جغرافیا و توسعه شماره ۴۲ بهار ۱۳۹۵
وصول مقاله : ۱۳۹۴/۰۴/۲۸
تأیید نهایی : ۱۳۹۴/۰۹/۲۹
صفحات : ۱۸۲- ۱۶۱

تعیین جهت بهینه‌ی حیاط مرکزی خانه‌های دوره‌ی قاجار شیراز بر اساس میزان دریافت تابش انرژی خورشیدی

حامد عیالی[۱]، دکتر خسرو موحد[۲]

چکیده

با توجه به اهمیت طراحی غیرفعال بناها برای کاهش مصرف انرژی در رویکرد نوین جهانی، شناخت نحوه‌ی کارکرد الگوهای معماری بومی در جهت کاهش فشار ناشی از ساخت و سازهای نوین بر محیط طبیعی و تلاش در راستای احیای چنین الگوهایی در معماری کشور ما ضروری به نظر می‌رسد. هدف از این پژوهش ارزیابی حیاط مرکزی خانه‌های دوره‌ی قاجار شیراز با تکیه بر میزان دریافت تابش انرژی خورشیدی و تأثیر سایه بر میزان تابش است.

در این راستا پژوهش پیش رو به این سؤالات پاسخ خواهد داد که: تأثیر جهت‌گیری خانه‌های ثبت شده‌ی دوره‌ی قاجار بر اساس میزان دریافت تابش انرژی خورشیدی به چه صورت بوده است؟ طول، عرض و ارتفاع چه تأثیری بر میزان سایه و دریافت تابش داشته است؟

روش تحقیق در این مقاله، روشی ترکیبی از بررسی نمونه‌های موردی و تحقیق میدانی، با شیوه‌ی جمع‌آوری اطلاعات از انواع مشاهده‌های میدانی و مطالعات اسناد کتابخانه‌ای است. در این مقاله تعدادی از خانه‌های ثبت شده‌ی دوره‌ی قاجار به عنوان نمونه‌هایی مورد بررسی نقد و تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. سپس با توصیف‌های تحلیلی، استنتاجی و طبقه‌بندی آنها احکام لازم صادر گردید. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که بهترین زاویه از نظر دریافت میزان تابش انرژی خورشیدی در جبهه‌ی شمالی حیاط مرکزی خانه‌های دوره‌ی قاجار، محدوده‌ی زاویه ۲۵ درجه‌ی چرخش نسبت به شمال است.

کلیدواژه‌ها: جهت‌گیری، تابش خورشیدی، خانه‌های قاجار، حیاط مرکزی، شیراز.

۱- دانشجوی دکتری معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز (نویسنده مسؤول) h.ayali@iaufasa.ac.ir
۲- استادیار معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز kmovahed@iaushiraz.ac.ir

مقدمه

یکی از ضروری‌ترین نیازهای انسان، سرپناه مناسب و مسکن است تا از وی در شرایط سخت آب‌وهوایی حفاظت نماید. از آغاز یکجانشینی، بشر همواره تلاش نموده تا بیشترین سازگاری بنا با آب و هوا را فراهم سازد و از عوامل و عناصر آب و هوا در جهت تأمین آسایش استفاده کند *(مدیری و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۴۲)*. طراحی ساختمان با استفاده از انرژی خورشیدی به همراه توجه به خصوصیات اقلیمی و مصالح محلی ساختمان، نه تنها می‌تواند شرایط آسایش در محیط مصنوع را ایجاد کند، بلکه در کاهش مصرف انرژی نیز کمک خواهد کرد *(YaglouCP,1972: 251)*. شکل یا فرم بنا در نگرش اقلیمی تابعی از عناصر آب و هوایی است. شکل و خواص گوناگون آن (اندازه، تناسب و نسبت‌های آن)، رنگ و سطوح هر کدام تحت تأثیر دما، تابش، باد و رطوبت قرار می‌گیرند. شاید بیشترین تأثیر را تابش آفتاب و بارندگی بر سطوح دارا باشد *(معماریان، ۱۳۸۴: ۳۷)*. در شرایط شکل‌گیری شرایط انسان از دیدگاه آب و هوایی، چهار عنصر دما، رطوبت، باد و تابش نقش دارند. در بین این عناصر، دما و رطوبت اثر بیشتری بر آسایش بشر می‌گذارند. به همین دلیل بیشتر مدل‌های سنجش انسان بر این دو عنصر استوار است *(علیجانی، ۱۳۷۳: ۴۵)* معماران سنتی در گذشته راه‌حل‌های منطقی برای آسایش و سلامت انسان پیشنهاد نموده‌اند. یکی از اصولی که برای ادامه‌ی زندگی بهتر و ایمن‌تر مورد توجه قرار گرفته است، تطابق با شرایط اقلیمی جاری در کشور ایران بوده است *(زارع و همکاران، ۱۳۹۱: ۵۰)*. اکثر طرح‌های معماری که پس از انقلاب صنعتی و دستیابی بشر به انرژی‌های فسیلی عرضه می‌شد، کمترین انطباق را با شرایط آب و هوایی داشته‌اند. پیشرفت‌های تکنولوژی، منجر به کاهش آثار بسیاری از این ناسازگاری‌ها شده و پوششی بر روی بعضی از نقاط ضعف طرح‌های معماری این‌دوره گردیده است. *(مدیری و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۴۲)*. با توجه به اهمیت طراحی غیرفعال ساختمان‌ها برای کاهش مصرف انرژی سرمایشی و گرمایشی در رویکرد نوین جهانی، شناخت اهمیت و نحوه‌ی کارکرد الگوهای معماری بومی در جهت کاهش فشار ناشی از ساخت و سازهای نوین بر محیط طبیعی و تلاش در راستای احیای چنین الگوهایی در معماری کشور ما ضروری به نظر می‌رسد.

پیشینه تحقیق

اولگی[1] (۱۹۶۳) جدولی به نام جدول بیوکلیماتیک پیشنهاد نمود که در آن، حدود آسایش انسان در رابطه با تغییرات دو عنصر آب و هوایی، مثل آفتاب و باد که در محدوده‌ی منطقه‌ی آسایش ایجاد می‌نمایند، نشان داده می‌شود. اوک[2] (۱۹۹۸) اصول طراحی خیابان و سایبان با توجه به عوامل اقلیمی و تابش بیان می‌دارد.

الی۳ (۱۹۹۸) استراتژی‌های طراحی خورشیدی منفعل در ساختمان‌های مسکونی ارائه کرده است. کیفا۴ (۲۰۰۴) به منظور تهیه‌ی اطلات کلی و مناسب برای استفاده از انرژی غیرفعال خورشیدی در برنامه-ریزی‌های شهری و طراحی ساختمان، با استفاده از جدول ماهیانه دوره‌ی ۲۵ ساله عناصر اقلیمی را برای شهر نیکوزیا در قبرس مورد تحلیل قرار داد و استراتژی‌های پیش طراحی را محاسبه و ارائه کرده است. در ایران، طاووسی (۱۳۸۱) در مقاله‌ای به بررسی ویژگی‌های تابش خورشید، ارتفاع یا زاویه‌ی تابش، سمت و جهت تابش خورشید، زاویه‌ی ساعتی و محاسبه‌ی طول سایه در شهر اصفهان پرداخته است.

1-Olgyay
2-Oke
3-Eley
4-Keifa

هدف از این پژوهش، بررسی تابش زمستانی خورشید در شهر اصفهان است تا بر اساس آن بتوان راهکارهای مناسب جهت ایجاد آسایش راحت و ارزان بدون مصرف انرژی را در ساختمان فراهم کرد و با توجه به چگونگی تابش مکان‌یابی صحیح کاربری‌ها را مشخص کرده است.

بنتلی[1] و همکاران (۱۳۸۲) در کتاب محیط‌های پاسخده، در فصل چهارم با عنوان خرد اقلیم، شیوه‌ای برای تحلیل تأثیر متقابل شهر واقلیم ارائه داده‌اند و بر دو عنصر اقلیمی تابش و باد تأکید شده است.

سلیقه (۱۳۸۳) با توجه به نیروهای زوال‌ناپذیر چون آفتاب و باد و استفاده از آنها در بهبود شرایط حرارتی و چگونگی تابش آفتاب در منطقه‌ی چابهار به جهت‌گیری مناسب ساختمان دست یافته است. کمالی و مرادی (۱۳۸۵) در زمینه‌ی تابش خورشید به ویژه بررسی داده‌های ایستگاه‌های تابش‌سنجی مطالبی مطرح نموده‌اند در اثر خود درباره‌ی اصول تابش خورشید، روابط هندسی زمین، روش‌ها و ابزارهای اندازه‌گیری تابش و برآورد تابش خورشید با استفاده از سایر متغیّرهای هواشناسی و کاربرد انرژی خورشید در زمینه‌های مختلف و مهم‌تر برآورد تابش بر روی سطوح شیب‌دار در ایران پرداخته‌اند. آنها تابش خورشید را مهم‌ترین متغیّر هواشناسی و منشأ انرژی برای تمامی تحولات در جو و سطح زمین دانسته‌اند.

کسمایی(۱۳۸۴) به محاسبه‌ی مقدار انرژی خورشیدی بر سطوح قائم به روش تجربی پرداخته است و نتیجه‌ی عملی تحقیقات خود را برای شهرهای بزرگ ایران به شکل‌نمودار مقدار دریافت انرژی خورشیدی در ماه‌های مختلف سال جمع‌بندی کرده است.

نیلسن[2] (۱۳۸۵) به جهت‌گیری ساختمان در رابطه با تابش آفتاب اشاراتی دارد. وی پیشنهادات عملی و کاربردی در طراحی اقلیمی برای کاهش مصرف انرژی و استفاده از انرژی‌های پاک در اقلیم مختلف ارائه نموده است. بهادری‌نژاد و یعقوبی (۱۳۸۵) مصرف انرژی و اثرات زیست‌محیطی آن و انرژی مورد نیاز ساختمان، شرح داده‌اند. روحی‌زاده (۱۳۸۸) به بررسی انرژی خورشیدی و گرمایش و سرمایش ساختمان پرداخته است و راهکارهایی برای استفاده‌ی حداکثری از انرژی‌های پاک ارائه کرده است.

رازجویان (۱۳۸۸) به طراحی ساختمان با توجه به موقعیت خورشید و محاسبه‌ی موقعیت آن از طریق نمودار تشریح کرده است و پیشنهادات عملی جهت طراحی بنای مناسب در محیط‌های‌جغرافیایی گوناگون با توجه به تابش آفتاب و باد ارائه کرده است. طاووسی (۱۳۸۹) بار دیگر به مطالعه‌ی انرژی خورشید و محاسبه‌ی تابش با استفاده از استریوگراف پرداخته است. کاربرد انرژی تابشی خورشید در کشاورزی و معماری و شهرسازی و چشم‌انداز فناوری استفاده از انرژی خورشید در برنامه‌ریزی محیطی بخش دیگری از این آثار ایشان است. واتسون و لبز[3] (۱۳۸۵) درباره‌ی اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان و محاسبه مقدار انرژی خورشیدی بر دیوار قائم به روش تجربی مفصل شرح داده است. اخترکاوان (۱۳۹۰) تأثیر تابش خورشیدی بر معماری و منطقه‌ی آسایش و روش‌های کسب انرژی از خورشید مباحثی عنوان نموده است. حسین‌آبادی و همکاران (۱۳۹۱) نیز به محاسبه‌ی تجربی مقدار انرژی خورشیدی تابیده شده بر سطوح قائم برای شهر سبزوار پرداخته و جهت‌گیری مناسب ساختمان با توجه به تابش آفتاب برای شهر

1-Bentley

2-Nielsen
3-Watson & Labs

مزبور را شرح داده است. وی بهترین جهت برای استفاده‌ی حداکثری از تابش آفتاب در دوره‌ی سرد سال را جهت جنوب غربی دانسته است. سلکی و همکاران (۱۳۹۱) به جهت‌گیری ساختمان در رابطه با تابش آفتاب برای شهر سقز از طریق محاسبات تجربی دست یافته است. او نیز جهت جنوب غرب را برای استفاده‌ی بیشتر از انرژی خورشید برای شهر سقز مناسب دانسته است. خسروی و همکاران (۱۳۹۲) نیز به محاسبه‌ی میزان تابش کل رسیده به سطح افق با استفاده از پارامترهای اقلیمی و پهنه‌بندی آن در گستره‌ی استان آذربایجان شرقی پرداخته‌اند. نتایج اخذ شده نشان داده کمترین میزان تابش مربوط به ماه ژانویه و بیشترین میزان آن مربوط به ماه ژوئن و توزیع تابش سالانه‌ی استان از جنوب غربی به شمال و شمال شرقی روند کاهشی نشان می‌دهد.

روش تحقیق

از میان عرصه‌های مختلفی که مبین تأثیر اقلیم بر معماری محسوب می‌شوند، پژوهش حاضر بر روی حیاط مرکزی به عنوان یکی از عمده‌ترین محورهایی که ضمن تأمین نیاز انسان به فضای باز در معماری گذشته، رابطه‌ای تنگاتنگ با اقلیم برقرار می‌ساخت، تمرکز کرده است. هدف از این پژوهش ارزیابی حیاط مرکزی خانه‌های دوره‌ی قاجار شیراز با تکیه بر میزان دریافت تابش انرژی خورشیدی و تأثیر سایه بر میزان دریافت تابش است. روش تحقیق در این مقاله، روشی ترکیبی از بررسی نمونه‌های موردی و تحقیق میدانی، با شیوه‌ی جمع‌آوری اطلاعات از انواع مشاهده‌های میدانی و مطالعات اسناد کتابخانه‌ای است. در این پژوهش، تعدادی از عناصر معماری به عنوان نمونه‌هایی مورد بررسی قرار گرفته و سپس نقد و تجزیه و تحلیل گردیده‌اند. سپس با توصیف‌های تحلیلی، استنتاجی و طبقه‌بندی آنها احکام لازم صادر گردید. این تحقیق پاسخگویی به پرسش‌های زیر را هدف قرار داده است:

-تأثیر جهت‌گیری خانه‌های ثبت‌شده‌ی دوره‌ی قاجار بر اساس میزان دریافت تابش انرژی خورشیدی به چه صورت بوده است؟

-طول، عرض و ارتفاع چه تأثیری بر میزان سایه و دریافت تابش داشته است؟

برای مطالعه‌ی شرایط زیست اقلیمی خانه‌های دوره‌ی قاجار در شهر شیراز، آمار مربوط به فاکتورهای اقلیمی مربوط به یک دوره‌ی ۵۰ ساله (۱۳۳۵ تا ۱۳۸۴ خورشیدی) از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شیراز جمع‌آوری شد. همچنین برای محاسبه‌ی میزان انرژی تابیده شده بر جبهه‌ی شمالی حیاط مرکزی خانه‌ها، زاویه و جهت تابش آفتاب بر اساس طول و عرض جغرافیایی محل به دست آمده است.

روش‌های محاسباتی مورد استفاده در تحقیق

شدت تابش آفتاب و حرارت حاصل از آن در زمین به وضعیت آب و هوا، موقعیت خورشید و ارتفاع محل مورد نظر بستگی دارد. ولی مقدار انرژی خورشیدی تابیده شده به یک سطح، علاوه بر موارد فوق به زاویه‌ی برخورد پرتو خورشید به سطح مورد نظر نیز بستگی دارد؛ یعنی در یک نقطه از سطح زمین و در یک زمان معین، مقدار انرژی خورشیدی تابیده به سطوحی که نسبت به پرتو خورشید زوایای مختلفی دارند، کاملاً متفاوت است. برای محاسبه‌ی مقدار انرژی تابیده شده خورشید بر روی سطوح قائم روش‌های متعددی وجود دارد. در این تحقیق از دو روش محاسباتی کسینوس استیونسون[1] و دافی[2] - بکمن[3] استفاده گردید.

1-D.G.Stephenson
2- J. A. Duffie
3-W. A. Beckman

-روش محاسباتی کسینوس استیونسون

شدت تابش خورشیدی دریافت‌شده توسط هر سطح به وسیله‌ی قانون کسینوس استیونسون نیز محاسبه می‌شود. اگر شدت پرتو مستقیم و زاویه تلاقی Θ شعاع خورشیدی بر روی سطح داده شده باشد، داریم:

رابطه ۱: $I_s = I_n \cos \Theta$

در رابطه‌ی فوق، I_s معرف شدت تابش بر روی سطح، I_n معرف شدت تابش خورشیدی بر روی سطح عمود بر پرتو خورشیدی و Θ زاویه‌ی تلاقی میان پرتوی خورشید و خط عمود بر یک سطح عمودی (دیوار) است که به وسیله‌ی معادله‌ی کسینوس کروی معین می‌شود:

رابطه ۲: $\cos \Theta = \cos \alpha \cos (\gamma - \gamma')$

که در رابطه‌ی فوق، α زاویه‌ی تابش (ارتفاع خورشید)، γ زاویه‌ی جهت تابش (زاویه‌ی آزیموت) در مسیر گردش عقربه‌های ساعت، از طرف شمال و برحسب درجه اندازه‌گیری می‌شود و γ' زاویه‌ی جهت دیوار که در مسیر عقربه‌های ساعت، از طرف شمال و برحسب درجه اندازه‌گیری می‌شود *(واتسون و همکار، ۱۳۸۵: ۴۴)*. در رابطه‌ی فوق همچنین مقدار I_n، شدت تابش خورشید بر روی سطح عمود بر پرتوی خورشید با توجه به فرمول ذیل محاسبه می‌گردد:

رابطه ۳: $I_n = I_{sc} \exp (- B / \cos \theta_z)$

این رابطه، شبیه رابطه‌ی تابش طیفی (تک موجی) به کار می‌رود و در آن θ_z زاویه‌ی سمت‌الرأس (زاویه‌ی ورود تابش بر سطح افق) و I_{sc} ثابت خورشیدی در توده‌ی هوا و B ضریب خاموشی اتمسفری بر تابش فرضی طیفی است. بنابراین ضریب عبور تابش مستقیم به هنگام عبور از اتمسفر (τ) برابر است با: *(بهادری‌نژاد و همکار، ۱۳۸۵: ۲۲۲)*:

رابطه ۴: $\tau = \exp (- B / \cos \theta_z)$

به کمک بعضی از روش‌ها می‌توان مقادیر ضریب خاموشی اتمسفری و یا ضریب عبور تابش مستقیم به هنگام عبور از اتمسفر را محاسبه کرد. هاتل روشی ساده جهت برآورد میزان‌تابش مستقیم‌انرژی‌خورشیدی بر روی زمین در روزهایی با آسمان صاف ارائه کرده است. او با درنظر گرفتن زاویه‌ی سمت‌الرأس و ارتفاع از سطح دریا، برای مناطقی با چهار نوع آب‌و هوای مختلف، ضریب عبور تابش مستقیم به هنگام عبور از اتمسفر (τ) را با رابطه‌ی زیر نشان داده است:

رابطه ۵: $\tau = a + b \exp (- c / \cos \theta_z)$

اعداد ثابت a، b و c در مکان‌هایی با ارتفاع کمتر از ۲/۵ کیلومتر و اتمسفر استاندارد با قابلیت دیدی برابر ۲۳ کیلومتر قابل محاسبه خواهد بود:

رابطه ۶: $a = 0.4237 - 0.00821 (6 - A)^2$

رابطه ۷: $b = 0.5055 - 0.005958 (6.5 - A)^2$

رابطه ۸: $c = 0.2711 - 0.01858 (2.5 - A)^2$

که در آنها A معرف ارتفاع مشاهده کننده از سطح دریا برحسب کیلومتر است. برای اینکه بتوان شرایط مختلف آب و هوایی را در نظر گرفت، ضرایب تصحیح به‌صورت جدول۱ پیشنهاد شده‌است *(Sen, 2008: 71)*:

جدول ۱: ضرایب تصحیح اعداد ثابت در محاسبه‌ی میزان تابش مستقیم با آسمان صاف

نوع آب‌وهوا	r_a	r_b	r_c
آب و هوای گرمسیری	۰/۹۵	۰/۹۸	۱/۰۲
آب و هوای با تابستان طولانی	۰/۹۷	۰/۹۹	۱/۰۲
آب و هوای با تابستان سرد	۰/۹۹	۰/۹۹	۱/۰۱
آب و هوای با زمستان طولانی	۱/۰۳	۱/۰۱	۱/۰۰

مأخذ: Sen, 2008

برای به دست آوردن زاویه‌ی سمت‌الرأس (زاویه‌ی ورود تابش بر سطح افق)، ابتدا می‌بایست میزان زاویه‌ی میل

δ را از رابطه‌ی زیر به‌دست آورد *(بهادری‌نژاد و همکار، ۱۳۸۵: ۲۱۸)*:

رابطه ۹ :

$$\delta = 23.45 \left(\text{Sin}\left(360(284+N)/365\right)\right)$$

که N شماره‌ی روز در سال میلادی است. زاویه‌ی برخورد تابش‌خورشید (زاویه‌ی ورودتابش) θ به زاویه‌ی شیب صفحه s، زاویه‌ی جهت‌نمای سطح گیرنده' γ، زاویه‌ی انحراف δ، عرض جغرافیایی φ و زاویه‌ی ساعت ω بستگی دارد. این زاویه نسبت به سطح شیبدار از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید *(بهادری‌نژاد و یعقوبی، ۱۳۸۵: ۲۱۹)*:

رابطه ۱۰:

$$\text{Cos}\,\theta = (\text{Sin}\,\delta\ \text{Sin}\,\varphi\ \text{Cos}\,s) - (\text{Sin}\,\delta\ \text{Cos}\,\varphi\ \text{Sin}\,s\ \text{Cos}\,\gamma') + (\text{Cos}\,\delta\ \text{Cos}\,\varphi\ \text{Cos}\,s\ \text{Cos}\,\omega) + (\text{Cos}\,\delta\ \text{Sin}\,\varphi\ \text{Sin}\,s\ \text{Cos}\,\gamma'\ \text{Cos}\,\omega) + (\text{Cos}\,\delta\ \text{Sin}\,s\ \text{Sin}\,\gamma'\ \text{Sin}\,\omega)$$

همچنین زاویه‌ی سمت‌الرأس (زاویه ورود تابش بر سطح افق) θ_z برابر خواهد بود با *(بهادری‌نژاد و یعقوبی،۱۳۸۵: ۲۲۰)*:

رابطه ۱۱:

$$\text{Cos}\,\theta_z = (\text{Sin}\,\delta\ \text{Sin}\,\varphi) + (\text{Cos}\,\delta\ \text{Cos}\,\varphi\ \text{Cos}\,\omega)$$

- روش محاسباتی دافی- بکمن

شدت تابش خورشیدی دریافت شده توسط هر سطح به‌وسیله‌ی روش محاسباتی دافی- بکمن نیز محاسبه می‌شود.

رابطه ۱۲:

$$I_{oh} = I_{sc}\left(1 + 0.033\,\text{Cos}\left(360\,N / 365\right)\right)\text{Cos}\,\theta_z$$

رابطه ۱۳:

$$a = 0.409 + 0.5016\,\text{Sin}\left(\omega_s - 60\right)$$

رابطه ۱۴:

$$b = 0.6607 - 0.4767\,\text{Sin}\left(\omega_s - 60\right)$$

رابطه ۱۵:

$$k_T = a + b\,\text{Cos}\,\omega\,(t-12)$$ ~~K_T~~

رابطه ۱۶:

$$I_h = k_T\ I_{oh}$$

رابطه ۱۷:

$$I_{bh} = I_h - I_{dh}$$

رابطه ۱۸:

$$I_{dh} / I_h = 1 - 0.249\,k_T \quad \text{if} \quad k_T < 0.35$$

$$I_{dh} / I_h = 1.557 - 1.84\,k_T \quad \text{if} \quad 0.35 < k_T < 0.75$$

$$I_{dh} / I_h = 0.177 \quad \text{if} \quad k_T > 0.75$$

در این روابط ~~K_T~~ k_T ضریب صافی ماهانه، I_h ضریب صافی ساعتی، I_{dh} تابش‌خورشیدی روی صفحه‌ی افقی، I_{bh} و I_{dh} به ترتیب شدت تابش پراکنده و مستقیم خورشید روی صفحه‌ی افقی، I_{oh} شدت تابش خورشید روی صفحه‌ی افقی که در خارج از اتمسفر زمین قرار دارد، I_{sc} ثابت خورشیدی (معادل ۱۳۵۳ وات بر متر مربع)، N معرف روز میلادی، θ_z زاویه‌ی سمت‌الرأس (زاویه‌ی ورود تابش بر سطح افق)، ω_s معرف زاویه‌ی غروب آفتاب است. برای تعیین θ_z از رابطه‌ی ۱۱ و برای تعیین ω_s می‌توان از رابطه‌ی زیر استفاده کرد:

رابطه ۱۹ :

$$\text{Cos}\,\omega_s = -\,\text{Tan}\,\delta\,\text{Tan}\,\varphi$$

که در این رابطه، φ معرف عرض جغرافیایی و δ معرف زاویه‌ی انحراف است. همچنین زاویه‌ی انحراف را می‌توان از رابطه‌ی ۹ به‌دست آورد. همان‌طور که گفته شد N شماره‌ی روز در سال میلادی است. برای تعیین شدت تابش بر روی دیوارهای قائم می‌توان از رابطه‌ی زیر استفاده کرد:

$$I_j = R_b I_{bh} + \tfrac{1}{2} I_{dh} + \tfrac{1}{2} \rho_{gr} I_h$$ رابطه ۲۰ :

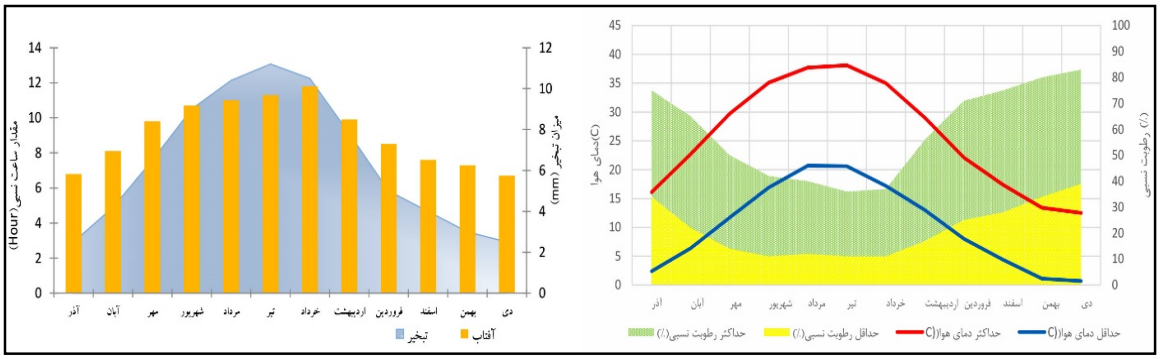
که زیرنویس j معرف جهت دیوار و ρ_{gr} معرف ضریب بازتاب زمین است که می‌توان آن را برحسب نوع پوشش زمین اطراف دیوار بین ۰/۲ تا ۰/۵ انتخاب کرد. در رابطه‌ی فوق R_b معرف نسبت تابش مستقیم بر روی دیوار به تابش مستقیم روی صفحه‌ی افقی است و از رابطه‌ی زیر تعیین می‌شود:

$$R_b = \cos \Theta / \cos \Theta_z$$ رابطه ۲۱ :

که در آن Θ زاویه برخورد تابش خورشید (زاویه‌ی ورود تابش) است که از رابطه‌ی کلی ۱۰ به‌دست می‌آید. توجه گردد که برای دیوارهای قائم میزان زاویه‌ی شیب صفحه برابر ۹۰ در نظر گرفته می‌شود *(بهادری‌نژاد و یعقوبی، ۱۳۸۵: ۳۷۶)*.

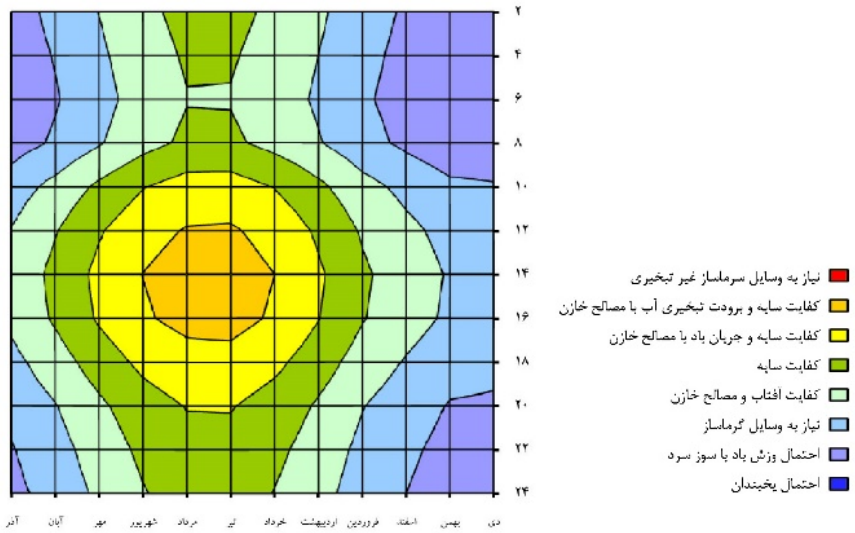
معرفی محدوده‌ی مورد مطالعه

شیراز با طول جغرافیایی ۵۲ و ۳۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۲ دقیقه در جنوب غربی ایران، در مرکز استان فارس واقع شده است و از سطح دریاهای آزاد ۱۴۹۱متر ارتفاع دارد. با توجه به موقعیت جغرافیایی شیراز، نقاط هم اقلیم با این شهر بیشتر قسمت‌های جلگه‌ای که یا در نزدیکی کوهستان‌ها قرار دارند و یا مجاور با کویر هستند، واقع گشته است. میزان حداقل و حداکثر دمای متوسط هوا، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، تبخیر و باران در شکل ۱ نمایش داده شده است. همچنین با توجه به شکل ۱، تقویم نیاز اقلیمی شیراز بر اساس روش اولگی محاسبه و در شکل ۲ ارائه شده است. هدف از تهیه‌ی این تقویم، نمایش پراکندگی نقاط گرمایی یکسان در عرض سال و یا تشخیص مواقعی است که از لحاظ گرمایی احساس مشابه در انسان ایجاد می‌شود. با تشخیص این مواقع، نیاز آب و هوایی انسان برای رسیدن به شرایط آسایش در منطقه‌ی مورد مطالعه نیز معلوم می‌گردد. با بررسی تقویم نیاز اقلیمی چنین حاصل می‌شود که با توجه به دمای بالای هوا، نیاز به سایه به عنوان ابزاری جهت ایجاد آسایش وجود دارد.



شکل ۱: نمودارهای اطلاعات آب و هوایی شهر شیراز

مأخذ: سازمان هواشناسی کشور، ترسیم نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۲: نمودار تقویم نیاز اقلیمی شهر شیراز

تهیه و ترسیم : نگارندگان، ۱۳۹۴

در راستای هدف تحقیق، از میان ۸۸ مورد از نمونه‌های ثبت شده در آثار ملی و با ارزش معماری مسکونی دوره‌ی قاجار در شیراز، ۲۰ مورد جهت تعیین زاویه‌ی بهینه‌ی جهت‌گیری حیاط مرکزی در این اقلیم بر اساس زاویه و جهت حیاط مرکزی این خانه‌ها، نسبت به جهات جغرافیایی به صورت غیر احتمالی هدفمند یا قضاوتی انتخاب شد. با توجه به محاسبات بسیار زیاد و همچنین جهت خوانایی نمودارها، خانه‌ها بر اساس میزان چرخش نسبت به‌شمال به پنج دسته‌ی ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه تقسیم‌بندی گردید.

مبانی نظری

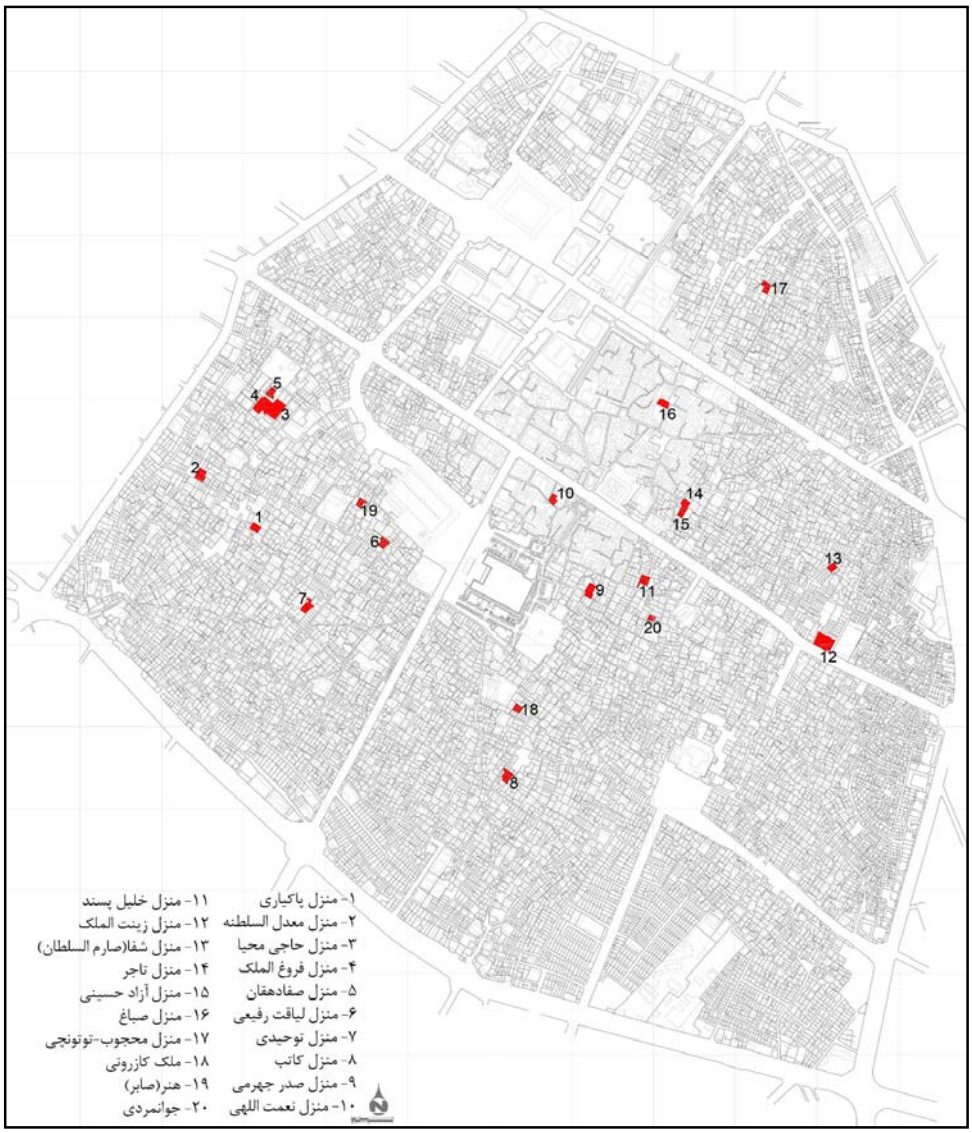
تجربیات معماری بومی در پهنه‌ی جهان و به ویژه ایران، تأییدی بر اندیشه‌ی فرم‌زایی ملاحظات اقلیمی در معماری‌است*(طاووسی و عبدالهی،۱۳۸۹: ۱۲۶)*. الگوی حیاط مرکزی در معماری گذشته و امروز کشورهای مختلف در جهت تأمین آسایش حرارتی ساکنان و کاهش مصرف انرژی مورد استفاده قرار گرفته است.

حیاط افزون بر ایجاد وحدت رویه بین عناصر نوعی ارتباط پیمایشی بین آنها ایجاد می‌کند. این ارتباط یا از ورودی ساختمان به مقصد دیگر فضاهای پراکنده صورت‌می‌گیرد و یا با استقرار محوطه‌ی اصلی تابستانی و زمستانی در جبهه‌های مختلف ارتباط دهنده‌ی بخش‌های اصلی خانه می‌باشد *(معماریان، ۱۳۷۳: ۱۵)*. حیاط مرکزی کانون خانه‌های مسکونی به‌شمار می‌رود. فضایی که هم می‌خواهد حریم امن خانه را از تابش آزاردهنده‌ی تابستان در امان بدارد و هم در عین حال آن را در زمستان به کار ببرد. عوامل تأثیرگذار بر استفاده از چنین الگویی در جهت تعدیل شرایط اقلیمی در معماری را می‌توان به صورت زیر بیان کرد: تأمین نور طبیعی برای فضاهای پیرامونی در طول روز؛ ایجاد تهویه و محافظت در برابر گرد و غبار؛ ایجاد محرمیت برای ساکنان؛ ایجاد خرده اقلیمی در درون فضای زیستی جهت آسایش در محیط بیرونی؛ گرم شدن حیاط در طول روز و ایجاد امکان استفاده از تهویه‌ی‌هواکشی جهت افت‌حرارت جداره‌های پیرامونی؛

سرد شدن حیاط در شب از طریق تابش به آسمان صاف و ایجاد امکان تهویه‌ی عبوری جهت پایین آوردن میانگین دمای روزانه‌ی‌داخل(*تابان و همکاران،۱۳۹۲: ۴۵*).

- ویژگی‌های معماری مسکونی قاجار شیراز

قرارگیری حیاط‌مرکزی خانه‌ها بر اساس درون (بیشتر در جهت شمال شرقی- جنوب شرقی) است. از ساختار درون‌گرایی و خانه‌های حیاط مرکزی با رعایت اصل سلسله مراتب و اهمیت فضاها بهره‌گیری شده است. نمای بیرونی خانه‌ها آجری و ساده است و تنها بخش تزیینی نمای بیرون سردرها می‌باشند. هشتی خانه‌ها عموماً به شکل چهار ضلعی و مستطیل است که فضای خصوصی برای خانه ایجاد کرده است. بطور معمول، راه‌پله‌ی ورودی به پشت‌بام نیز در این فضا تعبیه شده است. پوشش هشتی چهارضلعی به صورت طاق با خیز کم و تزیینات آجرکاری یا معقلی است. حیاط‌ها در حدود یک متر از سطح زمین پایین‌ترند که به علل گوناگونی مثل بهره‌گیری از تعدیل حرارت زمین، استحکام در مقابل زلزله، بهره‌گیری از خاک‌زمین برای ساخت و ساز خانه و دسترسی آسان به آب قنات را می‌توان برای آن برشمرد. در اغلب اوقات، حیاط‌ها در جهت طولی زمین احداث شده‌اند (*افسر، ۱۳۵۳: ۳۳*). قرینه‌سازی فضاها و تنوع در طرح کلی و چیدمان بر اساس یک الگوی مشخص در دستور کار معماران این فضاهای مسکونی بوده است؛ برای مثال، تالار با دو فضا در دو طرف آن جهت ورود به تالار ساخته شده است. فضای تالار به عنوان مهم‌ترین فضا معمولاً در جبهه‌ی شمالی مطرح بوده است که معمولاً از ارسی در این فضاها استفاده گردیده است. فرم تالارها معمولاً چهارگوش و یا چلیپا است. در این خانه‌ها از سه‌دری و پنج دری با تابش‌بند در دو طرف آن همچنین از قوس‌های نیم‌دایره و هلالی در نما بهره می‌برده‌اند. شیرسرها عموماً چوبی به‌صورت افقی با پوشش محافظ در مقابل آفتاب و باران از جنس ورق فلزی است. فرم و شکل حوض‌ها به صورت چهارضلعی و عموماً مستطیل شکل است. در زیر جبهه‌ی اصلی و در بیشتر موارد همه‌ی جبهه‌ها، زیرزمین قرار دارد. جهت استقرار ساختمان یکی از مهم‌ترین عوامل‌مؤثر در ایجاد آسایش حرارتی ساختمان می‌باشد. به منظور دستیابی به اهداف طراحی اقلیمی، جهت استقرار ساختمان باید با توجه به تأثیرات دو عنصر اقلیمی تابش آفتاب و وزش باد تأمین گردد. همچنین تابش، مهم‌ترین عاملی است که آب و هوای اقلیم را کنترل می‌کند؛ زیرا علت غایی کل تغییرات و حرکات جو است. اقلیم هر مکانی متشکل از اکتساب یا اتلاف گرما به صورت تابش می‌باشد (*حسین‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۰۷*).



شکل ۳: مکان قرارگیری و پخشایش نمونه‌های مطالعاتی در محدوده‌ی بافت قدیم شیراز

تهیه و ترسیم: مهندسین مشاور نقش جهان - پارس، ۱۳۷۴

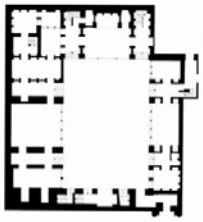
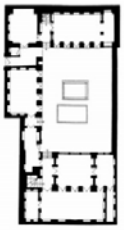
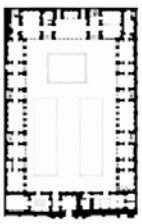
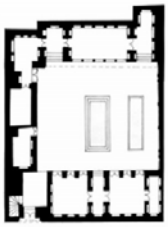
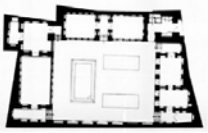
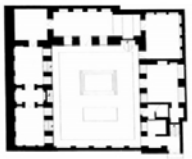
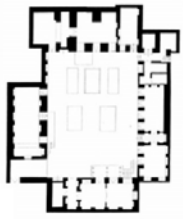
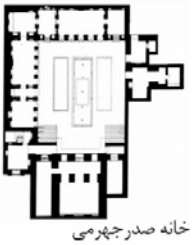
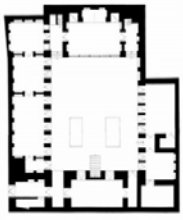
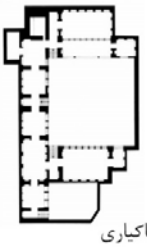
مبنای گروه‌بندی جداول ۲ و ۳ بر اساس میزان زاویه‌ی سمت جبهه‌ی شمالی هرکدام از نمونه‌ها است که این میزان چرخش از ۲۳ تا ۴۴ متغیّر بوده که جهت سهولت در محاسبات و با توجه به محاسبات بسیار زیاد و همچنین جهت خوانایی نمودارها، نمونه‌ها در پنج دسته‌ی ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه تقسیم‌بندی گردید. میزان فراوانی هر کدام از دسته‌ها بر اساس میزان چرخش جبهه‌ی شمالی نمونه بوده و به ازای هریک درجه چرخش زاویه‌ی سمت، یک نمونه به شرح جدول ۲ انتخاب گردیده است.

جدول۲: مشخصات ساختاری نمونه‌های مطالعاتی

دسته بندی	نام بنا	نام اختصاری	جهت‌گیری زمین	جهت گیری حیاط مرکزی	شکل فضای باز و بسته	مساحت				حیاط مرکزی		زاویه سمت جبهه شمالی	محل قرارگیری تالار اصلی
						کل	باز	پوشیده	بسته	طول	عرض		
25	خلیل پسند	KH	شمال شرقی-جنوب غربی	شمال شرقی-جنوب غربی	■	470	168	54	248	15.30	11.00	-23	جبهه شمال شرقی
	جوانمردی	JA	شمال شرقی-جنوب غربی	شمال غربی-جنوب شرقی	■	140	42	13	85	7.70	5.40	-25	جبهه شمال غربی
	صباغ	SB	شمال شرقی-جنوب غربی	شمال شرقی-جنوب غربی	■	413	160	32	221	14.20	11.30	-26	جبهه جنوب غربی
	زینت الملک	ZI	شمال غربی-جنوب شرقی	شمال غربی-جنوب شرقی	■	1657	576	215	866	22.30	19.70	-27	جبهه شمال غربی
	محبوب-توتونچی	MH	شمال غربی-جنوب شرقی	شمال شرقی-جنوب غربی	■	656	207	74	375	12.30	11.60	-28	جبهه شمال شرقی
				شمال شرقی-جنوب غربی	■					9.80	6.60		
30	معدل السلطنه	MA	شمال شرقی-جنوب غربی	شمال شرقی-جنوب غربی	■	598	183	85	330	16.80	10.90	-29	جبهه شمال غربی
	ملک کازرونی	ML	شمال شرقی-جنوب غربی	شمال شرقی-جنوب غربی	■	236	76	16	144	9.50	8.00	-30	جبهه شمال شرقی
	صدر چهرمی	SD	شمال شرقی-جنوب غربی	شمال شرقی-جنوب غربی	■	530	190	48	292	15.70	12.10	-31	جبهه جنوب غربی
	نعمت الهی	NA	شمال شرقی-جنوب غربی	شمال شرقی-جنوب غربی	■	308	92	21	195	11.00	8.40	-32	جبهه شمال شرقی
35	هنر (صابر)	HO	شمال شرقی-جنوب غربی	شمال شرقی-جنوب غربی	■	385	110	24	251	12.50	8.80	-33	جبهه شمال غربی
	آزاد حسینی	AZ	شمال شرقی-جنوب غربی	شمال شرقی-جنوب غربی	■	336	104	18	214	12.40	8.40	-34	جبهه جنوب غربی
	کاتب	KA	شمال شرقی-جنوب غربی	شمال شرقی-جنوب غربی	■	415	159	25	231	15.00	10.60	-35	جبهه جنوب غربی
	تاجر	TA	شمال شرقی-جنوب غربی	شمال شرقی-جنوب غربی	■	262	78	43	141	10.00	7.80	-36	جبهه شمال شرقی
	پاکیاری	PA	شمال شرقی-جنوب غربی	شمال شرقی-جنوب غربی	■	505	160	48	297	12.80	12.50	-37	جبهه جنوب غربی
	لیاقت رفیعی	LI	شمال شرقی-جنوب غربی	شمال شرقی-جنوب غربی	■	286	96	27	163	11.30	8.50	-38	جبهه شمال شرقی
	حاجی محیا	HA	شمال شرقی-جنوب غربی	شمال شرقی-جنوب غربی	■	1278	619	88	571	32.60	19.00	-39	جبهه شمال شرقی
40	فروغ الملک	FR	شمال غربی-جنوب شرقی	شمال غربی-جنوب شرقی	■	692	136	91	465	12.60	8.40	-40	جبهه شمال غربی
				شمال غربی-جنوب شرقی	■					6.60	4.60		
	صفا دهقان	SF	شمال شرقی-جنوب غربی	شمال غربی-جنوب شرقی	■	275	71	24	180	8.50	8.30	-41	جبهه شمال غربی
	توحیدی	TO	شمال شرقی-جنوب غربی	شمال شرقی-جنوب غربی	■	710	207	120	383	17.10	12.10	-43	جبهه شمال شرقی
45	شفا (صارم السلطان)	SH	شمال شرقی-جنوب غربی	شمال غربی-جنوب شرقی	■	157	60	17	80	8.50	7.10	-44	جبهه شمال شرقی

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

جدول ۳: دسته‌بندی پلان نمونه‌های مطالعاتی

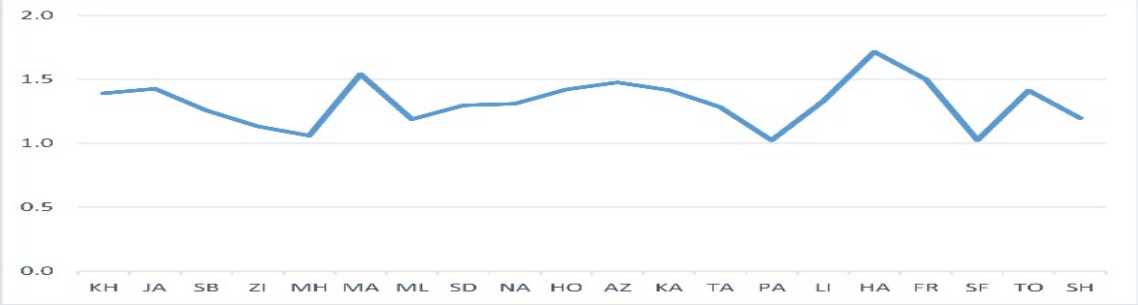
۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
خانه خلیل پسند	خانه محبوب (توتونچی)	خانه هنر (صابر)	خانه لیاقت رفیعی	خانه توحیدی
خانه جوانمردی	 خانه معدل السلطنه	 خانه آزاد حسینی	 خانه حاجی مهیا	 خانه شفا (صارم السلطان)
 خانه صباغ	 خانه ملک کازرونی	 خانه کاتب	خانه فروغ الملک	
خانه زینت الملک	 خانه صدرجهرمی	خانه تاجر	خانه صفادهقان	
	 خانه نعمت الهی	 خانه پاکیاری		

تهیه و ترسیم: اداره میراث فرهنگی استان فارس، نگارندگان، ۱۳۹۴

یافته‌های تحقیق

- نسبت میان طول و عرض حیاط

نسبت میان طول به عرض حیاط در واقع بیانگر کشیدگی فرم حیاط مرکزی است. این نسبت برای همه نمونه‌ها اندازه‌گیری شده که در شکل ۴ ارائه شده است. از این نمودار چنین حاصل می‌شود که اغلب نمونه‌های مطالعاتی دارای نسبت ۱ به ۱ تا ۱/۵ بوده است. لذا بیشترین فراوانی را در میان نمونه‌های حیاط مرکزی مسکن دوره‌ی قاجار شیراز داشته است.

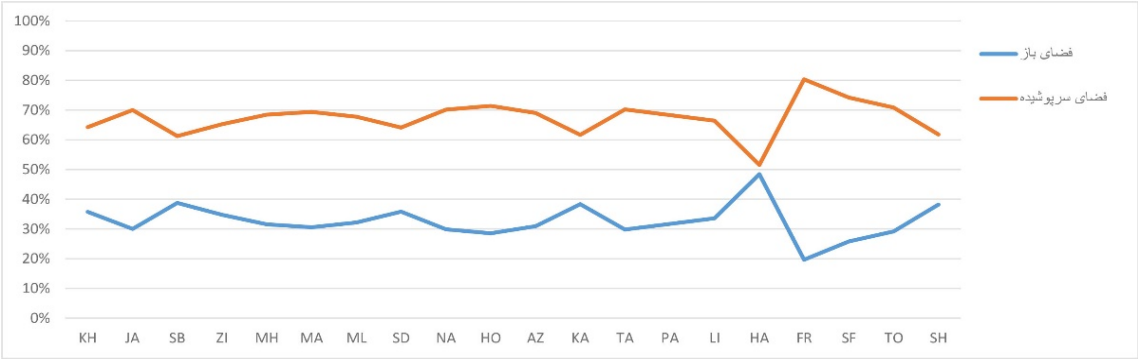


شکل ۴: نمودار نسبت طول به عرض حیاط مرکزی نمونه‌های مطالعاتی

تهیه و ترسیم: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

- ضریب سطح اشغال بنا

منظور از ضریب سطح اشغال، نسبت سطح فضای سرپوشیده به مساحت کل زمین است که به صورت درصد معرفی می‌شود که این ضریب بیانگر میزان فشردگی ساختمانی از نظر حجمی است. میزان مساحت فضای سرپوشیده و باز برای همه‌ی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد که در شکل ۵ ارائه شده است. این نمودار معرّف این است که میزان سطح اشغال در اغلب نمونه‌ها بین ۶۰ تا ۷۰ درصد سطح زمین خود بوده است.



شکل ۵: نمودار ضریب سطح فضای باز و سرپوشیده نمونه‌های مطالعاتی

تهیه و ترسیم: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

- میزان تابش انرژی خورشیدی در جبهه‌ی شمالی

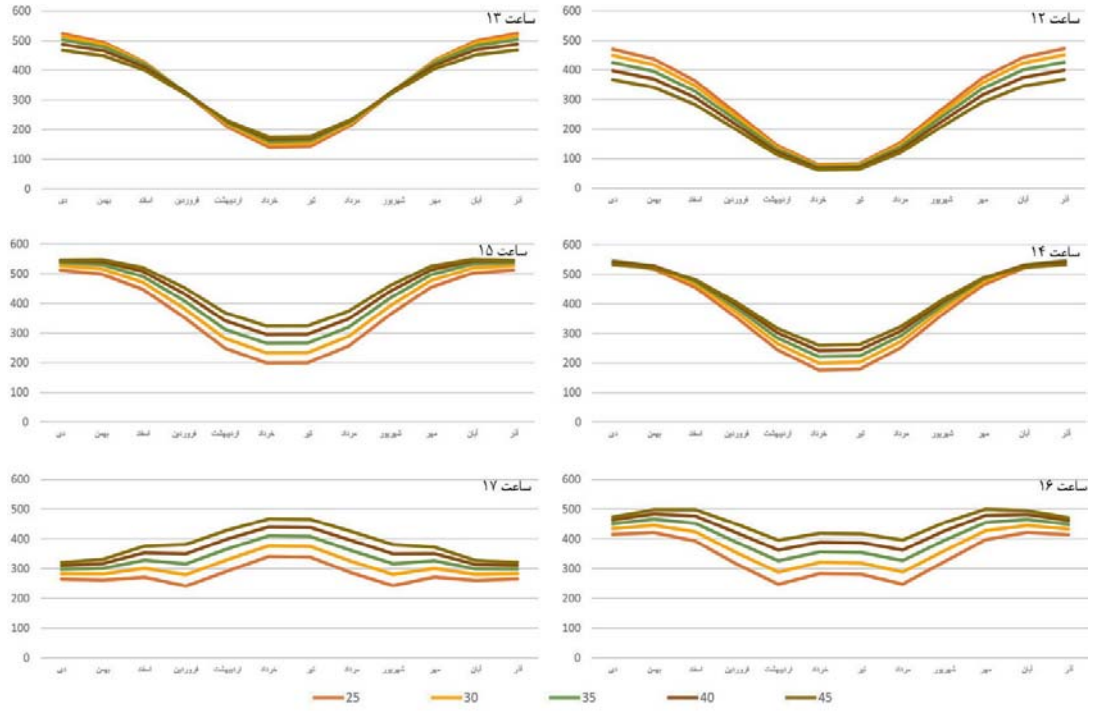
در رابطه با تابش خورشید، جهت ساختمان باید به گونه‌ای باشد که در مواقع سرد بیشترین میزان انرژی و در مواقع گرم کمترین میزان‌انرژی به نمای اصلی بتابد. بنابراین اولین مرحله، در تعیین چنین جهتی، تعیین مواقع‌مختلف سال از نظر کسب انرژی خورشیدی است *(کسمایی، ۱۳۸۴: ۱۳۷)*. بررسی نمودارهای مربوط به انرژی خورشیدی تابش یافته بر سطوح قائم در عرض جغرافیایی ۲۹ درجه‌ی شمالی بیانگر بیشترین میزان تابش بر جبهه‌ی شمالی است *(کسمایی، ۱۳۸۴: ۱۹۵)*.

جدول ۴: میزان ساعات و درصد آفتابی، طول روز، زاویه‌ی انحراف در شیراز

	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر
ساعات آفتابی	201.00	219.00	220.40	263.50	306.90	365.80	350.30	341.00	331.70	294.00	243.00	204.00
طول روز	303.06	312.56	323.02	372.00	400.43	422.69	430.84	420.74	397.40	360.00	330.43	310.19
درصد آفتابی	66.32%	70.07%	68.23%	70.83%	76.64%	86.54%	81.31%	81.05%	83.47%	81.67%	73.54%	65.77%
شماره روز	277	307	337	1	32	63	94	125	156	187	217	247
زاویه انحراف	-23.45	-19.93	-11.23	0.00	11.93	20.54	23.45	19.82	10.69	0.00	-12.79	-20.82
مقدار ساعت نسبی آفتاب	6.7	7.3	7.6	8.5	9.9	11.8	11.3	11	10.7	9.8	8.1	6.8

مأخذ: سازمان هواشناسی کشور و مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

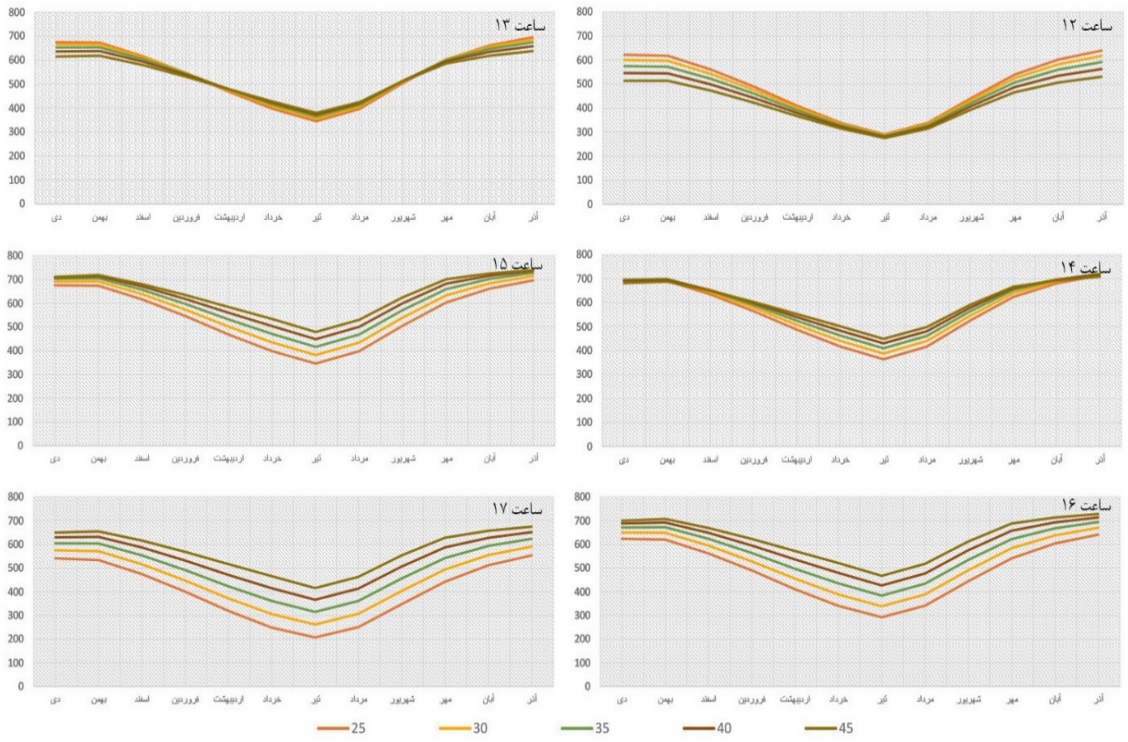
با توجه به تقویم نیاز اقلیمی شیراز (شکل ۲)، بیشترین دما را بین ساعات ۱۲ تا ۱۷ اتفاق می‌افتد، از این رو رأس ساعت‌های ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۱۷ مبنای محاسبه‌ی میزان تابش انرژی خورشیدی در نظر گرفته شد. جهت جلوگیری از افزایش فاکتورهای تأثیرگذار بر میزان تابش انرژی خورشیدی، سطح آنها بدون هرگونه بازشو، شیشه و تزیینات در نظر گرفته شد. همچنین با توجه به تنوع سطوح حیاط‌های مرکزی، از تأثیر بازتابش از سطوح قائم اطراف پرهیز گردید. همانطور که ذکر شد، با توجه به محاسبات بسیار زیاد و همچنین جهت خوانایی نمودارها، خانه‌ها بر اساس میزان چرخش نسبت به شمال به‌پنج دسته‌ی ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه تقسیم بندی گردید.



شکل ۶: بررسی میزان تابش انرژی خورشیدی در جبهه‌ی شمالی نمونه‌های مطالعاتی در ساعات ۱۲تا ۱۷ به روش کسینوس استیونسن

تهیه و ترسیم: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

بر اساس روش‌های محاسبه‌ی مقادیر انرژی خورشیدی بر روی دیوارهای‌قائم یک‌ساختمان، میزان تابش انرژی خورشیدی در جبهه‌ی شمالی هر کدام از نمونه‌های پژوهش در میانگین میزان تابش روزهای هر ماه در ساعات فوق به روش کسینوس استیونسن و دافی-بکمن محاسبه گردید که به ترتیب در شکل ۶ و ۷ ارائه شده است.



شکل ۷: بررسی میزان تابش انرژی خورشیدی در جبهه‌ی شمالی نمونه‌های مطالعاتی در ساعات ۱۲تا ۱۷ به روش دافی - بکمن

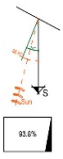
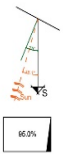
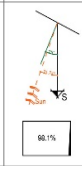
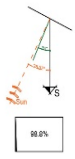
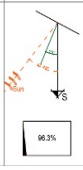
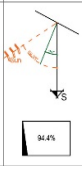
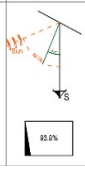
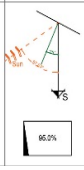
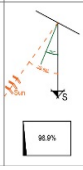
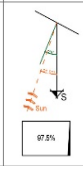
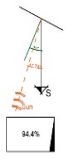
تهیه و ترسیم: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

با عنایت به اینکه جهت ساختمان باید به گونه‌ای باشد که در مواقع سرد بیشترین میزان انرژی و در مواقع گرم کمترین میزان انرژی به نمای اصلی بتابد، با بررسی شکل ۷ و ۸، شباهت بین نمودارها مشاهده شد و چنین مشخص گردید که در ساعت ۱۲، میزان تابش انرژی خورشیدی در جبهه شمالی در زاویه‌ی ۴۵ درجه در ماه‌های گرم کمترین و در زاویه‌ی ۲۵ درجه در ماه‌های سرد بیشترین دریافت را دارد اما در ساعت ۱۴، در زاویه‌ی ۲۵ درجه در ماه‌های گرم کمترین و در ماه‌های سرد بیشترین دریافت را دارد. همچنین در ساعات ۱۵، ۱۶ و ۱۷، در زاویه ۲۵ درجه در ماه‌های گرم کمترین دریافت را خواهد داشت. بنابراین با توجه به محاسبات انجام شده در هر دو روش محاسباتی، بهترین زاویه‌ی حیاط مرکزی نمونه‌ها در زاویه‌ی ۲۵، درجه‌ی چرخش نسبت به شمال بر اساس میزان تابش انرژی خورشیدی در جبهه شمالی تشخیص داده شد. توجه گردد با توجه به اینکه تابش خورشید در ماه‌های گرم نسبت به ماه‌های سرد نسبت به سطح افق عمودی‌تر است اما با عنایت به اینکه در این پژوهش میزان جذب تابش انرژی خورشیدی در جبهه‌ی شمالی که صفحه‌ای عمودی مطرح است و نه افقی، بنابراین هرچه تابش نسبت به سطح افق عمودی‌تر باشد، میزان جذب بر سطح عمودی (در صورت تابش به سطح عمودی مذکور) کمتر خواهد بود.

-تأثیر سایه بر میزان جذب تابش انرژی خورشیدی در جبهه‌ی شمالی

آشکار است که نقش جداره‌های حیاط، نسبت به کف آن،جهت افزایش بار حرارتی ساختمان، قابل ملاحظه‌تر است. بنابراین سایه‌ی ایجاد شده بر روی دیوارها، اثر قابل توجهی بر کاهش دمای فضاهای داخلی خواهد داشت *(Li, 2005: 1818)*. میزان سایه‌ای که دیوارهای اطراف حیاط مرکزی بر روی جبهه‌ی شمالی ایجاد می‌کنند، محاسبه گردید.

جدول ۵: نحوه‌ی ترسیم و محاسبه‌ی سایه بر روی تناسب میانگین۱ به ۱/۶ نمونه

۲۵°	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر
13												

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

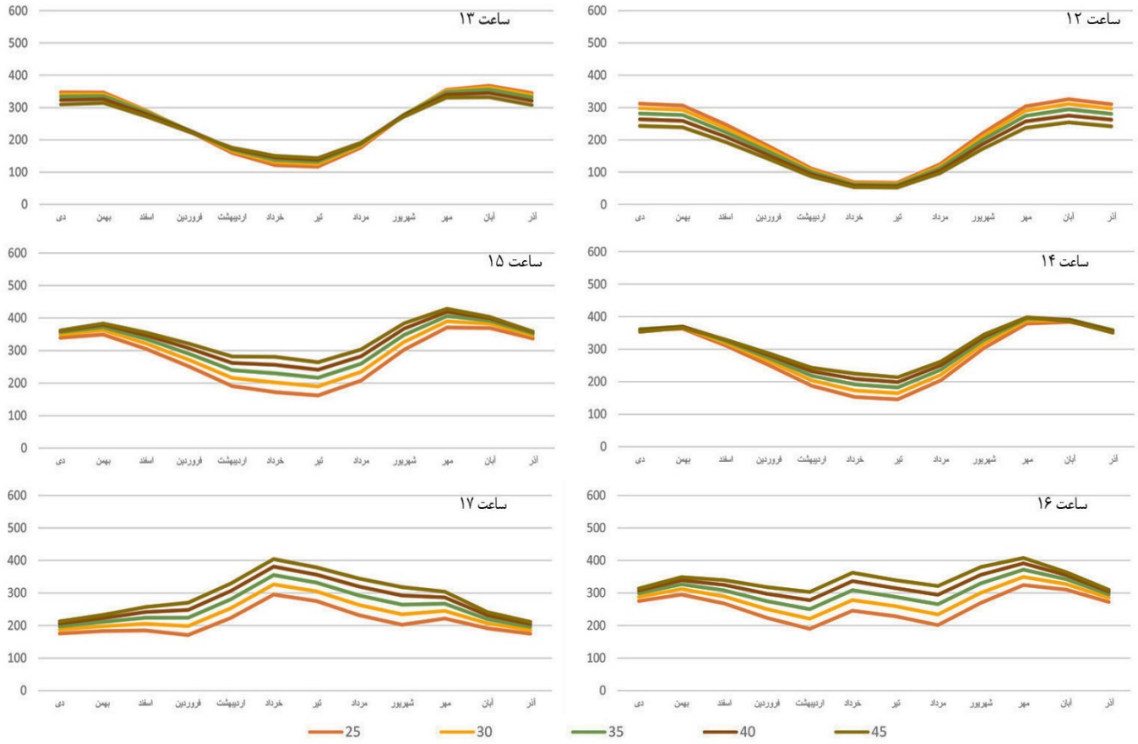
با توجه به اینکه میانگین تناسب بین عرض به ارتفاع این بناها که ۱ به ۱/۶ است، لذا شکل و میزان سایه و آفتاب بر روی جبهه‌ی شمالی در ساعات مدنظر روزهای ابتدای هر ماه بر اساس زاویه‌ی تابش، زاویه‌ی سمت‌الرأس (زاویه ورود تابش بر سطح افق) و میزان چرخش جدار نسبت به شمال مشخص و ترسیم گردید که نمونه‌ی ترسیم میزان سایه و آفتاب در ساعت ۱۳ ابتدای هر ماه با زاویه‌ی چرخش ۲۵ درجه نسبت به شمال در جدول ۵ ارائه شده است. سپس نسبت میزان دریافت تابش در جدار شمالی به مساحت کل آن جدار نمونه، محاسبه گردید که نمونه‌ای از این محاسبات برای نمونه‌های با زاویه‌ی چرخش ۲۵ درجه نسبت به شمال در جدول شماره ۶ مشخص شده است.

جدول ۶: نسبت میزان دریافت تابش در جدار شمالی به مساحت کل آن جدار نمونه با زاویه‌ی ۲۵ درجه‌ی چرخش نسبت به شمال

	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر
12	82.50%	82.50%	88.13%	92.50%	95.63%	97.50%	98.13%	97.50%	95.00%	92.50%	87.50%	83.75%
13	93.75%	95.00%	98.13%	98.75%	96.25%	94.38%	93.75%	95.00%	96.88%	98.13%	97.50%	94.38%
14	93.13%	91.88%	90.00%	88.13%	86.88%	86.25%	85.63%	86.25%	87.50%	88.13%	90.63%	92.50%
15	73.75%	73.75%	74.38%	74.38%	75.00%	75.00%	75.00%	75.00%	75.00%	74.38%	74.38%	73.75%
16	40.00%	38.75%	43.75%	50.63%	55.63%	58.75%	59.38%	58.13%	56.25%	50.63%	43.13%	38.75%
17	1.25%	5.00%	13.13%	21.88%	30.63%	33.75%	35.63%	33.75%	29.38%	21.88%	9.38%	4.38%

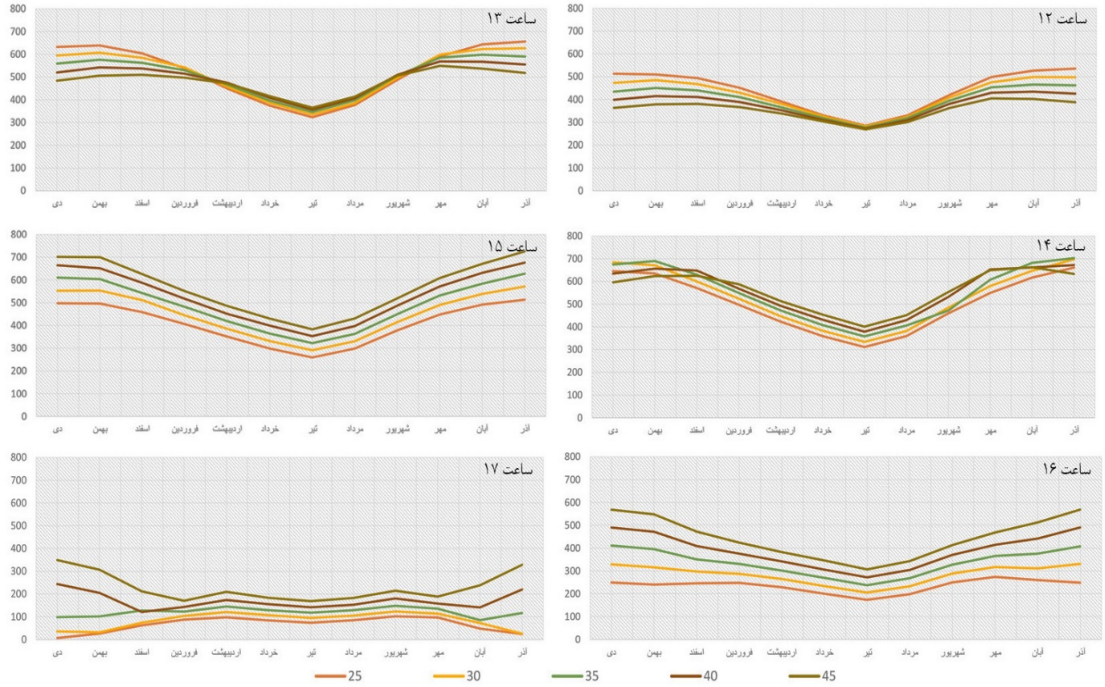
مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

با توجه به شکل ۸ و ۹ نیز شباهت بین نمودارهای روش‌های کسینوس‌استیونسن و دافی - بکمن مشاهده شد و احکام صادره بند ۳ یافته‌های تحقیق نیز مورد تأکید دوباره قرار گرفت بدین صوت که جبهه‌ی شمالی حیاط مرکزی با زاویه‌ی ۲۵ درجه چرخش نسبت به شمال در ماه‌های گرم، کمترین میزان جذب تابش انرژی خورشیدی و در ماه‌های سرد، بیشترین میزان جذب تابش انرژی خورشیدی را از میان دسته‌بندی‌ها کسب کرد.



شکل ۸: بررسی میزان تابش انرژی خورشیدی و سایه در جبهه‌ی شمالی نمونه‌های مطالعاتی در ساعات ۱۲تا ۱۷ به روش کسینوس استیونسن

تهیه و ترسیم : مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۹: بررسی میزان تابش انرژی خورشیدی و سایه در جبهه‌ی شمالی نمونه‌های مطالعاتی در ساعات ۱۲تا ۱۷ به روش دافی - بکمن

تهیه و ترسیم: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

نتیجه

در پژوهش حاضر، از تحلیل و بررسی نمونه‌های مطالعاتی،چنین حاصل شد که در مسکن دوره‌ی قاجار شیراز، حیاط مرکزی به فرم مربع یا مستطیل شکل گرفته و هر چه طول افزایش‌یافته تقریباً به همان نسبت عرض نیز افزایش یافته که این نسبت در بیشتر موارد دارای نسبت ۱ به ۱تا ۱/۵ و میانگین تناسب بین عرض به ارتفاع این بناها که ۱ به ۱/۶ بوده است. ضریب سطح اشغال بنا در اغلب نمونه‌های مطالعاتی بین ۶۰ تا ۷۰ و میانگین ۶۷ درصد مشخص گردید. در نمونه‌ها مشاهده گردید که ساختار الگویی سه یا چهارطرفه دارند. همچنین از بررسی میزان تابش انرژی خورشیدی در جبهه‌ی شمالی حیاط مرکزی در نمونه‌های مطالعاتی مشخص گردید زاویه‌ی ۲۵درجه‌ی چرخش نسبت به شمال، بهترین زاویه شناخته شد. همچنین میزان سایه‌اندازی در ابتدای هر ماه مورد بررسی و محاسبه قرار گرفت و مشخص گردید حیاط مرکزی با زاویه‌ی ۲۵ درجه چرخش نسبت به شمال بهترین جهت حیاط‌مرکزی در شیراز در میان خانه‌های ساخته شده در دوره‌ی قاجار بر اساس میزان دریافت تابش انرژی خورشیدی شناخته شد. نیز با توجه به نمودارها معین گردید هر چه حیاط مرکزی چرخش بیشتری نسبت به محور شمالی داشته باشد، جداره‌ی شمالی حیاط مرکزی در تابستان دریافت بیشتری را خواهد داشت.

منابع

- اخترکاوان، مهدی؛ مرتضی صدیق؛ حمید اخترکاوان (۱۳۹۰). تنظیم شرایط همساز با بوم و اقلیم ایران (اقلیم، معماری و انرژی)، انتشارات کلهر، تهران.
- افسر، کرامت‌اله (۱۳۵۳). تاریخ بافت قدیم شیراز، سلسله انتشارات آثار ملی، تهران.
- بهادری‌نژاد، مهدی؛ محمود یعقوبی (۱۳۸۵). تهویه و سرمایش طبیعی در ساختمان‌های سنتی ایران، تهران. مرکز نشر دانشگاهی.
- بنتلی، ین؛ آلن الکک؛ پال مورین؛ سو مک گلین؛ گراهام اسمیت (۱۳۸۲). محیط‌های پاسخده: کتابی راهنما برای طراحان، ترجمه مصطفی بهزادفر، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران. تهران.
- تابان، محسن؛ محمدرضا پورجعفر؛ محمدرضا بمانیان؛ شاهین حیدری (۱۳۹۲). تعیین الگوی بهینه‌ی حیاط مرکزی در مسکن سنتی دزفول با تکیه برتحلیل سایه‌ی دریافتی سطوح مختلف حیاط، فصلنامه‌ی باغ نظر. دوره ۱۰. شماره ۲۷. تهران. صفحات ۴۸-۳۹.
- حسین‌آبادی، سعید؛حسن لشکری؛ محمد سلمانی‌مقدم (۱۳۹۱). طراحی اقلیمی ساختمان های مسکونی شهر سبزوار با تأکیدبر جهت‌گیری ساختمان و عمق سایبان، فصلنامه‌ی جغرافیا و توسعه. دوره ۱۰. شماره ۲۷. زاهدان. صفحات ۱۱۶- ۱۰۳.
- رازجویان، محمود (۱۳۸۸). آسایش در پناه معماری همساز با اقلیم، تهران. انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- روحی‌زاده، امیررضا (۱۳۸۸). تنظیم شرایط محیطی ساختمان، تهران، عصر کنکاش.
- زارع، لیلا؛ محمد نقی‌زاده؛ شراره حریری (۱۳۹۱). رابطه‌ی طبیعت و حیاط مرکزی (با نگاه به‌معماری مسکن ایرانی-کاشان)، فصلنامه هویّت شهر، دوره ۶. شماره ۱۲. تهران. صفحات ۶۰- ۴۹.
- سلیقه، محمد (۱۳۸۳). مدل‌سازی مسکن همساز با اقلیم برای شهر چابهار، فصلنامه‌ی جغرافیا و توسعه. دوره ۲. شماره ۴. زاهدان. صفحات ۱۷۰-۱۴۷.
- علیجانی، بهلول (۱۳۷۳). نگرش نو در کاربرد آب و هواشناسی در مدیریت منابع و توسعه کشور، نقش آب و هوا در طراحی‌مسکن،فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی. شماره ۳۵. اصفهان. صفحات ۶۱- ۴۵.
- طاووسی،تقی؛آرام عبدالهی(۱۳۸۹). ارزیابی شاخص‌های آسایش دمایی و معماری همساز با اقلیم روانسر، فصلنامه‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی. دوره ۱۵. شماره ۳۲. تبریز. صفحات ۱۵۰- ۱۲۵.
- کسمایی، مرتضی (۱۳۸۴). اقلیم و معماری، انتشارات خاک. تهران.
- مدیری، مهدی؛ سمیه ذهاب‌ناظوری؛ زهرا علی‌بخشی؛ حمید افشارمنش؛ محمد عباسی (۱۳۹۱). بررسی جهت مناسب استقرار ساختمان‌ها بر اساس تابش آفتاب و جهت باد (مطالعه‌ی موردی: شهر گرگان)، فصلنامه‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای.دوره ۲. شماره ۲. تبریز. صفحات ۱۵۶- ۱۴۱.
- مهندسین مشاور نقش جهان-پارس (۱۳۷۴). مطالعات و طرح تفضیلی منطقه تاریخی شیراز، سازمان مسکن و شهرسازی استان فارس.
- معماریان، غلامحسین (۱۳۷۳). معماری مسکونی ایران، گونه‌شناسی درونگرا، دانشگاه علم و صنعت. تهران.
- معماریان، غلامحسین (۱۳۸۴). سیری در مبانی نظری معماری، انتشارات سروش دانش، تهران.
- نیلسن، هالگرکخ (۱۳۸۵). تهویه طبیعی، راهنمای طراحی اقلیم مناطق گرم. ترجمه: محمد احمدی‌نژاد. نشر خاک. اصفهان.
- واتسون، دانلد؛ کنت لبز (۱۳۸۵). طراحی اقلیمی: اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان، ترجمه وحید قبادیان و محمد فیض مهدوی. چاپ هشتم. تهران. انتشارات دانشگاه تهران.

- Eley, Charles (1998). Passive solar design strategies: guidelines for home building, San Francisco, California, Passive solar Industries Council, National Renewable Energy Laboratory.
- Keifa, Rabah (2004). Development of energy-efficient passive solar building design in Nicosia Cyprus, Department of physics, eastern Mediterranean university, Gazimagusa, North Cyprus, Via Mersinlo, Turkey
- Li, D. H. W., Lam, J. C., Wong, S. L (2005). Daylight and its effect on peak-load determine energy.
- Oke (1988). Street design and urban canopy layer climate, Energy and Buildings, Volume 11, Issue 1.
- Olgyay, Victor (1963). Design with climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism, Princeton University Press, Princeton.
- Sen, ekai (2008).Solar energy fundamentals and modeling techniques: atmosphere, environment, climate change and renewable energy, Springer.
- Yaglou, CP (1927). the comfort zone for man, Journal of industrial Hygiene, PP:9-251.