکلات ساختمان‌های مدرن امروزی در اقلیم‌های گرم و حتی معتدل جهان، سرمایش و تهویه مطبوع‌است. ساخت آپارتمان‌ها، آسمان‌خراش‌ها، مراکز تجاری، ساختمان‌های اداری، به لحاظ شکل ظاهری به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که امکان تهویه‌ی طبیعی وجود نداشته و در بسیاری از ساختمان‌های اداری، به علت گرمای ناشی از رایانه‌های متعدد و روشنایی مصنوعی، حتی در فصول سرد نیز تهویه و تبرید مکانیکی با هزینه بسیار بالا انجام می‌گیرد (قیابکلو، ۲۰۱۶). تهویه یکی از سامانه‌های ایستا برای سرمایش است که اساس آن جابه‌جایی هواست؛ با ورود جریان باد از طریق بدنه ساختمان به محیط داخلی که با طراحی فرم و جهت‌گیری مناسب حاصل می‌شود، می‌توان میزان مصرف انرژی برای ایجاد تهویه طبیعی، کاهش‌داد. در معماری سنتی ایران، تهویه طبیعی، بخش مهمی از طراحی ساختمان‌ها بوده که امروزه به دلیل تراکم ساختمان‌ها در کنار هم، استفاده بهینه از انرژی باد تا حد بسیار زیادی نادیده گرفته شده است. جهت صحیح استقرار ساختمان یکی از عوامل موثر در بهبود آسایش حرارتی در ساختمان‌ها می باشد. اگر جهت استقرار ساختمان به‌درستی مشخص شود، می‌توان تا حد زیادی به اهداف جلوگیری از نفوذ تابش به داخل بنا در مواقع گرم، هدایت تابش به داخل ساختمان در مواقع سرد و جلوگیری از اتلاف حرارت ساختمان به وسیله باد دست یافت. تناسبات ساختمان نیز در دریافت میزان باد، جهت ایجاد تهویه طبیعی بیشتر و کاهش مصرف انرژی سالانه موثر می‌باشد. مبنای جریان باد و حرارت به عنوان نیروهای محرکه، یک اختراع جدید در سیستم تهویه طبیعی نمی‌باشد. هزاران سال برای انسان‌ها از موارد در دسترس برای ایجاد شرایط زندگی بهتر، استفاده از نیروی طبیعی برای ایجاد تهویه بوده است. تهویه طبیعی هوا در طول کانال‌های هواکش توسط محرکه مکانیکی مثل فن‌ها، در طی قرن بیستم به وقوع پیوست (دمارتی و همکاران،۲۰۰۱) جریان هوای طبیعی در درون یک فضا به دلیل اختلاف فشار در دریچه‌های ورود و خروج هوا اتفاق می‌افتد و این اختلاف فشار ممکن است توسط دو عامل مهم وزش باد یا اختلاف دما در اثر خاصیت شناوری صورت پذیرد؛ هر چه اختلاف فشار بین بازشوهای ورود و خروج هوا بیشتر باشد، سرعت جریان هوا در داخل ساختمان بیشتر می‌شود (قیابکلو، ۱۳۹۵)؛ بنابراین می‌توان با استفاده از تهویه طبیعی میزان قابل توجهی از انرژی مصرفی در ساختمان‌ها را در برخی از روزهای سال کاهش‌داد. کاربرد تهویه طبیعی سبب کاهش تولید دی‌اکسیدکربن نیز می‌گردد که در رابطه با مسائل زیست محیطی و توسعه پایدار اهمیت بسزایی دارد؛ علاوه بر این تهویه طبیعی به دلایلی چون وابستگی کمتر به لوازم مکانیکی و منابع سوخت فسیلی هزینه‌های کمتر و کاهش احتمالی خرابی و کارآیی نیز در مقایسه با تهویه مطبوع برتری دارد (وکیلی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۲). تهویه طبیعی توسط پنجره یک روش موثر تهویه، که به کاهش تقاضای انرژی برای استخراج گرمای اتاق و عرضه هوای تازه و بهبود رضایت ساکنان در محیط داخلی کمک می کند. پیش‌بینی حداقل دو پنجره یکی روبه باد و دیگری پشت به باد برای هر یك از اتاق ها می‌تواند در بسیاری از ایام سال نیاز به وسایل تهویه مطبوع را از بین ببرد. به حداکثر رساندن جریان هوا در اطراف ساختمان‌ها با ایجاد فاصله مناسب در بین آنها واستقرار ساختمان در جهت وزش بادهای مطلوب از عوامل موثر در تهویه طبیعی می‌باشد. مطلوبترین حالت تهویه هوا زمانی حاصل می‌شود که جهت وزش باد نسبت به سطح پنجره مایل باشد؛ به‌طوری که جریان هوا در فضای بیشتری از یک اتاق چرخش نموده سپس خارج شود (اخترکاوان، ۱۳۹۱).طرح و سازماندهی پلان ساختمان می تواند منجر به هدایت بادهای مطلوب به ساختمان شود و عناصر محوطه سازی نیز به تعدیل دما و هدایت باد مطلوب به سمت ساختمان کمک کند. استفاده از درها و پنجره‌های کاملاً بازشو و بزرگ و به‌کاربردن پنجره‌های فوقانی و پایینی به منظور بهبود بخشیدن به شرایط تهویه در شب از موارد بسیار موثر در ایجاد تهویه‌ی طبیعی در بنا می‌باشد؛ علاوه بر این در معماری سنتی استفاده از سقف‌های بلند و تأثیر دودکشی به‌عنوان یکی از شیوه‌های تهویه طبیعی مورد استفاده بوده است این موضوع در بسیاری از خانه‌های تاریخی کاشان و اصفهان قابل مشاهده می‌باشد.

روش‌تحقیق

این تحقیق از نوع ترکیبی و روش تحقیق توصیفی-تحلیلی می‌باشد. در بخش نخست، مطالعه‌ی اسنادی و کتابخانه‌ای اساس تحلیل، توصیف مطلب موجود در مقاله را تشکیل می‌دهند. در این بخش با بررسی تحقیقات انجام شده در زمینه تهویه طبیعی و ویژگی‌های اقلیمی شهر نطنز مبانی نظری و ادبیات موضوع تعریف شده‌اند. روش گردآوری داده‌ها به صورت علّی و براساس نتایج مدلسازی در نرم‌افزار دیزاین بیلدر است. در این پژوهش چهار مسکن بومی با نام‌های خانهٔ میرترابیان، خانهٔ فخار، خانهٔ سورگاه و خانهٔ توسلیان متعلق به دوره‌های تاریخی تیموریان تا پهلوی مورد بررسی قرارگرفت. علت انتخاب بناهای فوق‌الذکر گونه‌های فرمی غالب مسکن بومی در باغشهر نطنز بوده است. این نمونه‌ها در محلات مختلف تاریخی باغشهر قراردارند و هر یک از گونه‌های معماری متفاوتی برخوردارند. خانه‌ها بر اساس ابعاد و اندازه، نحوه‌ی قرارگیری، ارتفاع دیواره‌ها، مصالح مصرفی، نوع بازشو، تراز سطح مبنا و غیره مورد بررسی قرار گرفته‌اند و همچنین دمای هوای خارجی و میزان سرعت باد آنها با دستگاه هواشناسی سیار (UNI-T UT363 BT) در طول ۴ فصل سال، صبح و عصر اندازه‌گیری شد و سپس داده‌ها مورد تحلیل قرار گرفت. برای تحلیل خانه‌ها از نرم‌افزار دیزاین بیلدر استفاده شد. بعد از مدل‌سازی با استفاده از داده‌های ثبت شده میانگین آسایش حرارتی به صورت سالانه و بر اساس پارامترهای تاثیرگذار، محاسبه گردید. در انتها خروجی‌ها در جداولی دسته‌بندی و تحلیل‌ها صورت پذیرفت.



شکل ۱- عوامل موثر بر ایجاد تهویه طبیعی

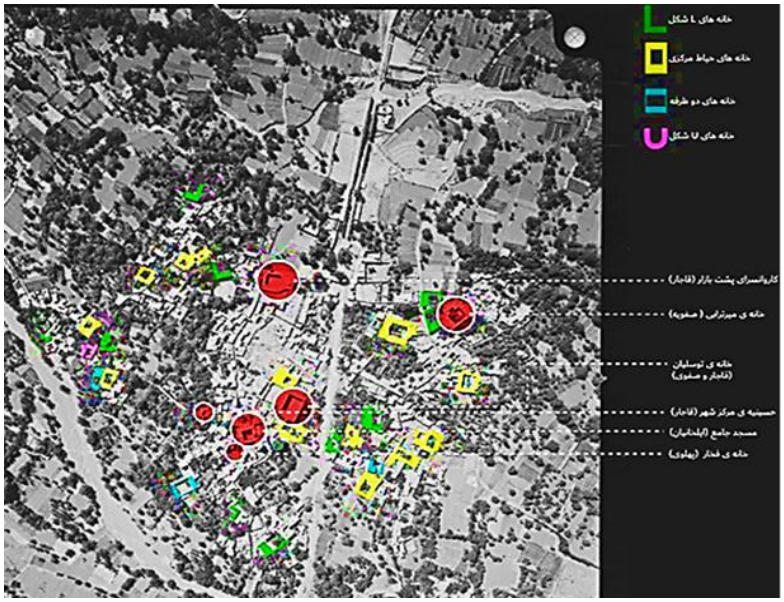


شکل ۲- فرایند انجام پژوهش

بررسی ساختار و الگوی خانه‌های نطنز

نطنز یکی از شهرستان‌های تابع استان اصفهان است که بین شهرستان‌های آران و بیدگل و کاشان از شمال و اصفهان از جنوب قرار دارد (قبادیان، ۱۳۹۳). هوای آن به نسبت پستی و بلندی زمین متغیر است؛ قسمت غربی و جنوبی بخش کوهستانی و سردسیر است و قسمت شرقی و شمالی آن دشت شنزار است و هوایی معتدل دارد. مسیر آب و جریان آن در شهر، یکی از دلایل شکل‌گیری محلات و تقدم و تأخر شکل‌گیری آن است؛ زیرا شهر در مسیر رودخانه‌ها قرا گرفته و دره‌های آن عمدتا گسلی هستند و چشمه‌های کوچکی در آن در جریان است. از عوامل دیگر شکل‌گیری نطنز، استقرار در میان بستری کوهستانی و گستره پیوسته‌ای از باغات و اراضی کشاورزی است.

نطنز در گذشته با در نظر گرفتن این تفاوت در خرد اقلیم ،معماری خود را با شرایط منطبق کرده بود. شهرستان نطنز در بافتی گسترده از دل کویر تا دامنه کوهستان، زمینه‌ساز شکل گیری معماری منحصر به فرد و متنوعی است تا بتواند حداکثر بهره‌بری از امتیازات بستر را داشته‌باشد. در این پژوهش با تاکید بر شهر نطنز ویژگی‌های مسکن بومی در مواجهه با مسئله تهویه‌ی طبیعی مورد ارزیابی و تحلیل قرار می‌گیرد. بررسی تحلیلی عناصر کالبدی و خانه‌ها در شهر نطنز بر اساس ویژگی‌های کالبدی در جدول ۲ مشخص شده است.



شکل شماره (۳) الگوهای فرمی -آنالوگ هوایی سال ۵۶ نطنز-محله قصبه

جدول۲- اطلاعات تاریخی و کالبدی نمونه‌های مورد مطالعه

خانه میرترابی‌ها

قدمت اواخر صفوی و اوایل قاجار

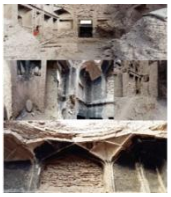
ویژگی فرمی	مصالح	طبقات	زیرزمین	تزئینات
ساختمان حیاط مرکزی با فرم درونگرا بافت بسیار متراکم دارای چهارنما، بام مسطح، استفاده از فضابه عنوان زمستان‌نشین و تابستان‌نشین به صورت مجزا	در و پنجره چوبی، کف حیاط اجرختایی، دیوارها با سیم گل پوشیده شده است	۳ طبقه	دارد با کد ارتفاعی ۴-	نبش‌های داخلی و خارجی گچی با سیم گل ،در و پنجره درودگری، ازاره اجری، قطار بندی مقرنس، در دو لنگه چوبی ورودی هر لنگه با چوب یک پارچه ساخته و با گل‌میخ و کوبه فلزی تزیین شده

خانه فخاری

قدمت پهلوی

ویژگی فرمی	مصالح	طبقات	زیرزمین	تزئینات
ساختمان ال شکل با بام مسطح و نور مناسب، اتاق‌ها در شمال بنا از سه طرف باز ونورگیر است	در و پنجره چوبی، کف حیاط اجر ختایی، دیواره های ساختمان آجر	۳ طبقه	دارد با کد ارتفاعی ۲٫۲۵-	فاقد تزئینات

خانه سورگاه



قدمت تیموری

ویژگی فرمی	مصالح	طبقات	زیرزمین	تزئینات
بنا مربع شکل وسط ساختمان از سه طرف باز و نورگیری از دو طرف، نورگیری و تهویه مناسب	سنگ -گچ - کاهگل	۱ طبقه	ندارد	رسمی بندی و تزئینات داخلی با گچ و کاهگل

خانه توسلیان	صفویه و قاجار		
ویژگی فرمی	مصالح	طبقات	زیرزمین	تزئینات
فرم ال شکل دارای دو نمای عمود برهم و حیاط مجزای ورودی، نورگیری مناسب	در، پنجره و نرده چوبی کف حیاط اجر ختایی دیوارها خشتی با کاهگل	۳ طبقه	ندارد	بالا پنجره گره چینی با چوب و شیشه رنگی

جهت‌گیری در بناهای قدیمی و بومی، یکی از اصول معماری سنتی است. این اصل به وضعیت حرکت خورشید و جهات تابش، جهت وزش بادهای مختلف و وضعیت زمین و دسترسی‌های بنا، بستگی دارد. در اکثر خانه‌های سنتی، محور شمالی- جنوبی، محور اصلی بنا است و فضاهای اصلی زندگی در دو سمت شمال وجنوب حیاط و فضاهای فرعی در دو سمت شرق و غرب تعبیه می‌شدند؛ اما در شهر نطنز، علاوه بر این موارد، عواملی همچون شیب زمین و وجود باغات نیز تأثیرگذار بوده‌اند، هر بنایی با توجه به شیب و عوارض جغرافیایی مکانی که در آن واقع‌شده، در یك جهت خاص شکل گرفته است. خانه‌های تاریخی مورد بررسی نطنز از لحاظ ساختار شکلی، بر اساس تراکم بنا در سطوح پر و خالی که نقش تعیین کننده‌ای در زمستان و تابستان برای ساکنان داشته، می‌توان در پنج الگوی «حیاط مرکزی»، «یکطرفه با حیاط یا باغ»، «دوطرفه (موازی،)» «دوطرفه (Lشکل)»، «سه طرفه (Uشکل)» تقسیم کرد.

خانه‌های بافت تاریخی نطنز، به‌ویژه در محلات قصبه و افوشته، به دلیل ویژگی‌های مشخص اقلیمی، جوی و حرکت خورشید، دارای فرم ساختمانی بر محوریت حیاط و حوض بوده‌اند؛ این موضوع ارتباطی مستقیم با وضعیت معیشت مردم داشته است. خانه‌ها دارای جهت ثابت جغرافیایی نیستند و در جهت‌های مختلف چرخش دارند؛ این تغییر جهت خانه‌ها در برابر شرایط بهینه متناسب با جهت جغرافیایی و آفتاب و سایه‌ها، فضاهای زیستی تحمل‌پذیر و بهینه ای را ایجاد کرده‌اند (جاوری، کریمیان، محمدی، ۱۴۰۰).

در خانه‌های مورد بررسی تمام خانه‌ها در جهت مناسبی از نظر حرارتی قراردارند و با جانمایی حیاط در بخش مناسب می‌توان در ایام مختلف استفاده بهینه از ابنیه به عمل آورد. در نطنز الگوهای فرهنگی و اجتماعی بر ساخت گونه های خانه‌ها تأثیر بسزایی داشته‌است فضاها به اندرونی و بیرونی تقسیم شده‌اند.در طراحی فضای ورودی خانه‌ها نه تسهیل حرکت، بلکه کنترل آن و طولانی-کردن مسیر حرکت از بیرون به درون بوده‌است. الگوی درگاه ورودی در خانه های تاریخی نطنز نیز عموما شامل یك در چوبی دولته‌ای و دو سکو در دو طرف آن است. بازشوهای خانه‌ها متأثر از هوای سرد منطقه در مقیاس کوچك تعبیه شده و نسبت سطوح بازشو در نماهای اصلی بین ۱۰ تا ۲۵درصد قرارگرفته اند.

تاثیر محل قرارگیری پنجره در ایجاد تهویه طبیعی

خصوصیات کلی بازشوها در نواحی سرد و کوهستانی به صورت بازشوهایی در اندازه‌های کوچك است. بر اساس بررسی‌های انجام شده، در جداره هیچکدام از بناهای تاریخی شهر نطنز، در ورودی با ابعاد بزرگ تعبیه نشده و نبود بازشوهای بزرگ در جداره این خانه‌ها متأثر از هوای سرد منطقه است؛ به‌طورکلی از نظر اقلیمی، دمای هوای سرد تأثیر مهمتری از گرما در شکل‌گیری بافت نطنز دارد. در بناهای تاریخی این شهر، نسبت سطح اشغال بازشو در کل بدنه خارجی دیوارهای پیرامونی بنا، جز در خانه‌های فخار،

میرترابی و عمارت بیشتر از ۵۰ درصد نبوده است و سایر خانه ها بررسی‌شد؛ با توجه به طول مدت سرما در شهر، این تمهیدات به منظور کاهش جریان هوای سرد در داخل بنا و بهره‌گیری از نور بیشتر در عمق فضاها بوده است.

جدول ۳- بررسی فرم بازشوها و درصد پر و خالی نما در بناهای مورد مطالعه

درصد پنجره به سطح پر و خالی (اعداد بر حسب درصد)

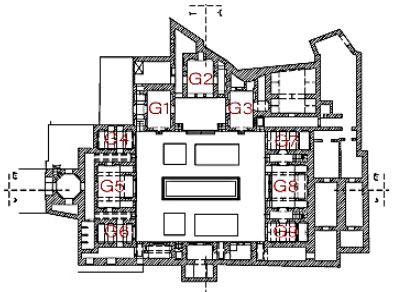
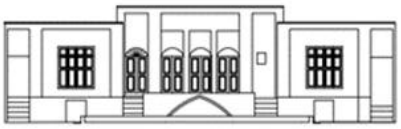
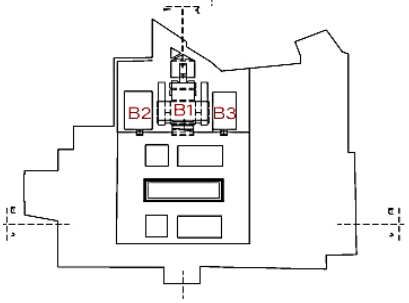
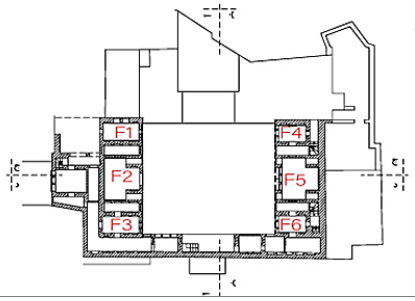
نام فضا	فرم	غربی		شرقی		جنوبی		شمالی	
		پر	خالی	پر	خالی	پر	خالی	پر	خالی
میرتراب یان		%۵۰	%۵۰	%۷۳	%۲۷	%۶۳	%۳۷	%۷۱	%۲۹
فخار		-	-	%۵۰	%۵۰	%۷۱	%۲۹	-	-
سورگاه		-	-	%۵۰	%۵۰	-	-	-	-
توسلی ان		-	-	%۷۳	%۲۷	%۷۰	%۳۰	-	--

ارتفاع کف پنجره و نوع بازشوی پنجره رو به باد اهمیت بیشتری در تعیین جهت و سرعت باد در داخل اتاق دارد تا محل خروج باد؛ به همین دلیل، ارتفاع کف پنجره پشت به باد تاثیر کمی در شکل و سرعت حرکت هوای داخلی دارد؛ ولی در محدوده ورود باد سرعت باد به‌طور ناگهانی در قسمت‌های پایین کف پنجره کاهش می‌یابد. سرعت جریان هوا در قسمت پایین کف پنجره‌ی اتاق‌هایی که در آنها کوران ایجاد شده، تا ۲۵ درصد سرعت باد اصلی کاهش می‌یابد؛ بنابراین، تغییر ارتفاع کف پنجره ممکن است تا حد زیادی سرعت جریان هوا را در ارتفاع‌های مختلف تغییر دهد؛ ولی این تغییر، در میانگین سرعت جریانِ هوای داخل اتاق، تأثیر چندانی ندارد؛ به‌طور مثال، اگر ارتفاع کف پنجره در اتاق نشیمن بیش از ارتفاع افراد در حالت نشسته باشد، جریان هوا در منطقه‌ای که ساکنین آن نشسته‌اند بسیار کم خواهد بود (کسمایی، ۱۳۹۲)؛ با توجه به فرم و فاصله پنجره‌ها در خانه‌های نطنز می‌توان مشاهده نمود در خانه میرترابیان، خانه فخار و خانه توسلیان فاصله پنجره تا محل استقرار و نشستن افراد مناسب می‌باشد و جریان هوا در فضای استقرار

محسوس است؛ نکته جالب در خانه سورگاه، استقرار بنا در ارتفاع است و این امر باعث شده تا پنجره‌های این خانه نسبت به سایر خانه‌ها در ارتفاع بالاتری قرار گیرد. در ادامه در جداول ۴تا۷ به بررسی نحوه تهویه یک‌طرفه و دوطرفه در خانه ها بر اساس موقعیت قرارگیری بازشوها پرداخته می‌شود. نتایج نشان می‌دهد ترکیب بازشوها باعث شده تا اکثر فضاها از تهویه‌ی طبیعی برخوردار باشد و صرفا در بخش‌هایی از زیرزمین خانه میرترابی و خانه توسلیان تهویه و جریان هوا نامناسب می‌باشد.

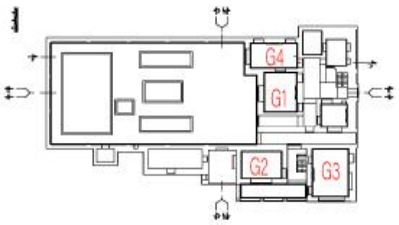
جدول ۴- تحلیل نوع تهویه طبیعی در خانه میرترابیان

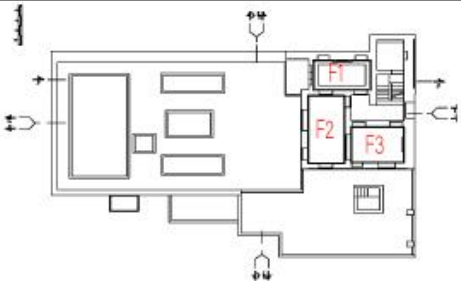
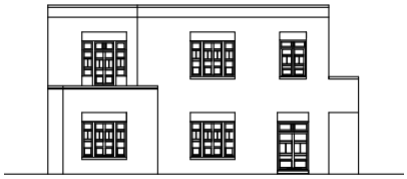
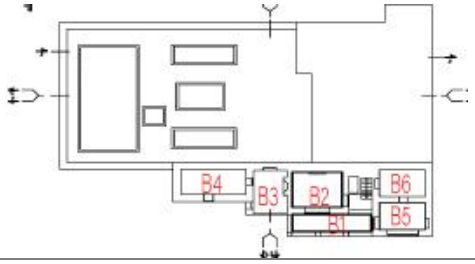
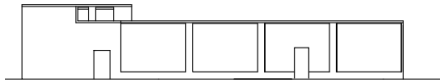
خانهٔ میرترابیان

طبقات	پلان	نوع تهویه		نما
همکف		دوطرفه	نمای جنوبی	
		G1/G2/G3/G4		
		G5/G6/G7/G8		
		G9		
زیرزمین		یکطرفه	فاقدتهویه	
		B1	B2	
			B3	
			نمای غربی	
اول		دوطرفه	یکطرفه	
		F1	F2	
		F3	F5	
		F4		
		F6		

جدول ۵- تحلیل نوع تهویه طبیعی در خانه فخار

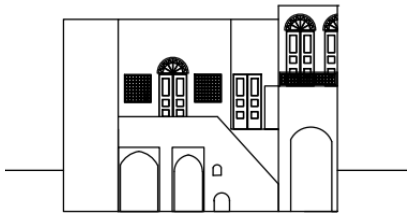
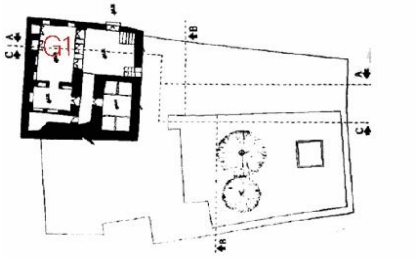
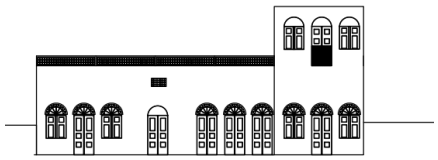
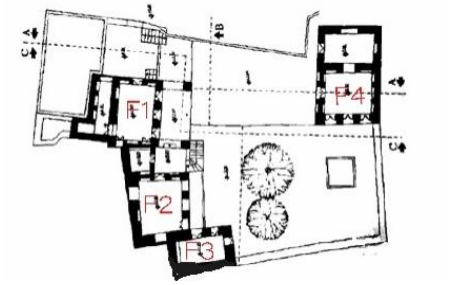
خانهٔ فخار

طبقات	پلان	نوع تهویه		نما
همکف		دوطرفه	یکطرفه	نمای جنوبی
		G3	G4	
		G2	G1	

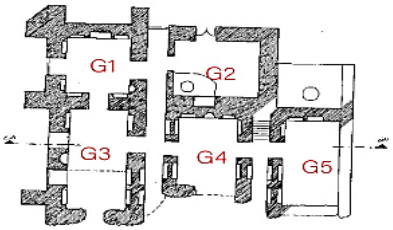
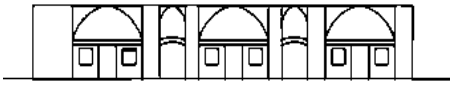
زیر زمین		دوطرفه F2 F3	یکطرفه F1	 نمای غربی
اول		یکطرفه B1 B5 B4 B3	فاقد تهویه B2 B6	

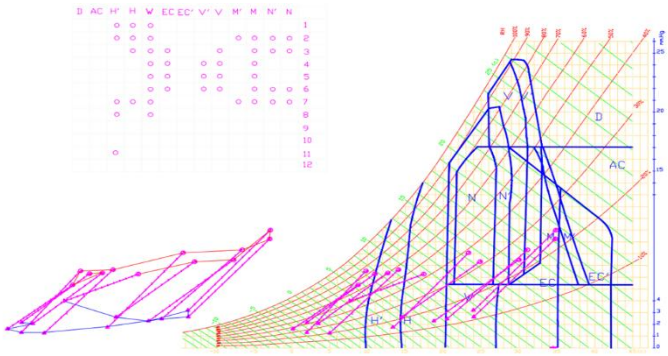
جدول ۶- تحلیل نوع تهویه طبیعی در خانه توسلیان

خانهٔ توسلیان

طبقات	پلان	نوع تهویه			نما
زیرزمین		یکطرفه B1 B2 B3 B4	دوطرفه B5	فاقد B6 B7 B8	نمای شرقی 
همکف		یکطرفه G1			نمای جنوبی 
اول		دوطرفه F1 F2 F3 F4			

جدول ۷- تحلیل نوع تهویه طبیعی در خانه سورگاه

طبقات همکف	پلان خانهٔ سورگاه	نوع تهویه	نما جنوبی
خانهٔ سورگاه		دوطرفه G1/G2 G3/G4/ یکطرفه G5	



شکل شماره ۴- نمودار اولگی (محدوده آسایش در شرایط محیطی نطنز

شکل ۵- برداشت اطلاعات روی بام

شکل ۶- دسنگاه هواشناسی سیار

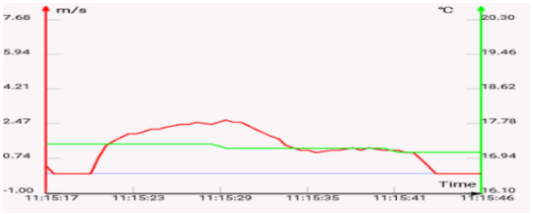
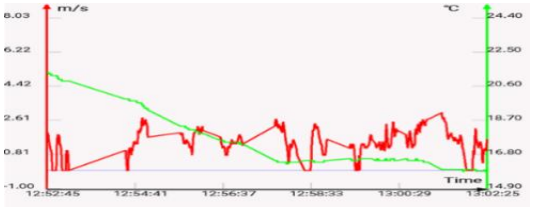
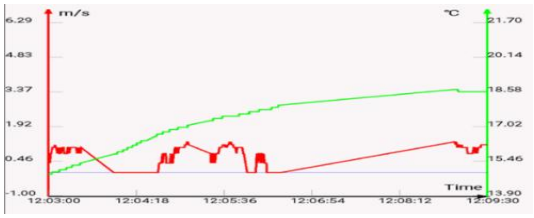
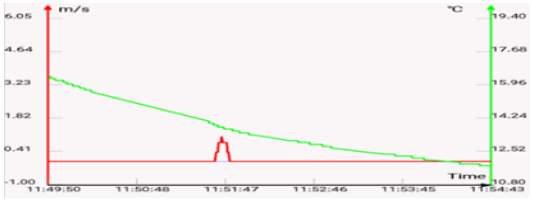
تحلیل داده‌ها

در این مرحله برداشت‌های اقلیمی توسط دستگاه کوچک هواشناسی سیار به نام UNI-T UT363 BT انجام شده‌است. در راستای شناخت دقیق‌تر خانه‌های مورد مطالعه در طول فصل‌های بهار و تابستان با استفاده از برداشت میدانی در فضای خانه‌های مورد مطالعه میزان سرعت باد و دما ثبت شد.

این دستگاه دمای هوا و سرعت باد را کمتر از یک دقیقه مشخص و ذخیره می‌کند و به‌عنوان نقطه مرجع مطالعه نمایانگر شرایط اقلیمی محل است. دستگاه در فضای باز (بام و حیاط) نمونه‌گیری انجام داده‌است؛ نتایج حاصل در جدول۸ ارائه شده است.

جدول ۸- برداشت سرعت باد و دما در خانه های شهر نطنز

میزان سرعت باد و دما در خانه ها ی شهر نطنز ثبت شده توسط دستگاه UNI-T(UT363 BT)

نام فضا	نمودار سرعت باد بر حسب (m/s) و دما برحسب (c)	نتایج به‌دست آمده
خانهٔ میرترابیان		دمای هوای تقریبا ثابت بوده و سرعت باد حدودا بدون وقفه ادامه داشته‌است
خانهٔ فخار		و دمای هوا با توجه به شدت و نوسانات وزش باد کاهش یافته‌است
خانهٔ سورگاه		. با توجه به ارتفاع این بنا و استقرار دستگاه زیر تابش مستقیم افتاب دمای هوا افزایش داشته و سرعت باد با توجه به باز بودن سه جبهۀ دستگاه محاسبه شده است
خانهٔ توسلیان		دمای هوا در این مکان حدود ۴درجه کاهش داشته اما به علت وجود درخت کهنسال بلندمرتبه و ارتفاع دیوارها سرعت باد در این فضا کم بوده و گاهی از اوقات رخ میداده و به صورت ثابت نبوده است.

تحلیل نرم‌افزار اقلیمی دیزاین بیلدر

میزان مصرف انرژی در چهار الگوی عمومی خانه‌های نطنز بررسی شده و عملکرد حرارتی و برودتی این فضاها به منظور اولویت‌بندی پارامترهای مؤثر در مصرف انرژی ارزیابی می‌شود. انتخاب بناها بر اساس برداشت میدانی و تأثیرآخرین داده‌های آب و هوایی شهر نطنز است. بناها مربوط به سه نوع حیاط است. آیتم در نظر گرفته شده مصالح، عایق‌بندی و فرم ساختمان خود شامل متغیرهای زمینه ساز دیگری از جمله ابعاد بازشو، ارتفاع و جهت‌گیری است که باعث تأثیر در نتیجه خروجی‌ها در خروجی دیزاین بیلدر خواهد بود. در این تحقیق تفاوت‌های اساسی در فرم ساختمان مطرح بوده و شامل فرم حیاط، ضخامت جداره ساختمان، بازشوها و جهت ساختمان است. از طرفی فرم هندسه بنا نیز شامل ارتفاع بنا و میزان برخورداری از میزان تابش آفتاب به لحاظ جهت‌گیری ساختمان و میزان تبادل حرارتی از طریق سطوح بیرونی ساختمان است.

تحلیل در نرم‌افزار دیزاین بیلدر صورت گرفته‌است و انالیز در بهار و تابستان با پنجره باز در نظر گرفته شده‌است زمانی که دمای داخلی بالای۲۳ درجه و دمای بیرون بین ۱۸تا۲۵ درجه است (نرخ تعویض هوا هر ۱ ساعت یک‌بار است).

جدول۹ تحلیل خانه میرترابی‌ها در نرم‌افزار دیزاین بیلدر

تحلیل خانه‌های مورد بررسی شهر نطنز با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر

نام فضا	مدل‌سازی بناها در نرم‌افزار دیزاین بیلدر و جهت تابش	نتایج
خانهٔ میرترابیان		دما نیمه تیر ماه به بالاترین حد خود ۳۴٫۳۳ درجه می‌رسد. تهویه باتوجه به باز بودن پنجرها در فصل گرم نیمه اردیبهشت‌ماه به بالاترین حد خود ۲٫۵۹ و در نیمه تیر به پایین‌ترین حد خود ۱٫۶۰ می‌رسد که واحد آن نرخ تعویض هوا در هر یک ساعت یک‌بار استو در فصول سرد با بسته‌بودن بازشو ها این عدد ۰٫۷۳ می‌باشد.

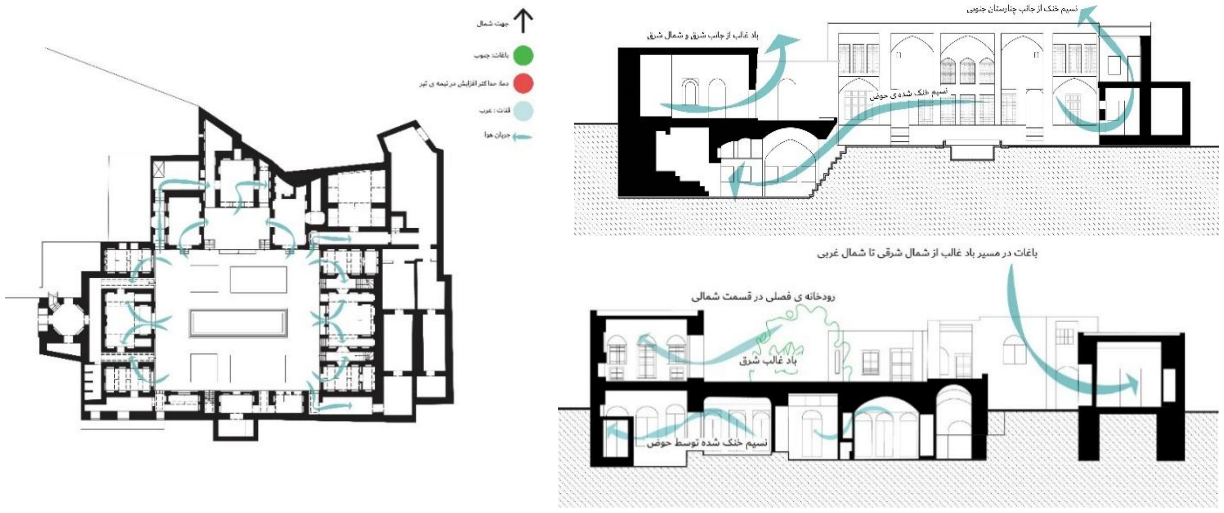
دما

Month	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°C)	16.17	17.90	22.24	23.92	26.27	30.41	34.33	33.64	28.13	28.14	22.46	17.58

تهویه

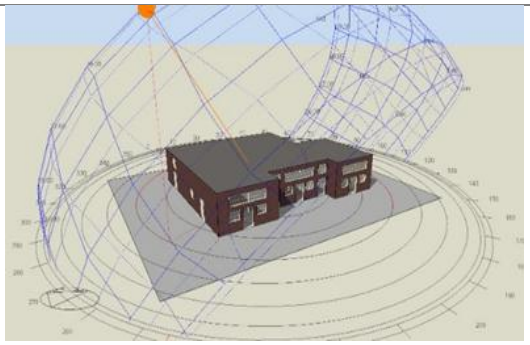
Month	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
External Infiltration (kWh)	-14156.01	-11029.05	-11815.58	-8600.77	-5609.39	-3400.54	-4780.89	-4903.22	-4883.46	-10277.76	-12061.53	-12899.83
External Vent. (kWh)	0.00	0.00	0.00	-4866.63	-10344.12	-10821.07	-7338.59	-8727.10	-9829.67	0.00	0.00	0.00
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0.73	0.73	0.73	1.74	2.59	2.35	1.60	1.76	2.35	0.73	0.73	0.73

خانه میرترابی با قرارگیری در میان باغات و وجود قنات در قسمت غربی بنا توانسته از نور جنوب بهره کافی را ببرد. جانمایی صحیح فضاها در پلان و استفاده از فرم حیاط مرکزی فضاها را به دو بخش تابستان‌نشین و زمستان‌نشین تقسیم کرده‌است. دو اتاق شاه‌نشین شرقی‌وغربی وجود دارد و مطبخ در جنوب حیاط و با نورگیری شمال ممکن است به علت گرمای تنور و اجاق باشد. این نوع بنا با توجه به فرم و جهت قرارگیری پاسخگوی اقلیم شهر نطنز می باشد. تحلیل نرم‌افزارها وضعیت آسایش حرارتی مناسبی در ایام سال برای خانه میرترابی به دست آورده‌اند.



شکل۸ و۷ - تحلیل تهویه در پلان و مقطع خانه میرترابی‌ها

جدول۱۰ تحلیل خانه سورگاه در نرم افزار دیزاین بیلدر

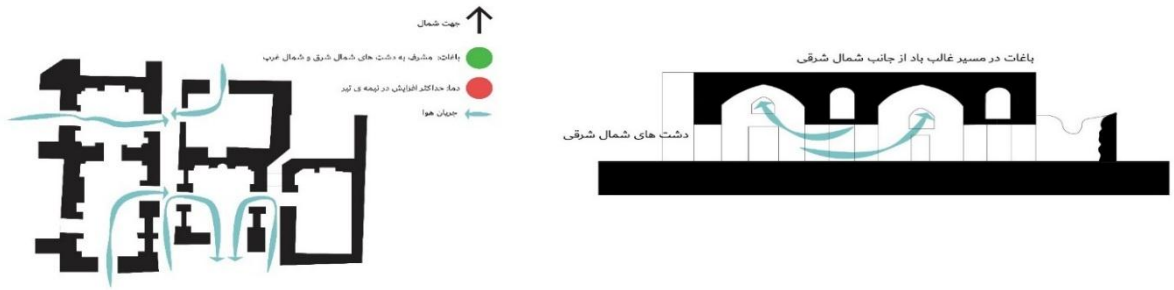
تحلیل خانه‌های مورد بررسی شهر نطنز با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر		
نام فضا	مدل‌سازی بناها در نرم‌افزار دیزاین بیلدر و جهت تابش	نتایج
خانهٔ سورگاه		دمادر نیمه تیر ماه به بالاترین حد خود ۳۵/۵۹درجه می‌رسد باتوجه به بازبودن پنجرها در فصل گرم نیمه اردیبهشت ماه تهویه به بالاترین حد خود ۳/۰۲ و در نیمه تیر به پایین‌ترین حد خود ۱/۹۰ می‌رسد که واحد آن نرخ تعویض هوا در هر یک ساعت یک‌بار است.و در فصول سرد با بسته بودن بازشو ها این عدد ۰/۷۴ می باشد
دما		

Month	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°C)	18.43	20.55	24.62	25.07	27.08	31.79	35.59	35.05	29.51	30.26	24.58	19.77

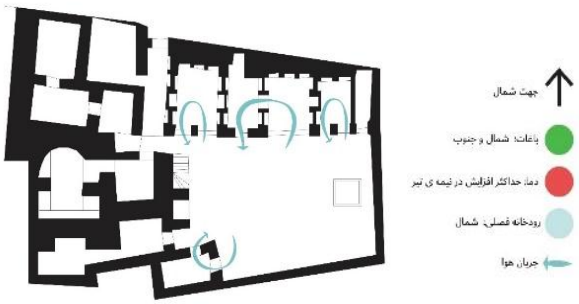
تهویه

Month	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
External Infiltration (kWh)	-3258.92	-2661.99	-2811.17	-1921.42	-1268.09	-927.97	-1185.08	-1236.11	-1221.56	-2445.32	-2795.30	-2993.49
External Vent. (kWh)	0.00	0.00	0.00	-1499.02	-2728.10	-2615.40	-2031.06	-2235.93	-2572.73	0.00	0.00	0.00
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0.74	0.74	0.73	2.01	3.02	2.67	1.97	2.07	2.67	0.73	0.74	0.74

دشت‌های سمت شمال شرقی سمت شمال غربی آن باغ‌های سرسبز و خرمی در سطح پایین قرار دارد و به عبارت دیگر این بنا در نقطه‌ای بسیار بلند و مشرف باغ‌ها و دشت‌ها گسترده شمال غربی و شمال شرقی خود بنا شده‌است. این نوع بنا تا حدودی با توجه به ارتفاع از زمین، وجود دشت اطراف و بازشوهای مقابل هم پاسخگوی اقلیم شهر نطنز می‌باشد.

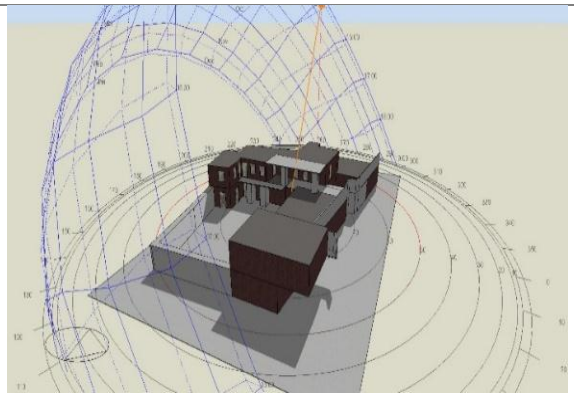


شکل۸و۷ تهویه در پلان و مقطع خانه سورگاه



شکل۱۰ و ۹ تهویه در پلان و مقطع خانه توسلیان

جدول ۱۱- تحلیل خانه توسلیان در نرم‌افزار دیزاین بیلدر

تحلیل خانه های مورد بررسی شهر نطنز با استفاده از نرم افزار دیزاین بیلدر		
نام فضا	مدل سازی بنا ها در نرم افزار دیزاین بیلدر و جهت تابش	نتایج
خانهٔ توسلیان		دما در نیمه تیر ماه به بالاترین حد خود۳۵/۱۶درجه می رسد باتوجه به باز بودن پنجرها در فصل گرم نیمه اردیبهشت ماه به بالاترین حد خود ۳ و در نیمه تیر به پایین ترین حد خود ۱/۹۶ می‌رسد که واحد آن نرخ تعویض هوا در هر یک ساعت یکبار است و در فصول سرد با بسته‌بودن بازشوها این عدد ۰/۷۴ می‌باشد.

دما

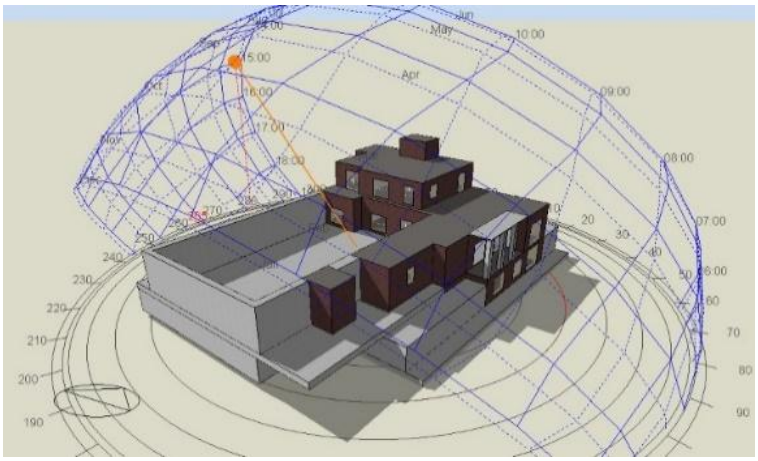
Month	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°C)	18.26	19.86	24.04	25.16	27.21	31.49	35.16	34.73	29.31	29.82	24.34	19.57

تهویه

Month	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
External Infiltration (kWh)	-5124.33	-4031.58	-4284.89	-3081.19	-2054.88	-1389.05	-1757.60	-1872.92	-1884.92	-3752.53	-4367.82	-4693.43
External Vent. (kWh)	0.00	0.00	0.00	-2318.60	-4580.52	-4525.79	-3488.80	-3905.05	-4290.59	0.00	0.00	0.00
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0.74	0.74	0.73	1.97	3.00	2.66	1.96	2.07	2.68	0.73	0.74	0.74

باغات در شمال‌شرقی تا جنوب و رودخانه فصلی در قسمت شمال این بنا قرار گرفته‌است. تا حدودی با توجه به دریافت نور جنوب در طبقه منفی و دریافت نور جنوب، شمال، شرق در طبقات بالایی که به منظور استفاده در فصل سرد است و نسیم‌های خنک از اطراف پاسخگوی اقلیم شهر نطنز می‌باشد.

جدول۱۲ - تحلیل خانه فخار در نرم‌افزار دیزاین بیلدر

تحلیل خانه‌های مورد بررسی شهر نطنز با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر		
نام فضا	مدل‌سازی بناها در نرم‌افزار دیزاین بیلدر و جهت تابش	نتایج
خانهٔ فخار		میانگین آسایش حرارتی در خانه فخار ۱/۷۴ می‌باشد و بسیار با محدوده آسایش فاصله دارد؛ لذا این خانه مناسب نمی‌باشد.

میانگین دما و نفوذ هوا به صورت سالانه: با توجه به پارامتر تجهیزات، روشنایی، دمای هوا، دمای تشعشعی، دمای هوای بیرون، نفوذ خارجی، دریچه‌ها، روشنایی، گرمایی که به واسطه حضور افراد ایجاد می‌شود، میزان تابش از پنجره و غیره محاسبه شده‌است. خانهٔ میرترابیان ۱٫۴۰(ac/h) ، خانهٔ فخار ۱٫۷۳(ac/h)، خانهٔ سورگاه ۱٫۵۷(ac/h) و خانهٔ توسلیان ۱٫۵۶(ac/h) می‌باشد.

میانگین آسایش حرارتی سالانه زمانی مطبوع است که میانگین بین مثبت ۰٫۵ تا منفی ۰٫۵ باشد. این شاخص در خانهٔ میرترابیان ۰٫۲۲،خانهٔ فخار ۱٫۷۴، خانهٔ سورگاه ۰٫۷۷ و خانهٔ توسلیان۰٫۶۴ می باشد؛ لذا می‌توان اذعان کرد، معماری خانه‌های میرترابی‌ها در درجه‌ی اول و خانه سورگاه و توسلیان در درجه‌ی دوم مناسب اقلیم نطنز می‌باشد و با توجه به طراحی بازشوها توانسته‌اند دمای هوا را در دو فصل گرم در بسیاری از اوقات در محدوده آسایش حرارتی نگه دارند.

جمع‌بندی

شهر نطنز دارای الگوی معماری باغشهری و کم تراکم می‌باشد این موضوع می‌تواند، با در نظرداشتن شرایط محیطی موجب طراحی مسکن بومی پایدار و صرفه‌جویی در مصرف انرژی گردد. بررسی خانه‌های سنتی شهر نطنز نشان‌داد در صورت به‌کارگیری فرم پلان با حیاط مرکزی و ال شکل و جانمایی صحیح بنا در جذب نور جنوب به شرایط آسایش حرارتی بسیار نزدیک شد. با بررسی خانه‌های سنتی نطنز می‌توان مشاهده کرد که در این بناها با متوسط ۳۰ درصد بازشو در سطح علاوه بر اینکه توانسته‌اند در فصل گرم تهویه مناسبی را فراهم‌آورند در فصل سرما نیز از برودت و خشکی هوای منطقه در امان بمانند. لازم است تا در طراحی میزان فاصله بازشوها تا کف حداکثر در فاصله یک متری باشد تا بتوان از مسیر حرکت باد محیطی برای سرمایش تبخیری در محیط داخلی بهره برد. مطالعات نشان داد مسکن سنتی شهر نطنز کاملا با شرایط بوم و بستر هماهنگ بوده‌است و توانسته در این زمینه با استفاده از تهویه‌ی طبیعی دما را در منطقه آسایش حرارتی در ایام گرم سال حفظ نماید. در ادامه به نکات مهم در زمینه حداکثر بهره‌وری از پتانسیل های محیطی در طراحی مسکن در شهر نطنز اشاره می‌گردد.

۱- بهره‌گیری از حیاط ترجیحا به صورت حیاط مرکزی؛
۲- جانمایی بنا در جبهه‌های رو به نور جنوب و شرق؛
۳- استفاده از پنجره‌های رو در رو یا عمود برهم ؛
۴- رعایت نسبت پنجره به نما در حدود ۳۰ به ۱۰۰؛
۵- رعایت حداکثر فاصله پنجره از کف تا حداکثر یک متر؛
۶- استفاده از سقف‌های مسطح ؛
۷- توجه به جهت باغات و رودخانه و آیتم‌های محیطی و حداکثر بهره‌وری از آن در تهویه طبیعی؛
۸- استفاده از حوض آب و سبزینگی در فضای حیاط برای ایجاد رطوبت مطلوب و سرمایش تبخیری؛
۹- استفاده از مصالح با طرفیت حرارتی بالا مانند آجر و خشت.

بررسی مسکن بومی در مناطق مختلف جغرافیایی علاوه براینکه می‌تواند دانش نهفته درآن را در اختیار جامعه معاصر طراحی قراردهد می‌تواند راهگشای بسیاری از فقدان‌ها و کمبودها در منابع مکتوب و ضوابط منحصر به فرد مناطق مختلف کشور باشد. در این‌زمینه در پژوهش‌های تکمیلی می‌توان با پژوهش در راستای بومی‌سازی قوانین با اقلیم، ارائه راهکار و الگو برای طراحی‌های معاصر گام‌های موثری برداشت.

منابع و مأخذ

اخترکاوان، مهدی(۱۳۹۱.) تنظیم شرایط همساز با بوم و اقلیم ایران. تهران . انتشارات کلهر.

پورموسی، محبوب، مفیدی شمیرانی ، سید مجید و محمودی زرندی، مهناز(۱۳۹۹) بررسی اصول کالبدی بازشوها و تاثیر آن بر میزان جریان هوا در بناهای مسکونی اقلیم معتدل و مرطوب ایران (مطالعه موردی خانه کلبادی ساری و خانه شفاهی آمل)، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره هشت، آبان ماه ۹۹.

جاوری، محسن؛ کریمیان، حسن؛ محمدی، سیده سارا (۱۴۰۰) تأملی بر ساختار فضایی و الگوی کالبدی خانه‌های دورهٔ قاجار شهر نطنز. مطالعات معماری ایران. شماره ۱۹. صفحات ۱۱۵-۱۳۶ .

حزبئی، مرتضی، ادیب، زهرا و نصراللهی، فرشاد(۱۳۹۳)تهویه طبیعی در شوادنهای شهر دزفول با بهره‌گیری از مدلسازی CFD، نشریه باغ نظر ،شماره ۳۰ سال ۱۱.

رهایی، امید(۱۴۰۰) بررسی تغییرات کالبدی حیاطهای مرکزی بر الگوی جریان هوای داخلآنها در خانه‌های دوران قاجار اصفهان با روشCFD موردپژوهی: خانه لباف،نشریه معماری و شهر پایدار، سال نهم/ شماره دوم/پاییز و زمستان.

رهسپار منفرد، رضا، عظمتی، سعید(۱۴۰۰)تحلیل رفتار باد در تهویه طبیعی و کاهش مصرف انرژی در بنای مسکونی مبتنی بر معماری بومی، مورد مطالعاتی: تأثیر ابعاد و جانمایی بازشو بر تهویه طبیعی در شهر آمل، نشریه علمی و پژوهشی ارمانشهر، شماره ۳۵ ، تابستان.

زهری، سارا، طاهباز، منصوره، ایرج اعتصام(۱۳۹۶) ارائه الگوی بهینه استقرار ساختمان‌ها د ر مجتمع های مسکونی ویلایی در شهر رشت با رویکرد بهره گیری بهینه از انرژی خورشید و باد،نشریه مدیریت شهری، شماره ۴۷ ، تابستان.

ضیابخش، شادی؛ محمودی، مهناز(۱۴۰۰) تحلیلی بر نقش فضاهای نیمه باز در معماری بومی مسکونی شهر رشت جهت بهره‌گیری از تهویه طبیعی، نشریه علمی مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاههای انسانی دوره شانزدهم، شماره ۳ ، پیاپی ۵۶ .

قیابکلو، زهرا(۱۳۹۵) مبانی فیزیک ساختمان۴ . (سرمایش غیرفعال). دانشگاه امیرکبیر تهران.

کسمایی، مرتضی(۱۳۹۲) اقلیم و معماری. ویراست محمد احمدی نژاد. نشر خاک.

هدایت، ژاله، عمادیان رضوی، سیده زینب و آیت اللهی، سیدمحمدحسین(۱۳۹۸) دستیابی به الگوی رفتاری باد در بادگیرهای سنتی یزد براساس اندازه گیری بلندمدت عوامل اقلیمی) نمونه موردی: بادگیر خانه مرتاض، نشریه معماری اقلیم گرم و خشک، سال هفتم، شماره دهم.

Anastaselos, D., Oxizidis, S., & Papadopoulos, A. M. (2011). Energy, environmental and economic optimization of thermal insulation solutions by means of an integrated decision support system. Energy and Buildings, 43(2-3), 686-694. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.11.013

Asfour, S. Gadi, B. (2008). A Using CFD to investigate ventilation characteristics of vaults as wind- inducing devices in buildings. Journal of Applied Energy, (85): 1126-1140

Barzegar Z, Heidari SH. (2013). Investigation of the Effects of Building Envelopes Received Solar Radiation on Residential Energy Consumption: A Case of SW and SE Orientation in Shiraz. Honar-ha-ye-ziba, Volume 18, Issue 1 - Serial Number 1; Pages 45-56. [In Persian].

Clements-Croome, D) Ed .,2002, Naturally Ventilated Buildings: Building for the senses. the economy and society, Routledge.

Da Graca, G. C., Martins, N.R. & Horta, C.S. (2012). Thermal and Airflow Simulation of a Naturally Ventilated Shopping Mall. Energy and Buildings, (50): 177- 188.

Downton P, Jones D, Zeunert J, Roos P (2017). Biophilic design applications: Theory and patterns into built environment practice. Proceedings of the International Conference on Design and Technology Knowledge E.2016, 28 November: Dubai, pp. 59-65.

Gao, C. F., Lee, W. L., (2011). Evaluating the influence of openings configuration on natural ventilation performance of residential units in Hong Kong. Building and environment, Vol. 46(4), pp. 961-969

Gribble, D. (2009). Natural Ventilation, Harnessed by New Kingdom Egyptian Tomb Builders, may Explain the Changed Floor Levels in the Valley of the Kings tomb kv5. Journal of Tunneling and Underground Space Technology, (24): 62-65.

Gustavsson, L., & Joelsson, A. (2010). Life cycle primary energy analysis of residential buildings. Energy and Buildings, 42(2), 210-220. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.08.017

Lai, C. M., & Wang, Y. H. (2011). Energy-saving potential of building envelope designs in residential houses in Taiwan. Energies, 4(11), 2061-2076. https://doi.org/10.3390/en4112061

Lollini, Barozzi, Fasano, Meroni, & Zinzi, M. (2006). Optimization of opaque components of the building envelope. Energy, economic and environmental issues. Building and Environment, 41(8), 1001-1013. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.11.011

Madahi, m., & Abbasi, M. (2020). External thermal shell thermal behavior analysis-Exposure of building with materials and traditional and modern technology to optimize energy consumption (Case study: Residential buildings in Mashhad). ARMANSHAHR, 12(29), 167-183 [In Persian]

Mahdavinejad M, Fakhari M. (2013). Establishment of Optimum Designing Pattern in Buildings Roof Shape Based on Energy Loss. Naqshejahan.; 3 (2) :35-42 [In Persian]

Mirhashemi M, Shapoorian SM. (2010). A new method of optimizing single glazed windows. Honar-ha-ye- ziba. 2(43): 43-48. [In Persian]

Mirzaei, M., & Bekri, M. (2017). Energy consumption and CO2 emissions in Iran, 2025. Environmental Research, 154(January), 345-351. https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.01.023

Omidvar A. Rosti B. (2013). Effect of moisture content of building materials on thermal performance of exterior walls. Modarres mechanical engineering; 13(10); 152-156. [In Persian]

Prakash, D& ,. Ravikumar, P, (2015), Analysis of thermal comfort and indoor air flow characteristics for a residential building room under generalized window opening position at the adjacent walls. International Journal of Sustainable Built Environment, Vol. 4(1), pp. 42-57

Sharghi, A., & Azimi Fereidani, N. (2017). The Role of Slope Shape Roofs in Heating Energy Consumption Based on Energy Gain. Journal Of Sustainable Architecture and Urban Design, 4(2), 65-74 [In Persian]

Shirzadi, M., & Nagashzadeghan, M. (2015). Building Energy Optimization using Sequential Search Approach for Different Climates of Iran. International Journal of Renewable Energy Research (IJRER), 5(1), 210-216.

Tahbaz M. Jalilian SH. (2005). The Role of Building Envelope in Residents' Thermal Comfort. 4th International conference in Fuel Use Optimization in Budling. Tehran; 1-18. [In Persian]

Teppner, R., Langensteiner, B., Meile, W Brenn, G., & Kerschbaumer, S., (2014). Air change rates driven by the flow around and through a building storey with fully open or tilted windows: An experimental and numerical study Energy and buildings, Vol. 80, pp. 570-583.

Znouda, E., Ghrab-Morcos, N., & Hadj-Alouane, A. (2007). Optimization of Mediterranean building design using genetic algorithms. Energy and Buildings, 39(2), 148-153. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2005.11.015

Tahbaz, M., et al. (2008). Challenge of Vernacular Architecture and Modern Life Style - Case Study in Iran. Dublin: *25th Conference on Passive and Low Energy Architecture*.