بازخوانی هندسه و تناسبات حیاط مرکزی در دستیابی به نور مناسب روز در خانه‌های تاریخی قاجاری کاشان

ارسلان آزادی‌فر[1]، علی عمرانی‌پور[2]، مصطفی مسعودی‌نژاد[3] و محسن وفامهر[4]

تاریخ دریافت: 98/11/10
تاریخ پذیرش: 99/03/27

چکیده: معماری تاریخی ایران دارای روش‌هایی ارزشمند در بهره‌گیری از نور طبیعی در بناهاست که یکی از این روش‌ها، استفاده از حیاط مرکزی در ساختار معماری است. بنابراین نیاز است که ویژگی‌های مؤثر بر بهره‌مندی بنا از نور طبیعی، از قبیل هندسه و تناسبات مورد بازشناسی قرار گیرد. مقاله حاضر در رویکردی کمی و با روش پژوهش تشریحی (تبیینی) با بیان اصول و قواعد هندسی و تناسباتی مرتبط با حیاط مرکزی مانند «شکل هندسی، طول، عرض، ارتفاع و نسبت‌های ویژه $R_1 = \frac{\text{محیط}}{\text{ارتفاع}}$ و $R_2 = \frac{\text{عرض}}{\text{طول}}$، $SAR = \frac{\text{عرض}}{\text{ارتفاع}}$، مرز آسمان و زاویه دیده‌شدن آسمان نسبت به بازشو و تأثیر آن‌ها بر عملکرد نوری»، ساختاری مقایسه‌ای را برای ارزیابی حیاط مرکزی در نمونه‌های موردی شکل می‌دهد. یافته‌ها نشان می‌دهد هندسه غالب حیاط‌ها، مستطیل و مربع با پخ در گوشه‌ها است؛ مقادیر تناسباتی R_1 و R_2 از کمینه پیشنهادی برای نورگیری مناسب فضاها بیشتر هستند؛ مرز دیده‌شدن آسمان در اغلب موارد از عمق فضاها بیشتر بوده، همچنین SAR و زاویه دید بازشوها به آسمان، متناسب با عملکرد فضاها است. در نتیجه، در خانه‌های کاشان، تأمین نور فضاها نسبت به عملکرد اقلیمی آن، از اولویت بیشتری برخوردار بوده و فضاهای مجاور حیاط در بیشتر روز از روشنایی طبیعی و تقریبا یکنواختی با عمق نفوذ نور مناسب بهره‌مند هستند. از سویی، حیاط‌ها قادر به تأمین ضریب نور روز بیشتر از 1.5ـ3 برای فضاهای مجاور هستند که بیانگر تبعیت هندسه، تناسبات و مقیاس فضایی آن در راستای نورگیری مناسب برای این خانه‌ها است.

واژگان کلیدی: هندسه، تناسبات، نور، حیاط‌مرکزی، خانه تاریخی، کاشان.

این مقاله بر گرفته از پایان نامه دکتری نویسنده اول با عنوان بازشناسی تاثیر نور طبیعی در انتظام فضایی خانه‌های منتخب سنتی دوره قاجار کاشان با راهنمایی نویسنده دوم و سوم و مشاوره نویسنده چهارم است.

[1] **دانشجوی دکتری**، گروه معماری، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
[2] **دانشیار** دانشکده معماری و هنر، دانشگاه کاشان، ایران. (نویسنده مسئول) پست الکترونیکی a_omrani@kashanu.ac.ir
[3] **استادیار** گروه معماری، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
[4] **استاد** دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، ایران.

1- مقدمه

در گذشته، نور روز منبع اصلی روشنایی در ساختمان‌ها بوده است و استفاده از آن به عنوان بخشی از یک استراتژی روشنایی یکپارچه و کنترل‌شده، یکی از مؤلفه‌های اصلی در معماری بوده است و همین عامل باعث شده که به‌عنوان یکی از عوامل بنیادی در معماری شناخته شود (Falamaki, 2004). بهره‌مندی از نور روز با استفاده از حیاط مرکزی، یکی از بهترین راه‌ها برای افزایش بهره‌وری انرژی و بهبود شرایط زندگی در محیط داخلی و همچنین در سازمان‌دهی فضاهای مجاور بوده است (Ghasemi and et. al., 2016) و در این راستا حیاط مرکزی مانند یک سیستم غیر فعال خورشیدی در صرفه جویی در مصرف انرژی عمل می‌نماید (Ghazanfari and Kaboli, 2019) به عبارت دیگر، استراتژی‌های بهره‌گیری از نور روز باعث شکل‌گیری اجزاء متفاوتی در ساختمان‌ها شده است که حیاط مرکزی از جمله آن‌ها و شاید مهم‌ترین آن‌هاست (Zarghami and et. al., 2017).

از سویی، پژوهش‌های نشان می‌دهد که کمیت و کیفیت روشنایی طبیعی در فضاهای مجاور یک حیاط مرکزی توسط عناصر مختلفی، دیکته می‌شود. در دسترس بودن نور روز، شکل و هندسه حیاط مرکزی و تناسبات و ابعاد و اندازه از جمله پارامترهای بسیار مهمی هستند که تأثیر مستقیمی در روشنایی روز در حیاط مرکزی و فضاهای مجاور آن دارد (Aizlewood and et. al., 1997) چنان‌که عملکرد ضعیف برخی از حیاط‌های مرکزی ممکن است به دلیل کمبود اطلاعات طراح در خصوص تأثیر شکل و هندسه چنین فضاهایی در میزان نورگیری بنا باشد (Let.herman and Wright,1998) همین مسأله باعث شده پژوهشگران عرصه معماری نگاهی ویژه به حیاط مرکزی به عنوان عاملی مهم در راستای تأمین روشنایی طبیعی در ابنیه داشته باشند و از سویی، نتایج این پژوهش‌ها سبب شده تا معیارهایی جهت مطالعه و شناخت عملکرد نوری حیاط مرکزی در ابنیه تاریخی نیز حاصل شود. خانه‌های تاریخی کاشان به ویژه خانه‌های عصر قاجار، به عنوان مظهری از تمدن و فرهنگ ایران و دارای جنبه‌های کیفی متعدد، عموما مورد توجه پژوهشگران بوده‌اند؛ اما یکی از این جنبه‌های کمتر شناخته شده، چگونگی ارتباط این ابنیه با نور روز و همچنین خصوصیت فضاهای تأمین‌کننده نور و روشنایی طبیعی در آن‌ها بوده است. یکی از راه‌های سنجش میزان ارتباط این خانه‌ها با نور، می‌تواند شناخت عملکرد حیاط مرکزی، به عنوان مهم‌ترین عرصه تأمین نور و روشنایی طبیعی باشد. به منظور درک رفتار نوری حیاط مرکزی در خانه‌های تاریخی کاشان و سنجش میزان عملکرد آن‌ها در تأمین روشنایی طبیعی، نیاز است خصوصیات این فضا ازجمله هندسه و تناسبات آن که در تأمین نورگیری یک بنا، مؤثر هستند، مورد بازشناسی قرارگیرد.

1-1-پیشینه پژوهش

1-1-1-جایگاه حیاط مرکزی در تأمین نور خانه‌ها

شاید مهم‌ترین علت پیدایش حیاط مرکزی در خانه‌ها و سایر بناها را بتوان، گسترش ساختمان‌هایی با پلان عمیق دانست؛ بناهایی که برای نورگیری در قسمت‌های عمیق دچار مشکل اساسی بوده‌اند. در نتیجه، معماران با گشودگی در پلان و ساخت حیاط‌های مرکزی و آتریوم‌ها سعی در برطرف کردن این مشکل نموده‌اند (Ghiabaklou,2016). شاید مهم‌ترین علت پیدایش حیاط‌ها در خانه‌ها و سایر ابنیه را بتوان، بر طرف نمودن مشکل نورگیری در قسمت‌های عمیق این بناها دانست (Ahadi and et. al., 2018) علاوه بر این، حیاط مرکزی مکانی برای فعالیت‌های اجتماعی با ویژگی‌های زیبایی‌شناختی و نمادین است؛ اما باوجود این مباحث، برخی محققان بر این باورند که مهم‌ترین مزیت یک حیاط مرکزی، نورگیری آن است (Ghasemim and et. al., 2016) ؛ زیرا که این فضا می‌تواند به نور طبیعی اجازه دهد تا به مناطق هسته تاریک بنا برسد و باعث کاهش مصرف انرژی با استفاده از روشنایی طبیعی و بهبود درک از محیط داخلی شود (Du & Sharples,2009). نور روز دریافتی از حیاط‌ها، یک محیط ساخته‌شده با کیفیت بالا را فراهم می‌کنند (Zarghami, and et. al., 2017).

1-1-2-نور روز و منابع تأمین آن در بناها

نور روز ترکیبی از نور خورشید، نور آسمان و نور بازتاب‌شده از زمین و اجسام اطراف است. نور آسمان، نوری است که در اثر برخورد پرتوهای خورشید به مولکول‌ها و ذرات معلق در هوا پخش می‌شود. بنابراین نور طبیعی به چند روش می‌تواند در فضای داخلی تأمین شود که عبارت‌اند از :1- نور مستقیم خورشید 2- آسمان صاف 3- ابرها و یا بازتاب ناشی از زمین و ساختمان‌های اطراف. نور این منابع از نظر مقدار نور و مقدار گرما و همچنین ازنظر رنگ نور، پخش نور و ضریب بهره با یکدیگر متفاوتند (CIBSE, 1999).

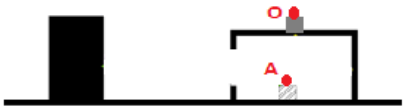
1-1-3-دریافت نور از آسمان ابری، مبنای پژوهش‌ها در خصوص مطالعات دریافت نور روز در بناها

به منظور محاسبه میزان بهره‌مندی یک بنا یا اجزای آن مانند حیاط از نور طبیعی، معمولا آن را در شرایط آسمان ابری مورد مطالعه قرار می‌دهند. زیرا در غیر این صورت، عوامل متعددی نظیر فصل، روز، جهت بنا و نظایر آن محاسبات را بسیار پیچیده کرده و نتایج غیر روشنی را به همراه خواهد داشت (Ghiabaklou,2015). بنابراین در پژوهش حاضر نیز مطالعات صورت گرفته و بیان روابطی که در پی خواهند آمد بر مبنای نور آسمان ابری است و صرفا در بررسی تناسباتی حیاط مرکزی و نسبت آن در پاسخ‌گویی به اقلیم مناطق برای آسایش فیزیکی افراد و میزان نورگیری آن است که مفهوم اقلیمی آن مد نظر است.

1-1-4-مفهوم ضریب نور روز و عوامل مؤثر بر آن

یکی از معتبرترین راه‌های سنجش نور روز در فضا، مفاهیم ضریب نور روز و متوسط ضریب نور روز است (Ahadi, Masoudinejad, Piryaei,2016). ضریب نور روز بیان‌کننده این مسأله است که یک پنجره، بدون در نظر گرفتن جهت تابش، چه میزان پتانسیل روشن نمودن فضای داخلی را دارد و چه درصدی از نور روز وارد نقطه معینی از اتاق می‌شود (Mahdavinejad, Tahbaz, DolaTab.adi,2016). این شاخص، برابر است با نسبت شدت روشنایی در نقطه مورد نظر بر شدت روشنایی در محیط بیرون روی سطحی افقی در محلی بدون مانع به صورت هم‌زمان که از رابطه 1 به دست می‌آید (Zare, Heidaei, 2016).

DF= ضریب نور روز برحسب درصد، E_A= شدت روشنایی روی نقطه‌ای در سطح معین بر حسب (LUX)، Eo= شدت روشنایی در فضای آزاد بدون مانع برحسب (LUX)



شکل1ـ عوامل مشخص‌کننده نور روز در یک فضای بسته (Ghiabaklou,2016)

Fig. 1-The det. erminants of daylight in a closed space (Ghiabaklou,2016)

$$DF_A=\frac{E_A}{E_O}*100 \quad \text{(رابطه 1)}$$

1-1-5-رابطه ضریب نور روز و عرض جغرافیایی

میزان ضریب نور روز موردنیاز در یک فضا، نسبت مستقیم با عرض جغرافیایی که بنا در آن منطقه واقع شده دارد به‌گونه‌ای که با بالا رفتن عرض جغرافیایی، ضریب نور روز موردنیاز یک فضا افزایش می‌یابد و دلیل آن را می‌توان نزدیک شدن به قطبین و کاهش میزان دسترسی به نور روز دانست (Dekay,2010). جدول 1، ضریب نور روز موردنیاز برحسب 200 لوکس را بر اساس فعالیت روزمره در عرض-های جغرافیایی گوناگون دسته‌بندی نموده است. برمبنای جدول 1 که حاصل پژوهش Dekay است، در ابنیه شهر کاشان با عرض جغرافیایی 33 درجه، به ضریب نوری بین 1.5 تا 3 نیاز است تا فعالیت‌های عادی در آن به‌راحتی امکان‌پذیر باشد.

جدول 1- ضریب نور روز لازم بر مبنا 200 لوکس بر اساس عرض جغرافیایی (Dekay,2010)

Tab. 1-The daylight coefficient on the basis of 200 luxury based on the geographer (Dekay,2010)

عرض جغرافیایی برحسب درجه	ضریب نور روز موردنیاز	عرض جغرافیایی برحسب درجه	ضریب نور روز موردنیاز
38-28	3-1.5	52-50	4-3.5
48-40	3-2.5	54	4.5

1-1-6-عوامل مؤثر بر نورگیری حیاط مرکزی و فضاهای مجاور آن

بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته مبتنی بر محاسبات دستی و شبیه‌سازی به‌وسیله ماکت برای گونه‌های مختلف حیاط‌های مرکزی با هندسه‌های مربع، مستطیل و دایره با تناسبات گوناگون، نشان از تأثیر و تفاوت عملکرد حیاط‌ها با فرم‌های مربع، مستطیل و دایره در میزان نور دریافتی فضاهای مجاور آن دارد (Aizlewood,1995). لذا در طراحی بهینه حیاط مرکزی، فرم و تناسبات مناسب در دریافت حداکثری نور روز بسیار مؤثر است (Berardi and Wong,2014).

در کنار هندسه و تناسبات برخی عوامل دیگر همانند: مرز دیده شدن آسمان در بنا و همچنین زاویه دید بازشو نسبت به آسمان که رابطه مستقیم با تناسبات حیاط مرکزی دارند نیز در دریافت نور روز برای فضاهای مجاور حیاط مرکزی تأثیرگذار هستند (CIBSE,2011). البته برخی عوامل دیگر همچون اندازه بازشو فضاهای مجاور حیاط مرکزی و جنس مواد و مصالح جداره‌های حیاط و فضاهای مجاور آن نیز، در میزان نورگیری این فضاها مؤثر هستند (Du and Sharples,2010)؛ اما در این میان تمرکز اصلی بر روابط تناسباتی و هندسی حیاط مرکزی در پژوهش‌های گوناگون نشان از اهمیت آن‌ها دارد؛ بنابراین عوامل اساسی زیر را می‌توان به صورت خلاصه در نورگیری حیاط مرکزی و فضاهای مجاور آن مؤثر دانست:

1- هندسه و تناسبات هندسی حیاط مرکزی (Ghasemim and et. al., 2016) در طراحی حیاط مرکزی یکی از مهم‌ترین موارد انتخاب هندسه مناسب است که در ارتباط با فضاهای مجاور آن می‌تواند تاثیر زیادی در نورگیری بناها داشته باشد به گونه‌ای که نور در اعماق آن فضاها بتواند نفوذ کند (Iringova,2019) از جمله موارد مربوط به تناسبات می‌توان عرض و ارتفاع و همچنین نسبت تراکم ساختمانی به سطح تهی آتریوم را به صورت شاخص‌تر مورد اشاره قرار داد (Gorji Mahlabani, et. al, 2019).

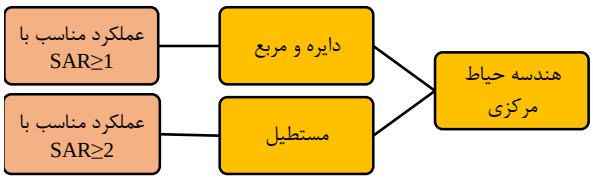
2- عوامل مرتبط با فضاهای مجاور حیاط مرکزی که در ارتباط با تناسبات حیاط مرکزی هستند ازجمله مرز دیده شدن آسمان و زاویه‌ی دیده شده آسمان از مرکز بازشو (Ghasemim and et. al., 2016).

3- بازشوهای مرتبط با حیاط مرکزی و جنس مصالح حیاط و فضاهای مجاور آن (Ghasemim and et. al., 2016).

بنابراین با توجه به گستردگی مباحث و با توجه به اهمیت هندسه و تناسبات در معماری، در این پژوهش به بررسی هندسه و تناسبات و مفاهیم مرتبط با تناسبات یعنی موارد 1 و 2 در حیاط مرکزی خانه‌های سنتی کاشان پرداخته خواهد شد.

1-1-6-1-رابطه هندسه و تأثیر آن بر عملکرد نوری حیاط مرکزی و فضاهای جانبی آن

به طورکلی، هنگامی‌که شکل و هندسه حیاط مرکزی توسط معمار تعیین می‌شود، میزان نور دریافتی، در شکل حیاط و فضاهای مجاور آن تاثیرگذار است (Swinal Samant,2015). ضریب نور روز در فضاهای مجاور حیاط از طریق رابطه با سطح نور در حیاط مرکزی بیان می‌شود؛ زیرا میزان نور دریافتی از آسمان ابری در فضاهای مجاور به شکل و ابعاد فیزیکی حیاط بستگی دارد. ابعاد مطلق یک حیاط مرکزی چهارضلعی را می‌توان با طول (L)، عرض (W) و ارتفاع (H) شرح داد که در شکل 2 نشان داده شده است (Kim and Boyer,1986). تأثیر شکل و هندسه حیاط مرکزی بر میزان دریافت نور روز در تحقیقات گوناگون مورد توجه قرار گرفته است که بیشترین مطالعات با استفاده از یک طرح مربع و پیچیده‌ترین مطالعات با استفاده از یک طرح دایره‌ای صورت می‌گیرد. آنچه این پژوهش‌ها نشان می‌دهد این است که گرچه اشکال دایره‌ای و مربع با $SAR^{1} \geq 1$ (Sharples and Lash, 2007)؛ اما ملاحظات گوناگون طراح را ملزم به استفاده از طرح‌های مستطیل شکل می‌نماید همچنین بررسی نشان داده‌اند که برای حیاط مرکزی‌های مستطیل برای تأمین نور بیشتر موردنیاز حیاط از آسمان، باید $SAR \geq 2$ باشد (Ortskin,1982). SAR شاخص ابعاد در مقطع است که بیانگر دریافت نور در کف حیاط وفضاهای مجاور آن است بدین ترتیب که هرچه میزان SAR بیشتر باشد؛ فضاهای مجاور کف حیاط از نور مناسب‌تری برخوردار هستند (Sharples and Lash, 2007).



شکل 2 ـ عملکرد هندسه‌های اصلی در خصوص کارآیی حیاط مرکزی

Fig. 2-The performance of core geomet. ries regarding the performance of central yard

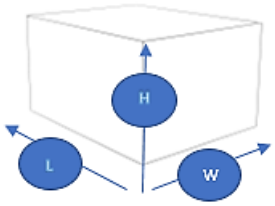
2-6-1-1-تناسبات هندسی مربع و مستطیل جهت تأمین نور روز فضاهای مجاور حیاط مرکزی

چنانچه زمانی حیاط مرکزی به‌عنوان فضایی اصلی برای نوردهی به فضاهای مجاورش با فرم‌های مورد اشاره فوق مدنظر واقع گردد، روابط تناسباتی آن جایگاهی ویژه در دریافت نور روز می‌یابد (Berardi and wong,2014). طراح و معمار باید با هندسه و نسبت‌های حدودی ابعاد یک حیاط مرکزی در مراحل نخست طراحی آشنا باشد، به‌گونه‌ای که بتواند تأمین نور طرح خویش را برآورده سازد؛ لذا یکی از روش‌های این محاسبات روش ساده‌ای است که محققی به نام باکر با ترسیم یک نمودار (نمودار2) و نظم بخشیدن به تحقیقات دیگران تناسبات مناسب نورگیری برای یک حیاط مرکزی با فرم‌های متداول مربع و مستطیل براساس ضریب نور روز در فضای مجاور آن را تعیین نمود (Baker and et. al., 1993). در نمودار2، تناسبات پیشنهادی برای دو شکل رایج مربع با تناسبات کف L/H و برای مستطیل با تناسبات کف $(L*W)/H^2$ صادق است به گونه‌ای که با مشخص نمودن نسبت اضلاع در نمودار (محور X) می‌توان ضریب نور روز معادلی که آن تناسبات می‌تواند برای فضاهای مجاور ایجاد کند را از محور Y به‌دست آورد (لازم به ذکر است مناسب بودن یا نبودن ضریب نور روز تعیین شده از تناسبات حیاط مرکزی بر روی نمودار2 برای فضاهای مجاور حیاط مرکزی باید متناسب با عرض جغرافیایی منطقه طبق جدول1 باشد).

7-1-1-مفاهیم مؤثر بر نورگیری فضاهای اطراف حیاط مرکزی که تحت تأثیر تناسبات حیاط مرکزی هستند

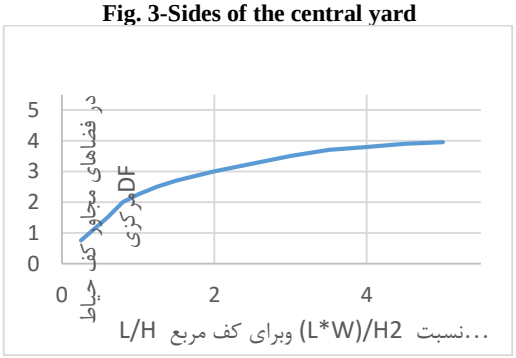
1-7-1-1-مرز دیده شدن آسمان از فضاهای اطراف حیاط مرکزی

همان گونه که عنوان شد آسمان یکی از منابع تأمین کننده نور طبیعی در ساختمان‌هاست. لذا در طراحی جداره‌های حیاط مرکزی باید به موقعیت بازشوها نسبت به موانع روبرو که در اینجا دیوارها هستند توجه شود؛ لذا نحوه قرارگیری دیوارها و جداره‌های تعریف‌کننده حیاط مرکزی ازنظر گستردگی، ارتفاع و فاصله، از بازشوی مقابل اهمیتی ویژه خواهد یافت. چراکه، این خصوصیات جداره‌های حیاط مرکزی در اتاق‌های مجاور آن باعث به وجود آمدن مفهوم مرز دیده شدن آسمان می‌شود (شکل 4). بدین معنا که در بنا از مرزی که در کف فضا آسمان از طریق پنجره قابل مشاهده است، روشنایی کامل و قابل قبولی دریافت می‌شود که این خط را در اصطلاح مرز آسمان می‌گویند (CIBSE,2011). مرز دیده شدن آسمان طبق (رابطه 2) قابل محاسبه است.



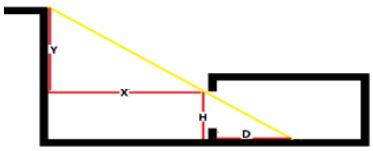
شکل 3-اضلاع حیاط مرکزی

Fig. 3-Sides of the central yard



شکل 4-تعیین تناسبات آتریوم و حیاط مرکزی بر اساس کمیت ضریب نور روز (Baker and et. al, 1993)

Fig. 4- The level of atrium and central yard proportions is the highest amount of daylight (Baker and et. al., 1993)



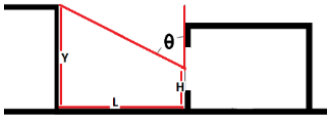
شکل 5-مشخص کردن مرز دیده شدن آسمان در فضاهای اطراف حیاط مرکزی(CIBSE,2011)

Fig. 5-selected the boundary of the sky in the spaces around the central yard(CIBSE,2011)

(رابطه 2) D=XH/Y

2-7-1-1-زاویه دیده شدن آسمان از مرکز بازشو و ابعاد متناسب برای حیاط مرکزی

در این راستا یکی از مواردی که تأثیر زیادی در دریافت نور دریافتی از آسمان و به‌تبع آن، مرز دیده شدن آسمان در فضاهای اطراف حیاط مرکزی دارد، زاویه بازشو است که مرکز بازشوی منتهی به فضای مجاور حیاط مرکزی در مقطع عمودی با لبه‌ی بام دیوار روبه‌رو و لبه دیوار روی بازشو به وجود می‌آورد (Tahbaz and et. al.,2014). شاید بتوان به‌گونه‌ای آن را با میزان گشودگی حیاط رو به آسمان و نسبت ارتفاع دیوار مقابل بازشو به فاصله افقی بازشو تا دیوار مقابل که نسبت عمودی به افقی نامیده می‌شود (شکل 6)، مرتبط دانست (Motalaie,2015)؛ همچنین لازم به توضیح است که این زاویه حداقل زاویه پیشنهادی برای بازشوها طبق عرض جغرافیایی منطقه است. جدول (2) نشان‌دهنده زاویه و نسبت مقیاس عمودی به افقی (که از تقسیم ارتفاع دیوار مقابل بازشو به فاصله افقی آن از بازشو به‌دست می‌آید این نسبت برای عرض‌های گوناگون جغرافیایی نسبیتی خاص است) در عرض‌های جغرافیایی متفاوت است. لازم به ذکر است که معمولا این اطلاعات برای 4 عرض جغرافیایی صادق است یعنی اطلاعات عرض جغرافیایی 32 برای عرض‌های 33 تا 35 نیز صادق است(Razjouyan,2009).



شکل 6 ـ مشخص کردن زاویه دیده شدن آسمان از مرکز بازشو در فضاهای اطراف حیاط مرکزی(CIBSE,2011)

Fig. 6 - Det.ermine the angle of view of the sky from the center of the opening in the spaces around the central yard(CIBSE,2011)

همچنین، رابطه (3) بیانگر ابعاد استاندارد اضلاع حیاط مرکزی برای داشتن زاویه دید حداقلی مناسب بازشوها نسبت به آسمان، برای دریافت نور روز مناسب برای فضاهای اطراف حیاط است (CIBSE,2011).

(رابطه 3) $L=Z*(Y-H)$

L = فاصله افقی بازشو تا دیوار مقابل، Z = مقیاس عمودی به افقی (بر اساس جدول 2) ، Y = ارتفاع دیوار قسمتی از حیاط که در مقابل بازشو قرار دارد، H = ارتفاع از کف حیاط تا مرکز بازشو

3-7-1-1-تناسبات حیاط مرکزی در اقلیم‌های چهارگانه برای دریافت نور روز بهینه و آسایش فیزیکی در فضاهای مجاور آن

در شکل‌گیری تناسبات برای تأمین نور مناسب شرایط خاص اقلیمی و تأمین آسایش فیزیکی انسان در مناطق هم مؤثر واقع شده است به‌گونه‌ای که معماران با توجه به هردوی این موارد یعنی تأمین نور مناسب و آسایش اقلیمی، مجموعه‌ای از نسبت‌ها برای دستیابی به عملکرد کارآمد در تابستان و زمستان در هر مکان توصیه شده است (Cartwright, 1986) جدول ذیل ابعاد و تناسبات مناسب حیاط مرکزی در راستای تأمین نور و عملکرد مناسب آسایش فیزیکی را در اقلیم‌های گوناگون بیان کرده است. (PAR نسبت ابعاد پلانی است عاملی اقلیمی در راستای سایه اندازی اضلاع بر روی کف است)

$R1=P/H \quad 1\leq R1\leq 10$ (رابطه 4)

$R2=\frac{W}{L} \quad 0.1\leq R1\leq 1$ (PAR²) (رابطه 5)

جدول شماره 2 ـ زاویه پنجره با توجه به عرض جغرافیایی و نسبت فاصله تبه ارتفاع دیوار مقابل (CIBSE,2011)

Tab. 2 - Window angle with respect to the longitude and the ratio of the opposite wall of the opposite wall (CIBSE,2011)

نسبت مقیاس عمودی به افقی (Z)	زاویه موردنیاز برای بهره‌گیری از آسمان (درجه)	عرض جغرافیایی برحسب درجه	نسبت مقیاس عمودی به افقی (Z)	زاویه موردنیاز برای بهره‌گیری از آسمان (درجه)	عرض جغرافیایی برحسب درجه
1.69	59	44	1.18	50	24
1.82	62	48	1.27	52	28
2.08	64	52	1.35	53	32
2.42	66	56	1.45	55	36
1.20	50	در تمام عرض‌های جغرافیایی با آسمان ابری	1.55	57	40

جدول شماره 3 ـ تناسبات حیاط در اقلیم‌های چهارگانه برای دریافت نور بهینه و آسایش فیزیکی مناسب (Muhaisen,2006)

Tab. 3 -central yard proportions in fourfold climates for optimum light appropriate physical comfort and physical (Muhaisen, 2006)

موقعیت	تناسبات محیط به ارتفاع	تناسبات کشیدگی عرض به طول
آب‌وهوای گرم و مرطوب	$3 \le R1 \le 7$	$0.2 \le R2 \le 1$
آب‌وهوای گرم و خشک	$4 \le R1 \le 8$	$0.3 \le R2 < 1$
آب‌وهوای معتدل	$7 \le R1 \le 10$	$0.5 \le R2 \le 1$
آب‌وهوای سرد	$7 \le R1 \le 10$	$0.5 \le R2 \le 1$

2 - روش تحقیق

این پژوهش، پژوهشی علمی است که با رویکردی کمی و با روش پژوهش تشریحی(تبیینی) به بازشناسی ابعاد گوناگون تأثیر هندسه و تناسبات حیاط مرکزی در نورگیری بهینه فضاهای مجاور آن می‌پردازد. روش پژوهش تشریحی (تبیینی) به موضوعاتی که دارای فرایند علی هستند توجه دارد. باید دقت نمود که در موضوعات علی، زمانی از روش پژوهش تشریحی استفاده می‌شود که پژوهشگر در نظر دارد که نشان دهد موضوعی مانند x عاملی است که نتیجه y را به وجود می‌آورد (Hafeznia,2005). بنابراین، در این روش پژوهش عوامل دیگر باید حذف شوند تا بتوان نتیجه-گیری حاصل از آن را مورد پذیرش قرار داد.

پژوهش حاضر دارای دو بخش است. بخش نخست به معرفی پارامترهای هندسی وتناسباتی مؤثر بر عملکرد نوری حیاط مرکزی مانند شکل، طول (L)، عرض(W)، ارتفاع (H)، شاخص مقطعی $SAR=\frac{W}{H}$، شاخص $R_1=\frac{\text{محیط}}{\text{ارتفاع}}$، شاخص پلانیPAR یا ($R_2=\frac{\text{عرض}}{\text{طول}}$)، مرز آسمان و زاویه دیده شدن آسمان از بازشو خواهد پرداخت. هر یک از این پارامترها با تغییر در شکل، اندازه و نسبت‌هایشان عملکرد نوری حیاط و فضاهای مجاور آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در بخش دوم پژوهش حاضر، به تحلیل نمونه‌های موردی پرداخته خواهد شد؛ بدین‌صورت که با مشاهده و برداشت‌های میدانی حیاط مرکزی و فضاهای سه‌دری و پنج‌دری به عناون فضاهای عرصه زندگی در نمونه‌های موردی و مقایسه اطلاعات به‌دست‌آمده با اطلاعات مرحله نخست مشخص خواهد گردید که عملکرد حیاط مرکزی در خانه-های تاریخی کاشان در راستای تأمین نور مناسب برای فضاهای مجاور حیاط چگونه بوده است. همچنین لازم به ذکر است منظور از نور در این پژوهش، نور انعکاسی از آسمان ابری به عنوان منبع نور است و صرفا در بیان و بررسی دو کمیت R_1، شاخص پلانیPAR یا (R_2) منظور از نور مورد مطالعه، نور به معنای اقلیمی رایج آن است.

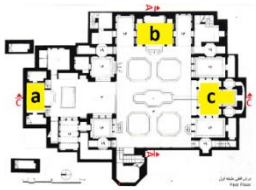
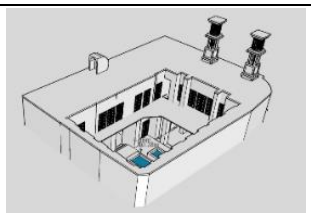
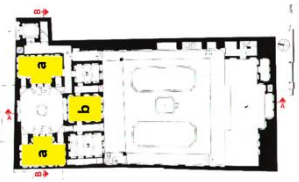
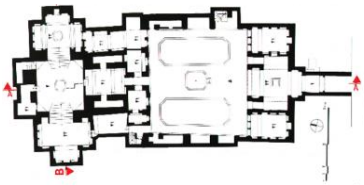
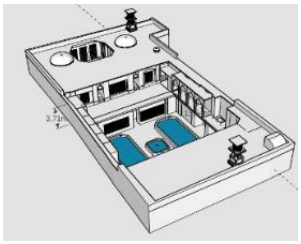
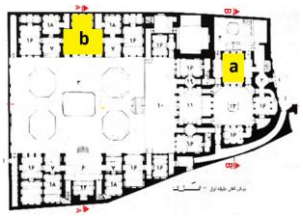
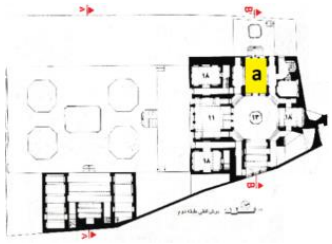
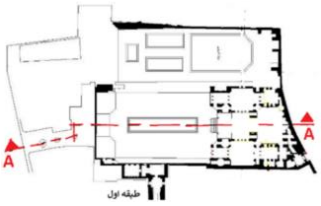
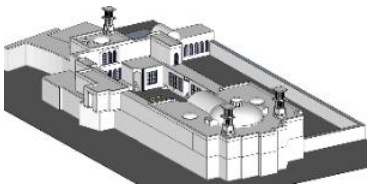
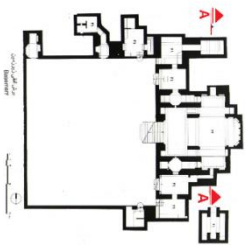
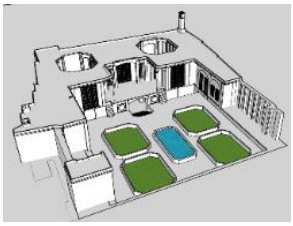
شکل 7 ـ روش پژوهش
Fig. 7 - Research Met.hod

2-1-محدوده انجام پژوهش

محدوده انجام این پژوهش، بافت تاریخی کاشان با عرض جغرافیایی 33 درجه و 59 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 51 درجه و 27 دقیقه است. کاشان به دلیل داشتن طیف وسیعی از خانه‌های قاجاری که به اذعان بسیاری از پژوهشگران در نهایت تکامل مفهوم خانه و فضای سکونت در بستر معماری تاریخی ایران قرار دارد (Memarian,2006)، به‌عنوان محدوده پژوهش، انتخاب شده است. این خانه‌ها از جنبه‌های گوناگون قابل بررسی هستند که یکی از آن‌ها چگونگی بهره‌گیری از نور و روشنایی طبیعی است. لذا در این پژوهش به بررسی تأثیر حیاط‌های مرکزی از منظر کالبد، هندسه و تناسبات در راستای تأمین نور طبیعی و استاندارد در این خانه‌ها پرداخته می‌شود. از سویی به دلیل کثرت خانه‌ها (حدود 120 خانه تاریخی)، در انتخاب نمونه‌های موردی سعی شده موارد ذیل مد نظر قرار گیرند: 1 ـ سلامت فیزیکی بنا، 2 ـ دسترسی ممکن به بنا و اطلاعات آن، 3 ـ انتخاب نمونه‌ها بر اساس گونه‌بندی منطبق بر تعداد حیاط‌ها (یک حیاطه، دو حیاطه، سه حیاطه و چند حیاطه)، 4 ـ در نظر گرفتن فضاهای سه‌دری و پنج‌دری (a، b، c و...) به عنوان فضاهای اصلی عرصه زندگی در مجاور حیاط مرکزی و بررسی تأثیر هندسه و تناسبات حیاط در تأمین نور آن‌ها. لذا با توجه به موارد فوق، تعداد هشت نمونه از صد و بیست نمونه خانه موجود که معرف تمام گونه‌ها هستند، به‌صورت دو نمونه یک حیاطه، دو نمونه دو حیاطه، دو نمونه سه حیاطه، و دو نمونه چند حیاطه، به‌صورت نظام‌مند و به‌گونه‌ای که معرف تمام خصوصیات گونه خویش باشند، انتخاب شده که در جدول ذیل به تفکیک معرفی شده‌اند.

جدول 4 ـ معرفی نمونه‌های انتخابی از خانه‌های سنتی کاشان و گونه آن‌ها (Hajjighasemi,2016)

Tab.4-Introduction of selected samples from the traditional homes of Kashan (Hajjighasemi,2016)

نام بنا	پلان	پلان	حجم	دوره زمانی و گونه
خانه سجادی1230ه.ش (دوره اول‌حکومت قاجار) گونه یک حیاطه				
خانه گلی زاده نامشخص، دوره قاجار یک حیاطه				
خانه باکوچی 1254ه.ش. (دوره دوم حکومت قاجار) گونه دو حیاطه				
خانه آل یاسین 1230 ه.ش. (دوره اول- حکومت قاجار) گونه دو حیاطه				
بروجردی‌ها (آرشیو میراث فرهنگی کاشان) 1292 ه.ش(دوره اول‌حکومت قاجار) ـ گونه سه حیاطه				
علاقه بند1290 ه.ش (دوره اول‌حکومت قاجار) گونه سه حیاطه				

3- نتایج و بحث

3-1-تحلیل نمونه‌های موردی

تاکنون سعی شد مطالب و پژوهش‌هایی که در خصوص عملکرد نوری حیاط مرکزی و عوامل مؤثر بر این عملکرد مؤثر بوده‌اند، عنوان شود. همان‌گونه که پیش‌تر عنوان شد، این مطالب، می‌توانند معیاری در جهت سنجش عملکرد نوری حیاط مرکزی در بناهای تاریخی و در اینجا خانه‌های تاریخی کاشان (به‌عنوان نمونه موردی) با آن‌ها باشند. حال در ادامه تحلیل نمونه‌های موردی بر مبنای سنجش با مطالب بیان‌شده تاکنون ارائه می‌گردد لذا ابتدا سعی در بیان روش و مسیر تحلیل صورت گرفته و متغیرهای آن است و در ادامه، نتایج تحلیل در قالب جداولی به‌صورت خلاصه بیان می‌شوند.

3-1-1-هندسه و تناسبات هندسی در حیاط مرکزی خانه‌های تاریخی کاشان در راستای تأمین نور فضاهای جانبی حیاط مرکزی

چنانچه بیان شد، دو هندسه مربع و دایره به‌عنوان کارآترین شکل‌ها برای حیاط مرکزی و پس‌ازآن، مستطیل قرار دارد (Ghasemi and et. al.,2016). البته پیش‌تر در خصوص تأثیر ضریب مقطع پلانی یا SAR بر نور گیری فرم‌های هندسی مربع، مستطیل و دایره توضیح داده شد. بنابراین ابتدا به بررسی شکل رایج هندسی حیاط در نمونه‌های موردی پرداخته می‌شود؛ در ادامه، برخی متغیرها و نسبت-ها که در میزان عملکرد نوری حیاط مرکزی مؤثر هستند، از جمله SAR، PAR، R_1 مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت. برای مشخص کردن اندازه آن‌ها، ابتدا ابعاد دقیق حیاط مرکزی به‌صورت طول (L)، عرض (W)، ارتفاع (H) و همچنین مساحت (A) و محیط (P) در هر یک از نمونه‌های موردی مشخص شده، سپس با محاسبه سه کمیت تناسباتی فوق می‌توان به محاسبه دقیق نسبت‌های تناسباتی فوق الاشاره پرداخت. همچنین در ادامه تحلیل با توجه به شکل 4 که توسط (Baker and et. al.,1993) برای تخمین ضریب نور روز برای حیاط مرکزی با دو شکل مربع با نسبت اضلاع (L/H) و مستطیل با نسبت اضلاع $(L*W)/H^2$ می‌توان ضریب نور روز را برای فضاهای مجاور این حیاط‌ها را بیان نمود. جدول ذیل بررسی کامل تمام موارد بیان‌شده را برای خانه‌های کاشان که در این پژوهش به‌عنوان نمونه موردی انتخاب شده‌اند، نشان می‌دهد.

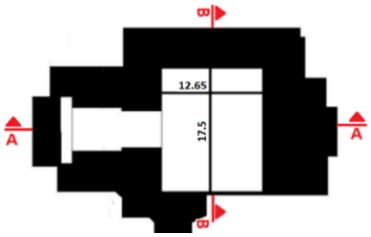
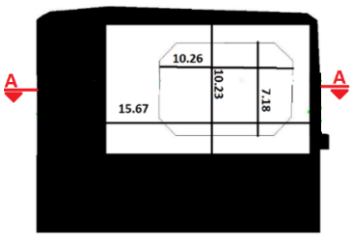
3-1-2-تحلیل تناسبات مرز دیده شدن آسمان و زاویه دید آسمان در نمونه‌های انتخابی

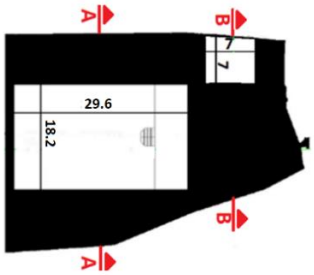
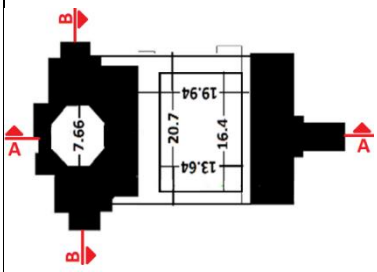
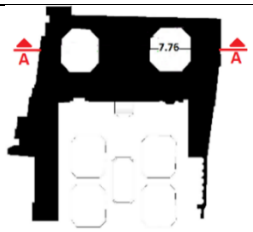
در این بخش، دو عامل از عوامل مؤثر بر نورگیری فضاهای اطراف حیاط مرکزی در خانه‌های کاشان بررسی خواهد شد. یکی از این عوامل، مرز دیده شدن آسمان در این خانه-ها است. حدود این خط از طریق $D = XH/Y$ (رابطه2) برای فضاهای مشخص شده در جدول 4 قابل اندازه‌گیری است.

عامل دوم تحلیل شده، زاویه بازشوها و فاصله مناسب آن‌ها از دیوار مقابل برای نورگیری مناسب از حیاط است و این مورد با توجه به جدول 2 تعیین می‌گردد. لازم به تذکر است که با توجه به عرض جغرافیایی کاشان که 33 درجه است و با توجه به اینکه این عرض در جدول 2 به صورت مستقل بیان نگردیده است، لذا عرض جغرافیایی نزدیک‌تر یعنی 32 درجه شمالی به عنوان عرض جغرافیایی مبنا برای کاشان از جدول مورد اشاره فرض می‌شود؛ همچنین ارتفاع مرکز پنجره‌های نزدیک به کف حیاط، از کف حیاط محاسبه شده و ارتفاع مرکز پنجره‌های طبقات بالا دارای تراس مانند خانه باکوچی از کف تراس محاسبه شده است (در جدول ذیل، X فاصله افقی بازشو مرتبط با حیاط از دیوار مقابل، H ارتفاع پنجره از کف حیاط مه برای قرار گیری در رابطه 3 باید تقسیم بر 2 شود، Y (ارتفاع پنجره از کف- ارتفاع دیوار مقابل بازشو)، D مرز دیده شدن آسمان، W عمق اتاق نسبت به حیاط است).

جدول 5-تحلیل هندسه و تناسبات حیاط خانه‌های کاشان برای نورگیری مناسب فضاهای جانبی

Tab. 5-Analyze the geomet. ry and proportions of the central yard of Kashan houses for the appropriate lighting of the lateral spheres

نام بنا	W/H(SAR)	W/L (R_2)	P/H (R_1)	مساحت	محیط	ارتفاع	عرض	طول
سجادی	1.5	0.72	6.9	221.3	59.4	8.5	12.65	17.5
شکل حیاط مستطیل که $(L*W)/H^2$ برابر با 3.6 است که طبق شکل 4، DF=3.7 را برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید. 								
گلی زاده حیاط پایین 10.26	0.8	0.7	4.08	73.66	36.88	9	7.18	
گلی زاده حیاط پایین 15.6	2.37	0.65	12	159.5	51.66	4.3	10.23	
شکل حیاط پایین مستطیل $(L*W)/H^2$ برابر با 0.9 است که طبق شگل4، DF=2.2 را برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید. شکل حیاط بالا مستطیل $(L*W)/H^2$ برابر با 8.6 است که طبق شکل 4، DF≥4 را برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید. 								
آل یاسین حیاط مربع	3.37	0.61	17.7	532	95.6	5.40	18.2	
			29.6					
آل یاسین حیاط مستطیل	3.37	0.61	17.7	532	95.6	5.40	18.2	
			29.6					

شکل حیاط مربع H/ L برابر با 1.4 است که طبق شکل 4، DF=2.7 را برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید. شکل حیاط مستطیل H^2/ (L*W) برابر با 18.24 است که طبق شکل 4، DF≥4 را برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید.							
باکوچی حیاط مستطیل پایین 1.6	0.83	8.3	223	60	8.2	13.64	216.4
باکوچی حیاط مستطیل بالا 5.3	0.96	21.8	411.9	81.2	3.71	19.9	20.7
باکوچی حیاط مربع 2	1	8.2	58.67	30.64	3.71	7.66	7.66
شکل حیاط (پایین) مستطیل H^2/ (L*W) برابر با 3.3 است که طبق شکل 4، DF=3.7 را برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید. شکل حیاط (بالا) مستطیل H^2/ (L*W) برابر با 29.9 است که طبق شکل 4، DF≥4 را برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید. شکل حیاط مربع با پخ گوشه‌ها H/ L برابر با 2 است که طبق شکل 4، DF=3 را برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید.							
علاقه بند 1.5	0.5	7	60.21	31.4	4	7.76	7.76
شکل حیاط مربع با پخ گوشه‌ها H/ L برابر با 2 است که طبق شکل 4، DF=2.7 را برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید.							
بروجردی حیاط مستطیل اصلی 2.2	0.66	11	600	100	9	20	30
بروجردی حیاط مستطیل کشده1.66	0.3	14.3	742.5	128	9	15	49.5
بروجردی حیاط مستطیل 1.1	0.4	8.4	280	76	9	10	28
شکل حیاط (اصلی) مستطیل H^2/ (L*W) برابر با 7.4 است که طبق شکل 4، DF≥4 را برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید. شکل حیاط (کشیده) مستطیل H^2/ (L*W) برابر با 9.1 است که طبق شکل 4، DF≥4را برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید. شکل حیاط (فرعی) مستطیل H^2/ (L*W) برابر با 3.45 است که طبق شکل 4, DF≥3.6 را برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید.							
عباسیان حیاط مستطیل بa 2.83	0.64	14.5	288.5	69.62	4.8	13.6	21.2
عباسیان حیاط مستطیل ب b 3.8	0.9	16.18	376.47	77.7	4.8	18.5	20.35
عباسیان حیاط مربع 1.91	1	7.6	84.64	36.8	4.8	9.2	9.2

عباسیان حیاط مربع	1.25	1	5	36	24	4.8	6	6
عباسیان حیاط مستطیل پ a	1.27	0.66	6.3	197.4	57.4	9	11.4	17.27
عباسیان حیاط مستطیل پ b	1.17	0.74	5.51	105.2	49.6	9	10.6	14.2

شکل حیاط ب a مستطیل

$H^2/(L*W)$ برابر با 12.52 است که طبق شکل 4، DF≥4را

برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید.

شکل حیاط ب b مستطیل

$H^2/(L*W)$ برابر با 13 است که طبق شکل 4، DF≥4 را

برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید.

شکل حیاط مربع با پخ گوشه‌ها

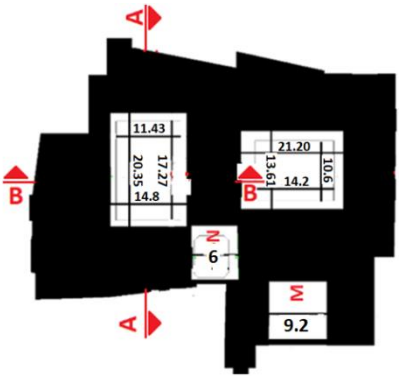
H/ L برابر با 1.91 است که طبق شکل 4، DF=3 را

برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید.

شکل شکل حیاط مربع با پخ گوشه‌ها

H/ L برابر با 1.25است که طبق شکل 4، DF=3 را

برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید.



شکل حیاط پa مستطیل

$H^2/(L*W)$ برابر با 13 است که طبق شکل 4، DF≥4 را

برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید.

شکل حیاط پb مستطیل

$H^2/(L*W)$ برابر با 13 است که طبق شکل 4، DF≥4 را

برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید.

طباطبایی حیاط مربع	1.71	1	6.84	156.2	50	7.3	12.5	12.5
طباطبایی حیاط مستطیل	3.54	0.76	16.43	880.6	120	7.3	25.9	34
طباطبایی حیاط مستطیل	1.80	0.52	10.46	330	76.4	7.3	13.2	25
طباطبایی حیاط مستطیل	1.7	0.71	8.1	217.3	59.8	7.3	12.46	17.44
طباطبایی حیاط مربع با پخ	0.81	1	3.26	56.25	30	9.2	7.5	7.5

شکل حیاط مربع

H/ L برابر با 1.71است که طبق شکل 4، DF=2.7 را

برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید.

شکل حیاط مستطیل

$H^2/(L*W)$ برابر با 16.51 است که طبق شکل 4، DF≥ را

برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید.

شکل حیاط مستطیل

$H^2/(L*W)$ برابر با 6.19 است که طبق شکل 4، DF≥4 را

برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید.

شکل حیاط مستطیل

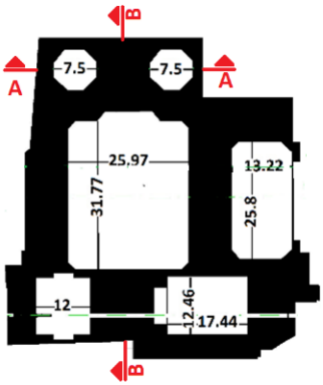
$H^2/(L*W)$ برابر با 4.07است که طبق نم شکل 4، DF=3.8 را

برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید.

شکل حیاط مربع با پخ گوشه‌ها

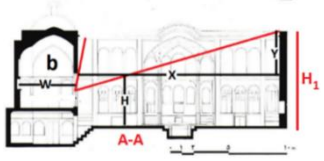
H/ L برابر با 0.81 است که طبق شکل 4، DF=1.8 را

برای فضاهای اطراف تأمین می‌نماید



جدول 6-جدول تحلیل مرز آسمان و زاویه بازشو در خانه‌های سنتی کاشان

Tab. 6-Tab. Analysis Tab.le of the sky and the pop - up angle in the traditional homes of Kashan



X=17.5	H=5	Y=3.5	D= 13.5	W=4.4	θ = 68

*طبق محاسبات D>W است، بنابراین طول دیده شدن آسمان بیشتر از طول اتاق است (طبق رابطه 2).

* زاویه بازشو 68 درجه است؛ که با توجه به عرض جغرافیایی کاشان حداقل این زاویه می‌تواند 53 باشد درنتیجه زاویه نورگیری مناسب است (طبق جدول 2).

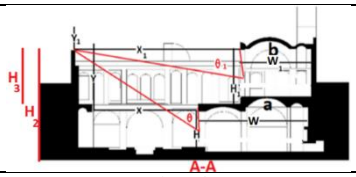
* فاصله افقی بازشو اتاق از دیوار مقابل 17 متر بوده که با فرض H1به عنوان ارتفاع دیوار مقابل بازشو و ارتفاع مرکز پنجره 2.9 متر باشد، از اندازه پیشنهادی طبق رابطه 3یعنی 7.5=(8.5-2.9)*1.35 بیشتر است.

X=23.33	H=5	Y=3.5	D= 32	W=4.8	θ = 72

*طبق محاسبات D>W است، بنابراین طول دیده شدن آسمان بیشتر از طول اتاق‌ها است (طبق رابطه 2).

* زاویه بازشو 72 درجه است؛ که با توجه به عرض جغرافیایی کاشان حداقل این زاویه می‌تواند 53 باشد درنتیجه زاویه نورگیری مناسب است (طبق جدول 2).

* ـ فاصله افقی بازشو اتاق از دیوار مقابل 22 متر بوده که با فرض H1 به عنوان ارتفاع دیوار مقابل بازشو و ارتفاع مرکز پنجره 9 متر باشد، از اندازه پیشنهادی طبق رابطه3 یعنی 7.5= (8.5-2.9) *1.35 بیشتر است.



X=10.26	H=4	Y=5	D= 8.2	W=9.5	θ = 60

*طبق محاسبات D≤W است بنابراین طول دیده شدن آسمان کمتر از طول اتاق است(طبق رابطه 2).

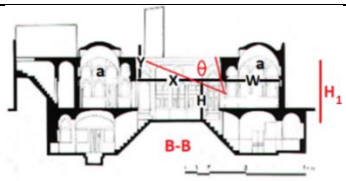
* زاویه بازشو 60 است؛که با توجه به عرض جغرافیایی کاشان حداقل این زاویه می‌تواند 53 باشد درنتیجه زاویه نورگیری مناسب است (طبق جدول 2).

* فاصله افقی بازشو اتاق از دیوار مقابل 10.26 متر بوده که با فرض H1 به عنوان ارتفاع دیوار مقابل بازشو و ارتفاع مرکز پنجره 2 متر باشد، از اندازه پیشنهادی طبق رابطه 3 یعنی 9.45=(9-2)*1.35 متر بیشتر است.

*طبق محاسبات D>W است، بنابراین طول دیده شدن آسمان بیشتر از طول اتاق است (طبق رابطه 2).

* زاویه بازشو 50 درجه است که با توجه به عرض جغرافیایی کاشان حداقل این زاویه 53 می‌تواند باشد درنتیجه زاویه نورگیری از زاویه مناسب کمتر است (طبق جدول 2).

* فاصله افقی بازشو اتاق از دیوار مقابل 15.60 متر بوده که با فرض H1 به عنوان ارتفاع دیوار مقابل بازشو و ارتفاع مرکز 2.9 متر باشد از اندازه پیشنهادی طبق رابطه 3 یعنی 4.1 =(4.3-1.25)*1.35متر بیشتر است.

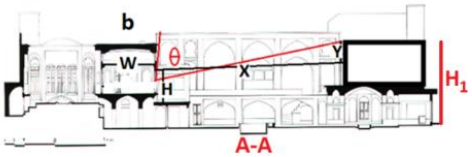


X=18.2	H=3.34	Y=5.5	D= 11	W=7.5	θ=62

*طبق محاسبات D>W است، بنابراین طول دیده شدن آسمان بیشتر از طول اتاق است (طبق رابطه 2).

* زاویه بازشو 62 درجه است که با توجه به عرض جغرافیایی کاشان حداقل این زاویه می‌تواند 53 باشد درنتیجه زاویه نورگیری مناسب است (طبق جدول 2).

*فاصله افقی بازشو اتاق از دیوار مقابل 18.2 متر بوده که با فرض H_1به عنوان ارتفاع دیوار مقابل بازشو، و ارتفاع مرکز پنجره 2.6 متر باشد، از اندازه پیشنهادی طبق رابطه 3 یعنی 8.38=(8.8-2.6)*1.35 متر بیشتر است.

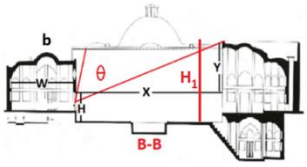


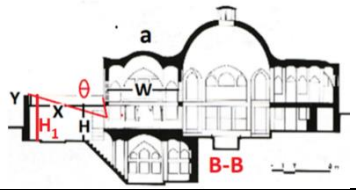
X=7	H=3.6	Y=1.40	D= 18	W=11.11	θ=56

*طبق محاسبات D>W است، بنابراین طول دیده شدن آسمان بیشتر از طول اتاق است (طبق رابطه 2).

* زاویه بازشو 56 درجه است که با توجه به عرض جغرافیایی کاشان حداقل این زاویه می‌تواند 53 باشد درنتیجه زاویه نورگیری مناسب است (طبق جدول 2).

* فاصله افقی بازشو اتاق از دیوار مقابل 7.7 متر بوده که با فرض H_1 به عنوان ارتفاع دیوار مقابل بازشو و ارتفاع مرکز پنجره 3.2 متر باشد، از اندازه پیشنهادی طبق رابطه 3 یعنی 2.38=(5-3.2)*1.35 متر بیشتر است.





X=18.2	H=3.34	Y=5.5	D= 11	W=7.5	θ=59

*طبق محاسبات D>W است، بنابراین طول دیده شدن آسمان بیشتر از طول اتاق است (طبق رابطه 2).

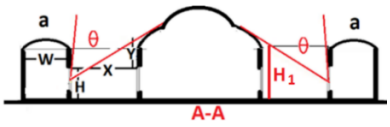
* زاویه بازشو 62 درجه است که با توجه به عرض جغرافیایی کاشان حداقل این زاویه می‌تواند 53 باشد درنتیجه زاویه نورگیری (طبق جدول 2).

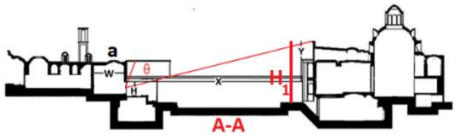
*فاصله افقی بازشو اتاق از دیوار مقابل 18.2 متر بوده که با فرض H_1به عنوان ارتفاع دیوار مقابل بازشو، و ارتفاع مرکز پنجره 2.6 متر باشد، از اندازه پیشنهادی طبق رابطه 3 یعنی 8.38=(8.8-2.6)*1.35 متر بیشتر است.

*طبق محاسبات D>W است بنابراین طول دیده شدن آسمان بیشتر از طول اتاق است (طبق رابطه 2).

* زاویه بازشو 56 درجه است که با توجه به عرض جغرافیایی کاشان حداقل این زاویه می‌تواند 53 باشد درنتیجه زاویه نورگیری مناسب است (طبق جدول 2).

* فاصله افقی بازشو اتاق از دیوار مقابل 7.7 متر بوده که با فرض H_1 به عنوان ارتفاع دیوار مقابل بازشو و ارتفاع مرکز پنجره 3.2 متر باشد، از اندازه پیشنهادی طبق رابطه 3 یعنی 2.38=(5-3.2)*1.35 متر بیشتر است.





X=7.76	H=3	Y=1	D= 10.5	W=4	θ=59

*طبق محاسبات D>W است، بنابراین طول دیده شدن آسمان بیشتر از طول اتاق است (طبق رابطه 2).

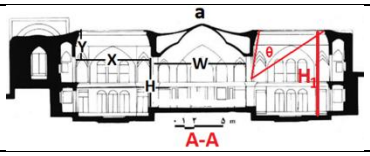
* زاویه بازشو 59 درجه است که با توجه به عرض جغرافیایی کاشان حداقل این زاویه می‌تواند 53 باشد در نتیجه زاویه نورگیری مناسب است (طبق جدول 2).

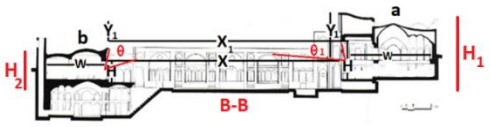
* فاصله افقی بازشو اتاق از دیوار مقابل 7.76 متر بوده که با فرض H_1 ارتفاع به عنوان دیوار مقابل بازشو و ارتفاع مرکز پنجره 2.1 متر باشد، از اندازه پیشنهادی‌طبق‌رابطه 3یعنی 2.56=(4-2.1)*1.35 متر بیشتر است.

*طبق محاسبات D>W است بنابراین طول دیده شدن آسمان بیشتر از طول اتاق است(طبق رابطه 2).

* زاویه بازشو 55 درجه است که با توجه به عرض جغرافیایی کاشان حداقل این زاویه می‌تواند 53 باشد درنتیجه زاویه نورگیری مناسب است (طبق جدول 2).

* فاصله افقی بازشو اتاق از دیوار مقابل 30 متر بوده که با فرض H_1 به عنوان ارتفاع دیوار مقابل بازشو و ارتفاع مرکز پنجره 2 متر باشد، از اندازه پیشنهادی طبق رابطه 3 یعنی 12.42= (11.2-2) *1.35 متر بیشتر است.





X=7.5	H=6.5	Y=2.75	D= 18.75	W=9.5	θ=45

X_1=31.77	H_1=5.6	Y_1=0	D_1= ∞	W_1=17.33	θ1≈90

*طبق محاسبات D>W است، بنابراین طول دیده شدن آسمان بیشتر از طول اتاق است (طبق رابطه 2).

* زاویه بازشو 45 درجه است که با توجه به عرض جغرافیایی کاشان حداقل این زاویه 53 می‌تواند باشد درنتیجه زاویه نورگیری از زاویه مناسب کمتر است (طبق جدول 2).

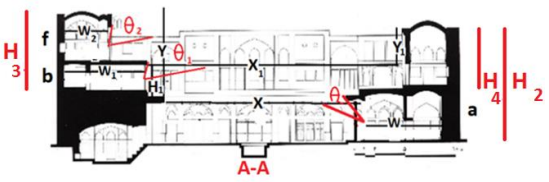
* فاصله افقی بازشو اتاق از دیوار مقابل 7.75 متر بوده که با فرض H_1 به عنوان ارتفاع دیوار مقابل بازشو و ارتفاع مرکز پنجره 3.45 متر باشد، از اندازه پیشنهادی طبق رابطه 3 یعنی 7.83= (9.25-3.45)*1.35 متر کمتر است.

*طبق محاسبات D>W است بنابراین طول دیده شدن آسمان بیشتر از طول اتاق است(طبق رابطه 2).

* طبق محاسبات $D_1 \geq W_1$ است بنابراین طول دیده شدن آسمان بیشتر از طول اتاق است(طبق رابطه 2).

* زاویه بازشوها 68 =θ و $\theta_1 \approx 90$ درجه است که با توجه به عرض جغرافیایی کاشان حداقل این زاویه می‌تواند 53 باشد درنتیجه زاویه نورگیری مناسب است (طبق جدول 2).

* فاصله افقی بازشوهای اتاق‌ها از دیوار مقابل به ترتیب X=35.6، X_1= 35.6 که با فرض H1 و H2 به عنوان ارتفاع دیوار مقابل بازشو و ارتفاع مرکز پنجره به ترتیب 3.3 و 2.8 متر باشد، از مقادیر پیشنهادی طبق رابطه3 یعنی8=(9.25-3.3)*1.35 و 8.7=(9.25-2.8)*1.35 بیشتر هستند.



X=20.35	H=2.2	Y=7	D= 7.8	W=7.6	θ=24	X=11.43	H=2.2	Y=10	D= 2.32	W=3.9	θ=40
X_1=24.34	H_1=2.2	Y_1=2.5	D_1= 19.14	W_1=8.26	θ1=71	X_1=14.8	H_1=2.2	Y_1=6	D_1= 5.92	W_1=4.34	θ1=60
X_2=27.60	H_2=3	Y_2=0	D_2= ∞	W_2=4.3	θ2≈90						

* طبق محاسبات D≤W است، بنابراین طول دیده شدن آسمان کمتر از طول اتاق‌ها است(طبق رابطه 2).	* طبق محاسبات در تمام موارد D≥W است، بنابراین طول دیده شدن آسمان در فضاهای اطراف حیاط بیشتر از طول اتاق‌ها است(طبق رابطه 2).
* طبق محاسبات $D_1 \geq W_1$ است بنابراین طول دیده شدن آسمان بیشتر از طول اتاق است(طبق رابطه 2).	* طبق محاسبات $D_1 \geq W_1$ است بنابراین طول دیده شدن آسمان بیشتر از طول اتاق است(طبق رابطه 2).
* زاویه بازشو θ= 40 و θ_1=71 درجه است که با توجه به عرض جغرافیایی کاشان حداقل این زاویه می‌تواند 53 باشد درنتیجه زاویه نورگیری θ کم و برای θ_2 مناسب است (طبق جدول 2).	* طبق محاسبات $D_2 \geq W_2$ است بنابراین طول دیده شدن آسمان بیشتر از طول اتاق است(طبق رابطه 2).
	* زاویه بازشوها θ= 24 و θ_1=71 وθ_2 =90 درجه است؛ که با توجه به عرض جغرافیایی کاشان حداقل این زاویه می‌تواند 53 باشد درنتیجه زاویه نورگیری در مورد θ کم و در سایر موارد مناسب است (طبق جدول 2).
* فاصله افقی بازشو اتاق از دیوار مقابل X=11.43 و X_1=14.8 است که با فرض H_2=12.2 و H_3=8.2 به عنوان ارتفاع دیوار مقابل بازشو و ارتفاع مرکز پنجره‌ها 1.1 باشد، از مقادیر پیشنهادی طبق رابطه 3 به ترتیب یعنی 14.9= (12.2-1.1) *1.35 متر کمتر و 9.5= (8.2-1.1) *1.35 بیشتر است.	* فاصله افقی بازشوها اتاق از دیوار مقابل X=20، $X_1 = 24.34$، $X_2 = 27.60$، که با فرض H_2= 9 و H_3=4.8 و H_4=4.8 به عنوان ارتفاع دیوار مقابل بازشو و ارتفاع مرکز پنجره به ترتیب 1.1، 1.1 و 1.5 متر باشد، از مقادیر پیشنهادی به ترتیب طبق رابطه 3 یعنی 10.66=(9-1.1)*1.35، 4.99= (4.8-1.1) *1.35، 4.33= (4.8-1.5) * 1.35که حداقل مقادیر مناسب هستند، بیشتر است.

2-3-یافته‌های پژوهش

همان‌گونه که در ابتدا، با بررسی پژوهش‌های سایر پژوهشگران در خصوص نورگیری حیاط مرکزی مشخص شد، نور مناسب در فضاهای مجاور حیاط مرکزی وابسته به سه عامل کلی است که در این مقاله دو مورد از آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت: 1 ـ هندسه و تناسبات حیاط مرکزی 2ـ مرز و زاویه دیده شدن آسمان از فضاهای مجاور حیاط که رابطه تناسباتی با حیاط دارند. با توجه به این موضوعات، عملکرد هندسی و تناسباتی حیاط مرکزی در نمونه‌های انتخابی از خانه‌های تاریخی کاشان طبق روابط و نمودارهای بیان‌شده در پیشینه پژوهش که حاصل تلاش پژوهشگران بوده است، مورد ارزیابی قرار گرفت و یافته‌ها به‌صورت خلاصه به قرار زیر است:

1 ـ تمام نمونه‌ها دارای یک حیاط اصلی مستطیل شکل بزرگ بوده که در برخی بناها این حیاط دارای 2 طبقه بوده که حیاط بالایی با عقب نشینی امتداد جداره‌های طبقه همکف در طبقه اول شکل گرفته است همچنین در خانه-های با بیش از یک حیاط، حیاط‌های فرعی غالبا به شکل مربع با گوشه‌های پخ‌دار هستند.

2ـ تناسبات حیاط‌های بررسی شده در تمام نمونه‌های پژوهش،DF متناسب با جدول1 برای تمامی فضاهای اطراف فراهم می‌کنند؛ شکل هندسی حیاط‌ها در نمونه‌های بررسی شده مربع و مستطیل بوده که قادر به تأمین ضریب نور روز 1.5-3 است که مناسب فعالیت‌های عمومی انسان در تمامی عرصه‌های زندگی با توجه به عرض جغرافیایی کاشان هستند.

3 ـ تناسبات حیاط‌ها برای پاسخ‌گویی به شرایط اقلیمی کاشان باید از نسبت $8 \leq R_1 \leq 4$ و $0.3 < R_2 < 1$ تبعیت نماید که در نمونه‌های بررسی‌شده حداقل اندازه برای نسبت R_1 معادل حدودا 4 و ماکزیمم حدودا 21.8 بوده است. همچنین برای میزان R_2 نیز حداقل نسبت محاسبه‌شده حدودا 0.3 و ماکزیمم 1 است که مطابق با نسب تعیین شده برای اقلیم منطقه است.

4 ـ با توجه به این‌که نمونه‌های انتخابی از خانه‌های کاشان غالبا 2 طبقه هستند، نسبت SAR برای حیاط های مستطیل شکل 0.8 تا 5.3 و برای حیاط‌های مربع شکل از 0.93 تا 2 متغیر است.

5 ـ مرز دیده شدن آسمان در تمام فضاهای سه‌دری و پنج‌دری اندازه‌گیری شده با توجه به رابطه بیان‌شده (رابطه 2) از عمق فضاها بیشتر بوده است؛ به‌جز دو مورد خانه طباطبای‌ها و گلی‌زاده. در خانه طباطبایی‌ها که با قرار دادن بازشو در دو جبهه مقابل هم مشکل نورگیری و استفاده از نور بازتابی آسمان حل شده است و به گونه‌ای مرز آسمان از دو طرف مجموعا از عمق فضا بیشتر می‌باشد؛ همچنین در خانه گلی‌زاده که انتهای فضا پستو بوده و نیاز به نور چندانی ندارد.

6 ـ زاویه بازشوها برای دید به آسمان در تمامی فضاهای بررسی شده از نمونه‌های انتخابی با توجه به عرض جغرافیایی کاشان یعنی 33 درجه از میزان $\theta\leq53$ تبعیت می‌کنند جز در 3 مورد که با سایر عوامل موثر بر نورگیری مشکل دید به آسمان و نورگیری آنها بر طرف گردیده است.

7- ابعاد حیاط طبق رابطه 3 متناسب با نورگیری فضاها است و فاصله بازشوها از دیوار مقابل طبق این رابطه متناسب است و تنها در دو مورد حیاط‌های اندرونی فاصله واقعی از مانع روبرو از مقدار محاسبه شده طبق رابطه 3کمتر است.

4- نتیجه‌گیری

امروزه پژوهش‌های صورت گرفته در خصوص نورگیری ابینه باعث شده، شرایط بررسی نور در ابینه تاریخی نیز فراهم گردد. لذا در این مقاله سعی شد با مروری بر پژوهش‌های صورت گرفته در خصوص نورگیری حیاط مرکزی و فضاهای مجاور آن، اصول و قواعد موثر بر این مسأله معرفی شود؛ در ادامه، خصوصیات حیاط مرکزی در نمونه‌های انتخابی از خانه‌های تاریخی کاشان با اصول و قواعد بیان شده مورد بررسی قرار گرفت. از یافته‌های این پژوهش می‌توان نتایج ذیل را به صورت خلاصه بیان نمود:

هندسه حیاط‌ها با توجه به عمق فضاهای مجاورشان تعیین شده است؛ با توجه به اینکه فضاهای با عمق کم، به مزر دیده شدن آسمان کوتاه‌تری نیاز دارند، لذا حیاط‌های مجاور این فضاها، به عنوان منبع تامین کننده روشنایی طبیعی(آسمان)، مربع شکل هستند که فرم غالب حیاط-های فرعی است. از طرفی فضاهای عمیق‌تری مانند تالارهای پشت ایوان‌ها برای بهره‌مندی از نورطبیعی در اعماق این فضاها نیاز به مرز دیده شده آسمان بلندتری در این بناها دارند، لذا شاهد قرار گیری این فضاها در اطراف حیاط‌هایی با هندسه مستطیل هستیم که فرم غالب حیاط-های اصلی نیز مستطیل است.

از سویی، یکی از موارد مشخص کننده شدت نور روز در فضاهای این بناها ابعاد حیاط مرکزی در آن‌ها است؛ با توجه به ابعاد و تناسبات حیاط‌های تحلیل شده می‌توان دریافت که حداقل شدت نور روز معادل 200 لوکس و بیشتر را برای فضاهای مجاور خود تامین می‌نمایند؛ که نشان دهنده رعایت نسبت ابعادی دقیق برای این حیاط‌ها است. به عبارتی میزان نورگیری فضاهای مجاور حیاط‌ها، مشخص کننده این ابعاد برای حیاط‌ها بوده است. همچنین با توجه به اینکه مرز دیده شدن آسمان، به عنوان یکی از عوامل مؤثر نورگیری در فضاهای مجاور حیاط مرکزی (اتاق‌ها)، از ابعاد حیاط تبعیت می‌کند (طبق رابطه 2) و با توجه به یافته‌های پژوهش که نشان می‌دهد فضاهای مجاور حیاط‌ها (اتاق‌ها) در خانه‌های کاشان، عمقی کمتر از میزان طول مرز دیده شدن آسمان در آن‌ها دارد($D>W$)، بنابراین می-توان دریافت که ابعاد این اتاق‌ها در تناسب با ابعاد حیاط مرکزی در نظر گرفته شده است و چنین نتیجه گرفت که نور، عامل مشخص کننده مقیاس فضایی در این خانه‌ها بوده است؛ از طرفی نسبت ضرایب اقلیمی حیاط‌ها یعنی R_1 و R_2 بیانگر درستی این موضوع است. خانه‌های کاشان دارای اصول و الگوها و قوانین روشنی برای نورگیری حیاط-های مرکزی بوده است که اکنون به فراموشی سپرده شده و پژوهش‌های آینده می‌تواند با تمرکز بر این مسأله، آن الگوها و قواعد را بازخوانی نماید.

پی نوشت

[1] Section Aspect Ratio = W/H

[2] Plan Aspect Ratio = W/L

منابع

Aizlewood, M. (1995). The daylighting of atria. a critical review, ASHRAE Transactions, 101, 841 - 857.

Aizlewood, M., Butt, J., Isaac, K., & Littlefair, P. (1997). Daylight in Atria: A Comparison of Measurements. Theory and Simulation Lux Europa, 571 - 584.

Ahadi, A., Saghafi, M., & Tahbaz, M. (2018). The optimization of light-wells with integrating daylight and stacknatural ventilation systems in deep-plan residential buildings: A casestudy of Tehran. Building Engineering,18, 220-244.

Ahadi, A., Masoudinejd, M., Piryaei, A. (2016). Achieving Appropriate Daylight Quality for Small Apartments in Tehran City by Proper Design of Windows, Hoviat Shahr,10(25),41-50. [in Persian]

Baker, A, F. (1993). daylighting in architecture a european reference book. london: james and james. Berardi, U., Wang. (2014). Daylitghing in an atrium type high performance house. Building and Environment, 76, 92 - 104.

Cartwright, V. (1986). Sizing atria for daylighting. Second International Daylighting Conference. CA: Long Beach.

CIBSE. (1999). Daylighting and Window Design, Dorcheste. london: friary press.

CIBSE. (2011). Lighting for Education, Dorcheste. london: friary press.

Dekay, M. (2010). daylighting and urban from an urban fabric of light. journal of architectural and planning research,27(1), 35-56.

DU, J., Sharples, S. (2009). Daylight Prediction in Atrium Buildings: Measurement, Theoret.ical Analysis and Simulation. Sol Energy,73(2), 105-109.

DU, J., Sharples, S. (2009). Daylightinatriumbuildings:Geomet.ric shapeand vertical sky components. Lighting Research and Technology,42(2), 385 - 397.

Ghasemi, M., Kandar, M., & Noroozi, M. (2016). Investigating the effect of well geomet.ry on the daylight performance in the adjoining spaces of vertical top - lit atrium building. I Indoor ndoor and and Built uilt Environmen,25(2), 934 - 948.

Gorji Mahlabani, Y, Azizzadeh Araei, R, Mofrad Boushehri, A, Motevali Alamuti, Z. (2019). A Study of Optimal Area of Atrium for Daylight Utilization (Case Study: Administrative Building in Qazvin, Iran), Journal Architect. Eng. Urban Plan, 29(1), 39-46.

Ghazanfari,F., Kaboli, M, H. (2019). Energy consumption of atria; the case of a commercial-office center in the semi-arid climate of Tehran. Energy Equipment and Systems,7(3), 211-234.

Ghiabaklou, z. (2015). Fundamentals Building Physics 5: Daylighting, Jahad Daneshgahi, Tehran. [in Persian]

Iringova, A. (2019). Optimization of Atrium Geomet.ry in an Office Building in Terms of Daylighting - a Case Study, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 661-672.

Falamaki., M. (2004). Theoret.ical roots and tendencies of architecture, faza, Tehran. [in Persian]

Farrokhyar, H. (2013). Iranian architecture 100 houses, 100 planthes architectural, Islamic Azad University, Kashan. [in Persian]

Hajighasemi, K. (2016). Ganjnameh; Cyclopedia of Iranian Islamic Architecture, University Shahid Behshti, Tehran, 5(25). [in Persian]

Hafeznia, M, R. (2005). An introduction to the research met.hod in humanities, Organization for the Study and Compilation of University Humanities Books (SMT), Tehran.

Kim, R, K., & Boyer, L. (1986). Development of daylight prediction met.hods for atrium design. Proceedings from the International Daylighting Conference 2. Long Beach, C,A.

Razjouyan, M. (2009). Comfort Design with Climate, University Shahid Behshti, Tehran. [in Persian]

Samant, S. (2015). A critical review of articles published on atrium geomet.ry and surface reflectances on daylighting in an atrium and its adjoining spaces. Architectural Science Review,39(2), 145 - 156.

Sharples, S., & Lash, D. (2007). Daylight in atrium buildings: a critical review. Architectural Science Review 50(4), 301 - 312.

Tahbaz., M, Jalilian., S, Mosavi., F, Kazemzadeh, M. (2014). Natural lighting in traditional houses of Kashan, Motaleat Memaei Iran, 4(2),87-108. [in Persian]

Tahbaz., M, Jalilian., S, Mosavi., F, Kazemzadeh, M. (2016). Effects of Architectural Design on Daylight Fantasy in Iranian Traditional Houses, Arman Shahr, 8(15),71-81. [in Persian]

Zare., F ,Heidari, S. (2016). Architectural Design Based on Daylight Utilization- An Approach for Library Design in Tehran, Hoviat Shahr, 9(24),55-64. [in Persian]

Layer, U. (1990). Daylighting in atrium spaces. Architectural Science Review,37, 195-208.

Let.herman, K., & Wright, J. (1998). Illuminance in atria: review of prediction met.hods. Lighting Research and Technology,30(1), 1 - 11.

Mahdavinejad., M, Tahbaz., M, DolaTab.adi., M. (2016). Optimization of Properties and Light Shelf System in Architecture of Learning Building, Hona-Ha-Ye-Ziba Memari-Va- Shahrsazi, 21(2),81-92. [in Persian]

Memarian, G, H. (2006). An overview of the theoretical foundations of architecture, Sorosh Danesh, Tehran. [in Persian]

Motalai, S. (2015). Light and lighting in architecture, Shahid Hosein Fahmideh, Esfahan.

Muhaisen, A. (2006). shsding simulation of the courtyard from in different climatic regions. building and environment 41, 1731 - 1741. [in Persian]

Oret.skin, B. (1982). Studying the efficiency of lightwells by means of models under an artificial sky. Proceedings of the Seventh ASES Passive Conference. Knoxville, TX,459-463.