تعیین الگوی بهینه حیاط مرکزی در مسکن سنتی دزفول
با تکیه بر تحلیل سایه دریافتی سطوح مختلف حیاط

محسن تابان*
محمدرضا پورجعفر**
محمدرضا بمانیان***
شاهین حیدری****

چکیده
استفاده از حیاط مرکزی الگوی بسیار کهنی در ساخت و ساز مسکن بوده و به طور قابل ملاحظه‌ای در شهرهای مختلف ایران مورد استفاده قرار گرفته، همچنین فضاهای سکونتی با بهره‌گیری از تدابیر مختلفی در اطراف این حیاط‌ها شکل گرفته‌اند. تناسبات حیاط مرکزی نقش عمده‌ای در تعیین میزان انرژی تابشی جذب‌شده در سطوح مختلف حیاط و ایجاد شرایط آسایش بصری و حرارتی برای ساکنین ایفا می‌کند. شناخت الگوی بهینه حیاط مرکزی در مناطق مختلف کشور نیازمند انجام مطالعات دقیق در میزان سایه‌اندازی الگوهای مختلف حیاط با تناسبات گوناگون است. برای رسیدن به این مقصود کوشش شده تناسبات مختلف حیاط در مسکن سنتی دزفول شناسایی شده و میزان سایه دریافتی سطوح مختلف حیاط در الگوهای مختلف مورد ارزیابی قرار گیرد.
جهت انجام این تحقیق، نمونه‌های مختلف حیاط با استفاده از برداشت‌های میدانی تعیین شده و با استفاده از شبیه‌سازی سه‌بعدی الگوها، سایه حاصل از ابعاد مختلف بر روی سطوح مختلف در ماه‌های گوناگون سال اندازه‌گیری شده است. با مقایسه میزان سایه حاصل از هر نمونه با جدول نیاز اقلیمی شهرستان دزفول، بهترین نمونه از نظر مواقع نیاز به سایه و آفتاب معرفی شده است. در بناهایی که حیاط آنها، دارای نسبت ۱تا ۱/۴ میان طول و عرض (حیاط با فرم مربعی شکل) و همچنین نسبت طول به ارتفاع ۱/۱ تا ۱/۲ (عمق متوسط) باشند، مناسب‌ترین میزان سایه در فصول گرم بر روی کف و جداره‌ها ایجاد خواهد شد. استفاده از این الگوی بهینه، سبب افزایش سایه بر سطوح حیاط، کاهش دمای جداره‌ها، کاهش بار سرمایشی ساختمان و افزایش آسایش ساکنین خواهد شد.

واژگان کلیدی
دزفول، حیاط مرکزی، تحلیل سایه، تناسبات، تابش خورشید.

*. پژوهشگر دکتری معماری، دانشکده هنر، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
mhsntaban@yahoo.com
**. دکتری شهرسازی، استاد دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. نویسنده مسئول ۸۲۸۸۳۷۳۱
pourja_m@modares.ac.ir
***. دکتری معماری، استاد دانشکده هنر و معماری دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
bemanian@modares.ac.ir
****. دکتری معماری، دانشیار گروه تکنولوژی، دانشکده معماری، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
shheidary@ut.ac.ir

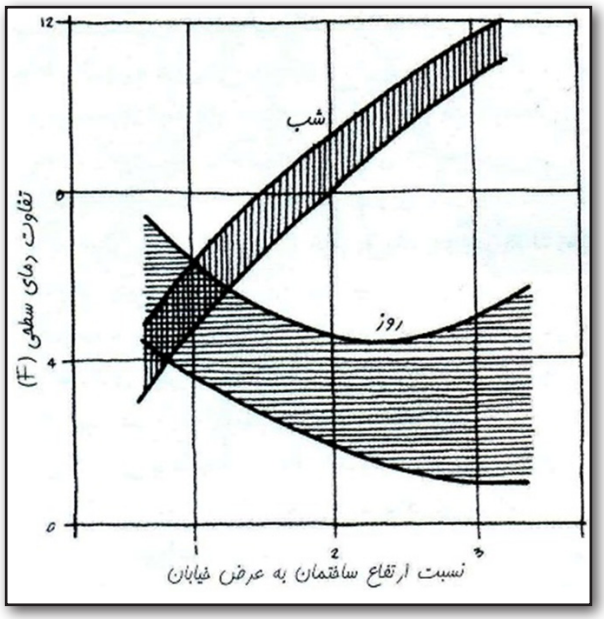
مقدمه

حیاط‌های مرکزی الگوی بسیار کهنی است که در بسیاری از کشورهای آسیا، شمال آفریقا، جنوب آمریکا، اروپا و نیز در ایران مورد استفاده قرار گرفته است. شکل‌گیری این الگو با وجود تأثیرپذیری از عوامل فرهنگی و اجتماعی، معلول شرایط محیط طبیعی و عوامل اقلیمی مناطق مختلف بوده است. اقلیم و شرایط محیطی تأثیرات فیزیکی و روانی ویژه و اجتناب‌ناپذیری بر انسان دارند که باید در طراحی ساختمان‌ها بسته به موقعیت گرمایشی و سرمایشی مورد توجه قرار گیرند. طراحی ساختمان با استفاده از انرژی خورشیدی به همراه توجه به خصوصیات اقلیمی و مصالح محلی ساختمان، نه‌تنها می‌تواند شرایط آسایش در محیط مصنوع را ایجاد کند، بلکه در کاهش مصرف انرژی نیز کمک خواهد کرد (Yaglou CP, 1972: 251). واضح است که سطح دمای داخلی بنا را می‌توان با استفاده از تکنیک‌های غیرفعال خورشیدی که بر جذب حرارتی بدنه‌های ساختمان مؤثرند، نظیر ایجاد سایه در بدنه‌های خارجی، استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی بالا و جهت‌گیری مناسب بهبود بخشید (Gandara, M., et al, 2002: 123).

در مناطق گرم تدابیر مختلفی در زمینه کنترل انرژی تابشی در فضای بیرونی اندیشیده می‌شوند که استفاده از رنگ‌های روشن برای بدنه‌های خارجی، بهره‌گیری از سایه‌بان‌های مختلف و بهبود خصوصیات حرارتی مصالح به کار رفته در جداره‌ها از جمله آنها هستند. اما قبل از به کارگیری این تدابیر، آنچه بسیار حایز اهمیت است داشتن تناسبات مناسب فضاهای بیرونی نظیر حیاط‌هاست به گونه‌ای که بهترین عملکرد را در برابر شرایط تابش خورشید از نظر مواقع نیاز به سایه دارا باشد.

در این مناطق میزان تابش از خورشید در سطوح مختلف حیاط، از عوامل اصلی تأثیرگذار بر عملکرد حرارتی ساختمان است. تابش خورشید جذب شده سبب بالا رفتن دمای سطوح و دمای هوای اطراف آنها می‌شود که تأثیر بسیاری بر عملکرد حرارتی حیاط و در نتیجه فضاهای سکونتی اطراف آن دارد. به همین علت جهت بهینه‌کردن تابش دریافتی بر سطوح مختلف حیاط، باید حیاط دارای ابعاد مناسب باشد. در غیر این صورت در مواقع نیاز به تابش، سایه بیش از اندازه خواهد بود و در مواقع نیاز به سایه، با تابش بیش از اندازه روبرو خواهیم شد. مطالعات بسیاری در این زمینه صورت گرفته که همگی بر حفاظت از سطوح حیاط در برابر تابش بیش از اندازه و جلوگیری از ورود بادهای مزاحم با رعایت تناسبات و درجه محصوریت تأکید کرده‌اند (Muhaisen and Gadi, 2006: 246). کنترل سایه در ساختمان‌ها سبب بهبود بارهای سرمایشی و گرمایشی و آسایش بصری و حرارتی خواهد شد. در مطالعه‌ای بیان شده که کنترل سایه‌اندازی و تابش تا ۳۱ درصد سبب کاهش مصرف انرژی (روشنایی، گرمایش و سرمایش) در ساختمان خواهد شد (Tzempelikos and Athienitis, 2007: 381). در تحقیقی مشابه، ۲۱ درصد کاهش مصرف انرژی روشنایی و سرمایش و ۱۳ درصد کاهش اوج بار سرمایشی در یک روز آفتابی تابستان گزارش شده است (Lee, DiBartolomeo & Selkowitz, 1998: 62). در زمینه بررسی اثرات سایه بر ساختمان‌ها، مطالعات فراوانی در سایر کشورهای جهان صورت پذیرفته است[1]. ایجاد سایه‌اندازی مناسب در طول روز در زمینه طراحی شهرهای با شدت اقلیمی تابستان[2] (SCS) از اهمیت بسیاری برخوردار است. استفاده از ترکیب‌بندی خیابان‌ها به گونه‌ای که سایه بیشتری بر سطوح بیرونی ساختمان ایجاد کنند در این اقلیم‌ها از دیرباز مورد توجه بوده است. زمانی که نمایی در سایه قرار داشته باشد، دمای سطحی آن پایین است، بنابراین گرمای کمتری از آن سمت جذب ساختمان می‌شود و انرژی کمتری برای سرمایش آن مورد نیاز است. اگر در تابستان خیابان‌ها و پیاده روها در سایه باشند، دمای تشعشعی متوسط روزانه پایین خواهد بود و آسایش بیشتری برای عابرین فراهم می‌کند. (Steele, 1988: 92-95) مطالعات نشان می‌دهد که دمای روزانهٔ تابستانی در خیابان‌های با نسبت ارتفاع به عرض (H/W) یک به یک، ۴ درجه بیشتر از خیابان‌های با نسبت ارتفاع به عرض (H/W) سه به یک است (Ahmed, 1994: 48). در ایران نیز رازجویان (۱۳۶۷)، طاهباز (۱۳۸۶)، قیابکلو (۱۳۸۲) مطالعات سودمندی در این زمینه انجام داده‌اند. در زمینه شناخت شهر و الگوهای مسکن سنتی دزفول مطالعه باارزشی در سال‌های قبل صورت گرفته است (رحیمیه، ربوبی، ۱۳۵۳). الگوی حیاط مرکزی در اقلیم گرم در معماری گذشته و امروز کشورهای مختلف در جهت تأمین آسایش حرارتی ساکنین و کاهش مصرف انرژی مورد استفاده قرار گرفته است. 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 ساکنین.
- ایجاد خرده‌اقلیمی در درون فضای زیستی جهت آسایش در محیط بیرونی.

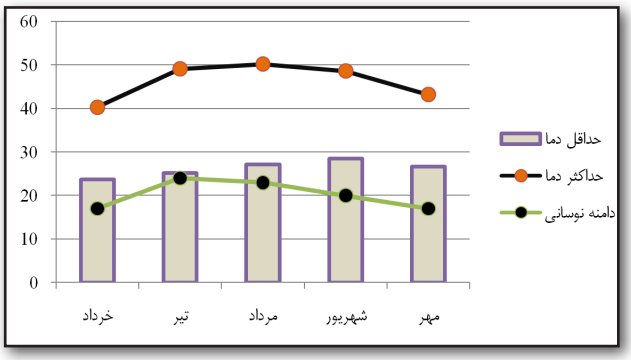


نمودار ۱. اثر برش عرضی خیابان شمالی_ جنوبی بر دمای سطحی. مأخذ: Ahmed, 1994.
Diagram 1. Effect of north-south street section on surface temperature. Source: Ahmed, 1994

• گرم‌شدن حیاط در طول روز و ایجاد امکان استفاده از تهویه هواکشی جهت افت حرارتی جداره‌های پیرامونی.
• سردشدن حیاط در شب از طریق تابش به آسمان صاف و ایجاد امکان تهویه عبوری جهت پایین‌آوردن میانگین دمای روزانه فضای داخل.
با توجه به اهمیت طراحی غیرفعال ساختمان‌ها برای کاهش مصرف انرژی‌های سرمایش و گرمایشی ساختمان‌ها در رویکردهای نوین جهانی، شناخت اهمیت و نحوه 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. در راستای تحقق این هدف در این پژوهش، ۱۵ مورد از نمونه‌های باارزش معماری مسکونی دزفول انتخاب شده و جهت تعیین الگوی بهینه حیاط مرکزی در این اقلیم، براساس تناسبات ابعاد حیاط در گروه‌های مختلف دسته‌بندی شده‌اند. نسبت‌های استفاده‌شده در این مطالعه شامل موارد زیر است :
N_1 : (نسبت میان عرض حیاط (W) و طول آن(L) که در واقع بیانگر میزان کشیدگی فرم حیاط مرکزی است.
N_2 : (نسبت میان طول حیاط (L) و حداکثر ارتفاع دیواره‌های حیاط مرکزی (H)که عمق فرم را نشان می‌دهد.
از هر گروه مطالعاتی، یک نمونه به عنوان شاخصه آن گروه انتخاب شده و محاسبات میزان سایه‌اندازی بر روی آن صورت گرفته است.

موقعیت جغرافیایی و اقلیمی شهرستان دزفول

شهرستان دزفول با مساحت ۴۷۷۰ کیلومتر مربع در موقعیتی بین ۴۸٫۳۳



نمودار ۲. حداقل، حداکثر و نوسان دمای هوا در ماه‌های گرم سال. مأخذ : آمار ایستگاه هواشناسی صفی‌آباد دزفول، ۱۳۸۹.
Diagram 2. Minimum and maximum temperatures and temperature fluctuations in hot months of the year. Safiabad Metrological Station, 2010)

درجه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۲/۲۴ درجه عرض شمالی از خط استوا در جنوب غربی ایران در کنار رودخانه دز و در ارتفاع ۱۴۰ متری سطح دریا قرار گرفته که دارای زمستان‌های خشک و تابستان‌های گرم است. حداقل، حداکثر و نوسان دمای هوا در ماه‌های گرم سال در نمودار ۲ نمایش داده شده است. در آمار هواشناسی، درجه حرارت ۵۲ درجه سانتیگراد نیز، در تابستان گزارش شده است. متوسط رطوبت در زمستان بین ۳۵ تا ۶۰ درصد و در تابستان بین ۱۵ تا ۳۰ درصد است. حد اکثر متوسط رطوبت در شهرستان دزفول برابر ۹۵ و حداقل آن ۱۴ درصد در سال‌های گذشته بوده است. جداول زیر

جدول۱. میانگین رطوبت نسبی، پایین‌ترین و بالاترین درجه دما ماهیانه دزفول، مأخذ : آمار ایستگاه هواشناسی صفی‌آباد دزفول، ۱۳۸۹.
Table 1. Mean monthly relative humidity, maximum and minimum temperatures of Dezful. Source: Safiabad Metrological Station, 2010.
Mean Monthly Relative Humidity (percentage)
Mean Monthly Minimum Temperature (centigrade)
Mean monthly maximum temperature (centigrade)

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUNE	JULY	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
MEAN	۷۶	۶۸	۶۱	۵۰	۳۲	۲۳	۲۵	۲۸	۳۰	۴۱	۶۰	۷۴	۴۷

Mean monthly relative humidity(درصد) میانگین رطوبت نسبی ماهیانه

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUNE	JULY	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
MEAN	۵,۶	۶,۷	۱۰	۱۴,۹	۲۰,۶	۲۴,۲	۲۶,۷	۲۶	۲۱,۴	۱۶,۶	۱۱	۷,۱	۱۵,۹

Mean monthly minimum temperature(سانتیگراد) میانگین پایین ترین درجه دما ماهیانه

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUNE	JULY	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
MEAN	۱۷,۴	۱۹,۷	۲۴,۱	۳۰,۴	۳۷,۹	۴۳,۸	۴۶	۴۵,۱	۴۱,۶	۳۴,۹	۲۶,۱	۱۹,۴	۳۲,۲

Mean monthly maximum temperature(سانتیگراد) میانگین بالاترین درجه دما ماهیانه

میانگین دما و رطوبت ماهیانه را در ماه‌های مختلف نمایش می‌دهند.

مواقع نیاز به سایه در شهرستان دزفول

تقویم نیاز اقلیمی دزفول، که دارای دو محور عمود برهم روزهای سال و ساعات شبانه روز است، امکان بررسی کلیه نیازهای اقلیمی در طول سال را امکان‌پذیر می‌کند."تقویم نیاز اقلیمی شهرهای مختلف، خصوصاً در اقلیم‌های گرم، حاکی از این است که در مواقع گرم، یکی از شرایط اصلی تأمین آسایش، فراهم‌کردن سایه‌های مناسب است. اهمیت نیاز به سایه در هر اقلیم بسته به شدت گرمای آن متفاوت است که در مناطق گرمسیر، می‌تواند بیش از دو سوم تا سه چهارم کل سال را در بر بگیرد"(طاهباز، ۱۳۸۶ : ۳۰). استراتژی‌های طراحی باید در برگیرنده استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، تهویه طبیعی و روش‌های کنترل غیرفعال باشد(Orosa & Baalin, 2007: 12).

از بررسی مواقع نیاز به سایه در ساعات گوناگون گرم‌ترین روز هرماه با توجه به تقویم نیاز اقلیمی چنین حاصل می‌شود که در اکثر ماه‌های سال، با توجه به دمای بالای هوا در این منطقه نیاز به سایه، به عنوان ابزاری جهت ایجاد شرایط آسایش وجود دارد؛ اما ماه‌های خرداد تا شهریور، در گرم‌ترین ساعات روز (۱۲-۱۶) نیاز به وسایل سرماساز غیر تبخیری غیر قابل اجتناب است.

پارامترهای مطالعه و دسته‌بندی نمونه‌های مطالعاتی

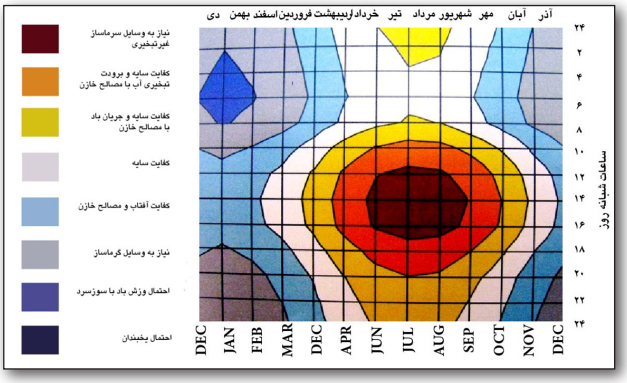
با توجه به نسبت N1 ،مقدارL/W حیاط برای همهٔ نمونه‌ها اندازه‌گیری شده و در جدول ۲ ارایه شده است :

از این بررسی چنین حاصل می‌شود که، ۷۳ درصد (۱۱ مورد) از نمونه‌های مطالعاتی دارای نسبت ۱ تا ۱,۴ میان طول و عرض است. لذا این گروه که در واقع بیشترین فراوانی را در میان نمونه‌های حیاط مسکن سنتی شهرستان دزفول داشته است، به عنوان مبنای آزمایش گزیده شد. در مرحله بعدی نسبت N_2 برای نمونه‌های منتخب اندازه‌گیری شده و در جدول ۳ ارایه شده است :

با توجه به نتایج حاصله ۳ دسته زیر تقسیم‌بندی شدند :

الف: ۱تا ۱,۱ =N_2

ب: ۱,۱ تا ۱,۲ =N_2



نمودار۳. تقویم نیاز اقلیمی شهرستان دزفول براساس معیار پن واردن و گیوونی، مأخذ : طاهباز و جلیلیان، ۱۳۸۷.

Diagram 3. Dezful climate requirement calendar based on Givoni and Pen Warden criteria. Source: Tahbaz and Jalilian, 2008.

تصویر۱. جداره‌های حیاط مرکزی نمونه گروه ج. مأخذ : آرشیو محسن تابان.

Fig.1. Central courtyard walls of Group C. Source: Mohsen Taban's archive.

جدول ۲. میزان نسبت N1 (نسبت طول به عرض) در ۱۵ نمونه مطالعاتی. مأخذ : نگارندگان.

Table 2. Amount of N1 (length to width ratio) of the 15 cases studied. Source: authors.

نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
نسبت	۱٫۱۷	۱٫۹۶	۱٫۲	۱٫۰۶	۱٫۴۸	۱٫۰۲	۱	۱٫۵	۱٫۰۴	۱٫۰۴	۱٫۲۱	۲٫۳	۱٫۲	۱٫۳۷	۱٫۰۳

جدول ۳. دسته‌بندی نمونه‌های منتخب براساس نسبت طول به ارتفاع. مأخذ : نگارندگان.

Table 3. Classification of samples based on the ratio of length to height. Source: authors.

نسبت N_2	۱٫۲-۱٫۳: گروه ج	۱ ۱-۱٫۲: گروه ب	۱-۱٫۱: گروه الف
نمونه ها	۱۱و۱۳	۱و۳	۴و۶و۷و۹و۱۵

ج: ۱,۲ تا ۱,۳= N_2

در نهایت جهت بررسی اثر تناسبات بر میزان سایه حاصله، از سه گروه الف تا ج نمونه‌هایی که دارای جهت‌گیری‌های مشابهی بودند، انتخاب و طبق آمار هواشناسی سال ۱۳۸۹ در گرم‌ترین روز هرماه از سال، سایه ایجاد شده هر ۲ ساعت بر روی سطوح حیاط مرکزی آنها، توسط نرم‌افزار کامپیوتری Townscope شبیه‌سازی شد.

تأثیر تغییر تناسبات بر میزان سایه جداره‌های حیاط

آشکار است که نقش جداره‌های حیاط، نسبت به کف آن، جهت افزایش بار حرارتی ساختمان، قابل ملاحظه‌تر است. بنابراین سایه ایجاد شده بر روی دیوارها، اثر قابل توجهی بر کاهش دمای فضاهای داخلی خواهد داشت. این اعمال اثر، عمدتاً براساس کاهش دمای هوای لایه‌های اطراف جدار و در نتیجه تبادل کمتر حرارت هوای خارج با داخل، صورت می‌گیرد (Li, 2005: 1818). جهت محاسبه میزان سایه‌ای که دیوارهای اطراف حیاط مرکزی بر روی یکدیگر ایجاد می‌کنند با توجه به دسته‌بندی صورت‌گرفته بر روی نمونه‌های موردی، از گروه الف نمونه شماره ۷ (خانه شاهرکنی) از گروه ب نمونه شماره ۱ (خانه رودبندی) و از گروه ج نمونه شماره ۱۱ (خانه میرشکر) جهت شبیه‌سازی و اندازه‌گیری میزان سایه انتخاب شدند. همهٔ این خانه‌ها دارای حیاط مرکزی با جهت‌گیری شمال‌شرق ـ جنوب‌غرب و زوایای (به ترتیب)۳۲، ۴۷ و ۲۷ درجه نسبت به راستای شمالی هستند. شرایط جوی برای همهٔ اندازه‌گیری‌ها یکسان و در گرم‌ترین روز هر ماه (هر دو ساعت یکبار) و با هوای آفتابی در نظر گرفته شده است.

بررسی آمار میانگین هواشناسی ده‌ساله دزفول، حاکی از وجود گرم‌ترین روزهای سال در مرداد ماه است. بر طبق این آمار، دمای هوای در این ماه تا ۵۲ درجه سانتیگراد نیز به ثبت رسیده است. با توجه به این داده‌ها و همچنین بررسی اطلاعات استخراج‌شده از جدول نیاز اقلیمی این شهرستان به نظر می‌رسد بیشترین شدت تابش در گرم‌ترین ساعات بعدازظهر مردادماه در این شهرستان اتفاق می‌افتد. لذا در این ساعات نیاز به ایجاد سایه بر روی جداره‌ها امری حیاتی است.

بررسی نمودارهای مربوط به انرژی خورشیدی تابش‌یافته بر سطوح قائم در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه شمالی، بیانگر بیشترین میزان تابش بر دیواره شمالی نمونه‌های گروه ب (با چرخش ۴۷ درجه نسبت به راستای شمال- جنوب) و همچنین بر دیواره‌های غربی گروه الف و ج (با چرخش ۲۷ و۳۲ درجه نسبت به راستای شمال- جنوب) و در ساعت ۱۶ است (کسمایی، ۱۳۸۴ : ۸۲). اما از آنجایی که جبهه غربی در سازمان‌دهی فضایی مسکن شهرستان سنتی دزفول، دارای کمترین کاربری است، در محاسبات، برای نمونه‌های گروه الف و ج نیز دیواره ضلع شمالی ملاک ارزیابی در نظر گرفته شده است.

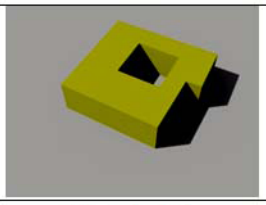
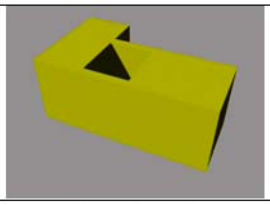
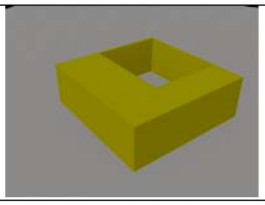
جهت جلوگیری از افزایش فاکتورهای تأثیرگذار بر میزان سایه دیواره‌ها بر روی یکدیگر، سطح آنها بدون هرگونه بازشو، شیشه، و یا تزییناتی در نظر گرفته شد. نتیجه این محاسبه فقط سایه حاصل از تناسبات جداره‌ها بر یکدیگر خواهد بود. شایان ذکر است که در معماری سنتی دزفول، شدت انرژی دریافتی بر روی جداره‌ها با راهکارهایی همچون ساخت ایوان در مقابل فضاهای زندگی، آجرکاری تزیینی بر روی سطوح، ساخت تاق‌های تزیینی و عملکردی و ...کاهش یافته است. تصویر ۱ و ۲ نمونه‌ای از این تدابیر در مسکن سنتی دزفول را نمایش داده است. تصاویر جدول ۸ میزان سایه حاصله بر روی جداره‌های شمالی نمونه‌های موردی

تصویر۲. افزایش سطح سایه‌گیری جداره‌ها در معماری سنتی دزفول با استفاده از طاق‌نماهای تزیینی. مأخذ : آرشیو محسن تابان.

Fig.2. Increasing the amount of shadow on walls of Dezful traditional houses by using decorative arcades. Source: Mohsen Taban's archive.

جدول ۴. معرفی نمونه‌های مطالعاتی منتخب از هر گروه. مأخذ : نگارندگان.

Table 4. Samples from each categories selected for the purposes of the research. Source: authors.

گروه	الف	ب	ج
حجم نمونه مطالعاتی از هرگروه			
تناسبات نمونه گروه	N_1=1-1.4 N_2=1-1.1	N_1=1-1.4 N_2=1.1-1.2	N_1=1-1.4 N_2=1.2-1.3

را در گرم‌ترین روز سال ۱۳۸۹ و ساعت ۱۶ نمایش می‌دهند. پس از شبیه‌سازی سایه در جداره‌های شمالی سه نمونه، تصاویر به دست آمده در ساعات مختلف روز با استفاده از نرم‌افزار ImageJ پردازش

تصویر۳. افزایش سطح سایه‌گیری جداره‌ها در معماری سنتی دزفول با استفاده از آجرکاری تزیینی. مأخذ : آرشیو محسن تابان..

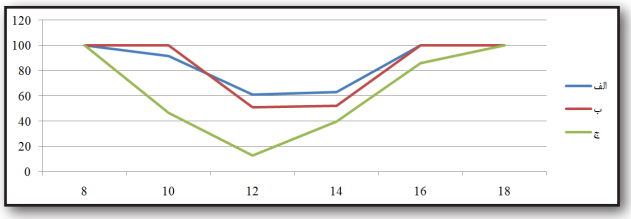
Fig.3. Increasing the amount of shadow on walls using brick work in Dezful traditional architecture. Source: Mohsen Taban's archive.

	نام نمونه	ابعاد نما (متر)	تصویر سایه	سایه (در صد)
الف	خانه شاهرکنی	۶,۳*۸,۳۳		۳۰,۴۰
ب	خانه رودبندی	۵,۵۱*۳,۴۵		۴۸
ج	خانه میرشکر	۶,۸*۱۱,۷۵		۲۴,۴

جدول ۵. بررسی میزان سایه حاصله بر روی جداره‌ها در گرم‌ترین روز سال ۱۳۸۹ و ساعت ۱۶ بعدازظهر. مأخذ : نگارندگان.

Table 5. The amount of shadow on the walls of Dezful houses at 16:00 local time of the hottest day of 2010. Source: authors.

تصویری شده و میزان سایه حاصله محاسبه شده است. نمودار ۴ میزان سایه هر کدام از نمونه‌ها را به صورت درصد و در کل ساعات آفتابی روز نمایش می‌دهد. نتیجه بررسی نمودار ذیل بیان می‌کند که : تناسبات خانه‌های گروه مطالعاتی "ب " بیشترین میزان سایه را بر روی جداره شمالی ایجاد می‌کنند.



نمودار۴. میزان سایه حاصله بر روی جداره‌ها در گرم‌ترین روز سال ۱۳۸۹ در ساعات مختلف روز. مأخذ : نگارندگان.

Diagram 4. The amount of shadow on the walls of Dezful houses in different hours of the hottest day of 2010. Source: authors.

تأثیر تغییر تناسبات بر میزان سایه حاصله بر سطح کف حیاط

با توجه به میزان پارامترهای N_1 و N_2، میزان سایه دریافتی کف برای هر سه نمونه مطالعاتی در کل ساعات آفتابی روز و به صورت هر ۲ ساعت یکبار شبیه‌سازی و سپس اندازه‌گیری شد. جداول ۸،۷،۶ میزان تغییرات سایه دریافتی ساعت ۱۲ ظهر بر روی کف حیاط مرکزی نمونه‌های مطالعاتی را نمایش می‌دهد.

محاسبه میزان سایه ایجادشده بر روی کف حیاط در نمونه‌های مطالعاتی

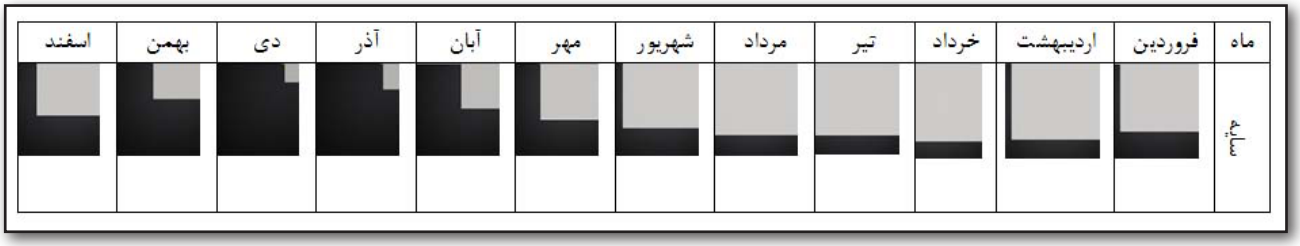
پس از شبیه‌سازی سایه در ساعات مختلف روز، تصاویر با استفاده از نرم‌افزار پردازش تصویری تحلیل شده و میزان سایه ایجاد شده بر روی کف حیاط هر گروه اندازه‌گیری شد. جهت بررسی و تحلیل نتایج تمامی اعداد حاصله در جداولی قرار داده شد و در فصول مختلف سال،برای هر گروه، ابتدا به صورت جداگانه و سپس با گروه‌های دیگر مورد ارزیابی قرار گرفت. نمودار ۵ نمونه‌ای از مقایسه صورت پذیرفته درصد سایه هر سه گروه، مربوط به گرم‌ترین روز و ساعت هر ماه را نمایش می‌دهد.

یافته‌های پژوهش

از آنجا که میزان نیاز به سایه در ساعات گوناگون شبانه روز متفاوت است، درصد سایه حاصله از هر نمونه مطالعاتی با جدول نیاز اقلیمی مقایسه شد و مناسب‌بودن آن از لحاظ تأمین سایه مورد نیاز سنجیده شد. از سویی با توجه به میانگین آمار ده ساله دمای هوا در دزفول، بیشترین درجه حرارت در طی ماه‌های خرداد، تیر و مرداد و طی ساعات ۱۲ الی ۱۶، ثبت شده است. لذا بیشترین نیاز به سایه در این فصول احساس می‌شود. نتایج حاصل از بررسی‌ها بیان می‌کند که ،خانه‌های گروه " ب" در فصول گرم سال، حداکثر میزان سایه در سطح کف حیاط ایجاد می‌کنند. جداره‌های حیاط نیز در نمونه‌های گروه "ب" بیشترین سایه را ایجاد می‌کنند. نتیجه یافته‌ها با تحقیق مشابهی که جهت تعیین تأثیر درجه محصوریت حیاط بر میزان تابش بر روی سطوح مختلف حیاط در تحقیقی مشابه صورت گرفته هم‌خوانی دارد (Peckam, 1990). نتیجه این تحقیق در نمودار ۶ ارایه شده است. با توجه به مجموعه اطلاعات حاصل‌شده، چنین نتیجه می‌شود گرفت که : با ثابت فرض کردن نسبت میان طول و

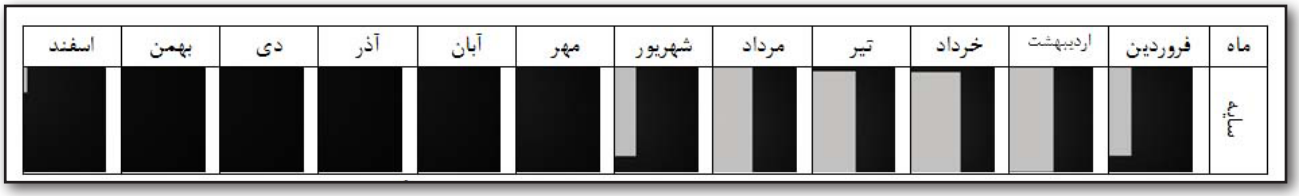
جدول ۶ . سایه روی کف حیاط مرکزی نمونه گروه الف ساعت ۱۲ ظهر. مأخذ : نگارندگان.

Table 6. The amount of shadow on the courtyard floor of Group A at 12 pm. Source: authors.



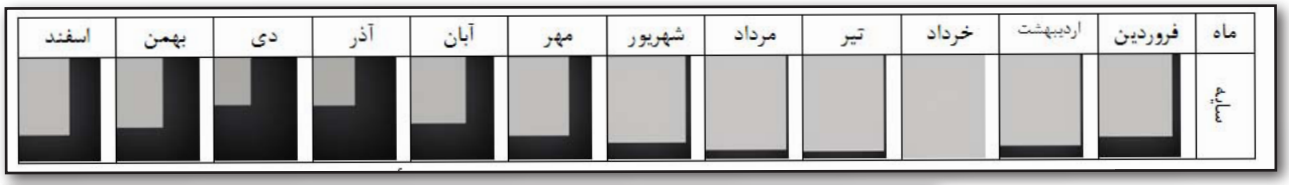
جدول ۷ . سایه روی کف حیاط مرکزی نمونه گروه ب ساعت ۱۲ ظهر. مأخذ : نگارندگان.

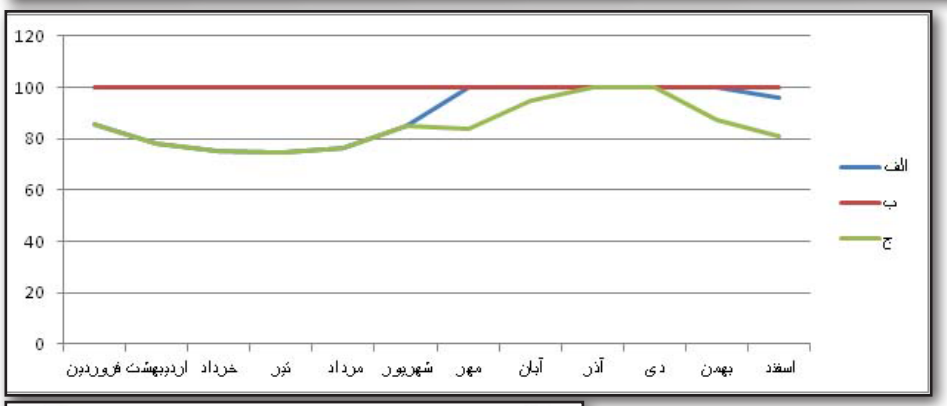
Table 7. The amount of shadow on the courtyard floor of Group B at 12 pm. Source: authors.



جدول ۸ . سایه روی کف حیاط مرکزی نمونه گروه ج ساعت ۱۲ ظهر مأخذ : نگارندگان.

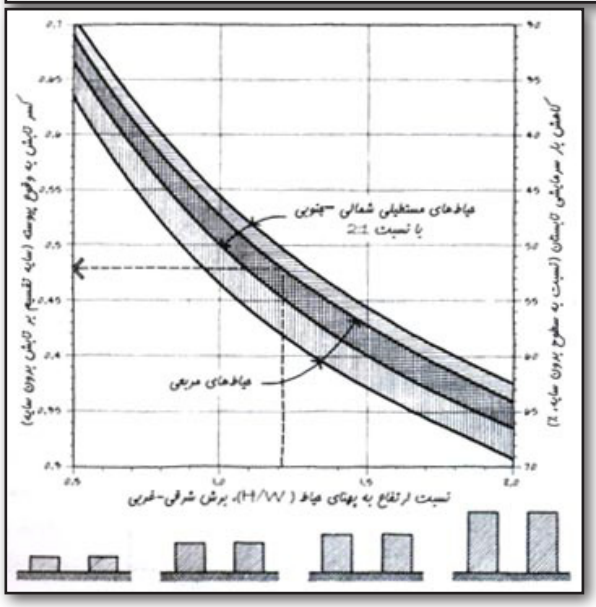
Table 8. The amount of shadow on the courtyard floor of Group C at 12 pm. Source: authors.





نمودار ۵. بررسی میزان سایه حاصله بر روی کف حیاط نمونه‌ها در گرم‌ترین ساعت هرماه در سال ۱۳۸۹. مأخذ : نگارندگان.

Diagram 5. The total amount of shadow on the floors on the hottest hours of each month in 2010. Source: authors.



نمودار ۶. تابش خورشیدی به صورت تابعی از تناسب حیاط (H/W). مأخذ : نگارندگان.

Diagram 6. Solar radiation as a function of the yard proportion (H/W).
Source: authors.

عرض حیاط، چنانچه نسبت ارتفاع به طول از بازه ۱-۱/۱ به ۱/۱-۱/۲ تغییر یابد، در میزان سایه دریافتی، تفاوت چشمگیری حاصل می‌شود. اما در صورتی که این اختلاف به مرز۱/۲-۱/۳ برسد، سایه دریافتی نه تنها افزایش نخواهد یافت، بلکه در برخی فصول سطح کمتری از حیاط را خواهد پوشاند که این تغییرات با توجه به شدت تابش در این شهر، تأثیر قابل توجهی بر میزان آسایش در فضای حیاط خواهد داشت.

نتیجه‌گیری

میزان سایه ایجادشده در حیاط به عوامل مختلفی چون موقعیت ساختمان، شرایط اقلیمی، شرایط زمانی (موقعیت فصول) ابعاد و اندازه‌های حیاط مرکزی و فرم آن بستگی دارد. سایه حاصله بر روی کف و جداره‌های ساختمان‌های دارای حیاط مرکزی در اقلیم‌های گرم، اثر قابل توجهی بر کاهش بار سرمایشی ساختمان در فصل گرم دارد. در صورتی که نسبت طول به عرض و همچنین ارتفاع یک ساختمان به درستی تعیین شود، ایجاد سایه بهینه بر روی کف و جداره‌های ساختمان، دمای دیواره و لایه‌های هوای اطراف آن را کاسته و به دلیل ایجاد کوران و تهویه طبیعی، سبب کاهش دمای هوا در حیاط و در نتیجه بهبود شرایط حرارتی در فضاهای اطراف می‌شود.

در مطالعه حاضر، از تحلیل و بررسی نمونه‌های مطالعاتی، چنین حاصل شد که اولاً در مسکن سنتی دزفول حیاط‌های مرکزی با فرم مربع بیشترین فراوانی را دارند. این مسئله سبب کاهش نسبت سطح به حجم بنا می‌شود که خود از عوامل عدم انتقال حرارت به محیط‌های داخلی است. ثانیاً از میان نمونه‌های مسکن سنتی شهرستان دزفول، بناهایی که حیاط آنها، دارای نسبت ۱تا ۱,۴ میان طول و عرض (حیاط با فرم مربعی شکل) و همچنین نسبت طول به ارتفاع ۱,۱ تا ۱,۲ (عمق متوسط) است، بهترین سایه را در بین نمونه‌های موجود ارایه می‌کنند که اگرچه سایه آنها بر روی کف در برخی فصول سرد سال نیز نامناسب است اما از آنجا که تعداد روزها و درجه سردی هوا در این منطقه کم است، می‌توان از آن موارد چشم‌پوشی کرد. در صورتی که میزان ارتفاع نمونه‌های موجود، تغییر کند و یا عناصر کمکی (رواق، تزیینات، سایبان و ...) به صورت محاسبه‌شده در روی جداره‌ها ایجاد خواهد شد، امکان اصلاح الگوی سایه و ارایه سایه بهینه بر روی کف و جداره‌ها خواهد بود. امروزه با افزایش توجهات جهانی به کاهش فشار محیط مصنوع بر محیط طبیعی و استفاده از روش‌های طراحی غیرفعال در تأمین نیاز سرمایش و گرمایش ساختمان در جهت کاهش مصرف انرژی، توجه به الگوهای طراحی بومی کشورمان ضروری به نظر می‌رسد. شناخت این الگوها و ایجاد زمینه احیای مجدد آنها در ساخت و سازهای نوین در شهرهای کشورمان (چه در ساختمان‌های کم‌تراکم و چه در ساختمان‌های با تراکم بالا)، راهکاری مؤثر در جهت نیل به اهداف توسعه پایدار از طریق کاهش فشار بر منابع انرژی کشور خواهد بود.

پی‌نوشت‌ها

۱. جهت انجام مطالعات بیشتر به تحقیقات زیر رجوع شود :
Haldi, F. and D. Robinson, 2009; Hoes, et al, 2009; Inkarojrit, 2005; Li DHW, 2005; Reinhart, Voss, 2003; Rubin, A. I., B. L. Collins and R. L. Tibbott, 1978; William, 2010.

۲. Summer Climatic Severity

فهرست منابع

• رازجویان، محمود.۱۳۶۷. *آسایش در پناه معماری همساز با اقلیم*. تهران : دانشگاه شهید بهشتی.
• رحیمیه، فرنگیس و ربوبی، غلامرضا. ۱۳۵۳. پایان‌نامه کارشناسی ارشد معماری. دانشگاه تهران : دانشکده هنرهای زیبا.
• طاهباز، منصوره.۱۳۸۶. طراحی سایه در فضای باز. *نشریه هنرهای زیبا*، (۳۱) : ۲۷-۳۸. تهران : دانشگاه تهران.
• طاهباز، منصوره، شهربانو جلیلیان. ۱۳۸۷. *اصول طراحی معماری همساز با اقلیم در ایران با رویکرد به معماری مسجد*. تهران : دانشگاه شهید بهشتی.
• قیابکلو، زهرا.۱۳۸۲. الگوی حرکت سایه و طراحی سایت. نشریه هنرهای زیبا، (۱۵) :۶۸-۵۸.
• وزارت راه و شهرسازی، سازمان هواشناسی کشور. ۱۳۸۹. *آمار اقلیمی دزفول*. دزفول : اداره کل هواشناسی استان خوزستان اداره هواشناسی صفی آباد دزفول.

Reference list

• Ahmed, Shabbir. (1994). A Comparative Analysis of the Outdoor Thermal Environment of the Urban Vernacular and the Contemporary Development : case study in Dhaka. *PLEA conference*. Available from: http://www.plea2013.de/wp-content/uploads/2012/12/PLEA2013_Programme_mailversion.pdf.

• Tzempelikos, A. & Athienitis, A.K. (2007). The impact of shading design and control on building cooling & lighting demand. *Solar Energy*, 81 (3): 369-382.

• Porta-Gándara, M.A., et al. (2002). Effect of passive techniques on interior temperature in small houses in the dry, hot climate of northwestern Mexico. *Renewable Energy* ,(26):121–135.

• Ghiabakloo, Z. (2003). Olgoo- ye harkat- e saye va tarrahi- ye site [Shadow Movement Pattern and Site] Design. *Honarhaye Ziba Journal*, (15): 58-68.

• Haldi, F., Robinson, D. (2009). A comprehensive stochastic model of blind usage: theory and validation. *Conference proceedings of the Eleventh International IBPSA*, July 27-30, Held in Glasgow, Scotland. Available from: http://infoscience.epfl.ch/record/148719/files/dr.a.compreh.stoch.Windows%20BS09_0545_552.pdf?version=1.

• Hoes, P., et al. (2009). User behavior in whole building simulation. *Energy and Buildings,* 41(3): 295-302.

• Inkarojrit, V. (2005). *Balancing comfort: Occupants' control of window blinds in private offices*. Citeseer. Available from: http://www.cbe.berkeley.edu/research/pdf_files/Inkarojrit2005_dissertation.pdf.

• Orosa, J.A., Baalin, A. (2008). Passive climate control in Spanish office buildings for long periods of time. *Building and Environment,* (43). available from: http://www.deepdyve.com/lp/elsevier/passive-climate-control-in-spanish-office-buildings-for-long-periods-h0YG6ijY92?&signup-confirm=freemium.

• Lee, E. S., DiBartolomeo, D. L. & Selkowitz, S. E. (1998). Thermal and daylighting performance of an automated venetian blind and lighting system in a full-scale private office. *Energy & Buildings,* 29(1): 47-63.

• Li, D. H. W., Lam, J. C. & Wong, S. L. (2005). Daylighting and its effects on peak-load determination. *Energy*, 30(10): 1817-1831.

• Muhaisen, A. & Gadi, M. (2006). Effect of courtyard proportions on solar heat gain and energy requirement in the temperate climate of Rome. *Building and Environent*, (41): 245–253.

• Pekham, R.J.(1990). *SADOWPACK*. Luxemburg: Commission of the European Communities.

• Rahimiah, F. & Robobi, G. (1973). *Recognition of Iranian Vernacular City and Housing in Hot and Semi Humid Climate, Dezful-Shushtar*. Ma Thesis. Tehran: University of Tehran.

• Razjoyan, M. (1988). *Seek Comfort by Climate Responsive Architecture* .Tehran: Shahid Beheshti University.

• Reinhart, C. F. & Voss, K. (2003). Monitoring manual control of electric lighting and blinds. *Lighting research & technology,* 35(3): 243-260.

• Rubin, A. I., Collins, B. L. & Tibbott, R. L. (1978).Window blinds as a potential energy saver-a case study. *NBS Building Science Series,* 112. Available from: http://www.fsec.ucf.edu/en/Publications/html/FSEC-PF-310-96/index.htm.

• Steele, J. (1998). *Rethinking Modernism for the Developing World: The Complete Architecture of Balkerishna Doshi*. New York: Whitney library of Design.

• Tahbaz, M. & Jalilian, S. (2008). *Climatic Architectural Design Principles Emphasizing Mosque Architecture*. Tehran: Shahid Beheshti University.

• Tahbaz, M. (2007). Tarrahi dar faza- ye baz [Shade Design in Open Space]. *Journal of Honarhaye Ziba*, (13): 27-38.

• Tzempelikos, A., Athienitis, A. K. (2007). The impact of shading design and control on building cooling & lighting demand. *Solar Energy*, 81 (3): 369-382.

• O'Brien1, W., et al. (2010). Methodology for quantifying the performance implications of Intelligent shade control in existing buildings in an urban context. *Fourth National Conference Of Ibpsa-Usa*. August 11 – 13, 2010. New York City, New York.

•Yaglou, CP. (1972). The comfort zone for man. *Journal of Industrial Hygiene*, (9):251.

Determining Optimal Courtyard Pattern in Dezful Traditional Houses By Relying on Shadow Analysis

Mohsen Taban*
Mohamad Reza Pourjafar**
Mohamad Reza Bemanian***
Shahin Heidari****

Abstract

Courtyard form is a very ancient element of a building structure in Iran and has been in place in Iranian houses for ages. A look at the plan of old houses in Iran as well as other countries in the region show that the structure of buildings are formed around the yard with several strategies. Solar radiation entering the courtyard space is received by different surfaces and will affect the thermal conditions of the buildings. The amount of received radiation generally depends on several factors including climatic conditions, location, orientation, the surrounding environment, proportion, the time during the year and the form of the courtyard. The absorbed solar radiation will increase the surface temperatures and consequently the temperature of the adjacent zones will be affected. This effect on thermal conditions in the courtyard space is reflected on the thermal behavior of the surrounding spaces. Therefore, it is necessary to ensure an optimum amount of shadow and irradiation in the courtyard space for an efficient courtyard performance through the year. It is evident that this can be achieved through properly configuring and proportioning the courtyard's form and surfaces.

Using an improper pattern not only will cause poor courtyard performance but will also increase the cooling and heating loads of the building because of the existence of too much shadow when solar radiation is needed or receiving plenty of irradiation when it is not desirable. The courtyard building is suitable for use and enjoyable if special arrangements are made in the design of the building. This includes the internal envelope's finishing and materials, as well as the proportions of the physical parameters of the courtyard form, which are the most important element and the focus of the present study. Dezful is one of the cities of Khuzestan province in southwestern Iran which is located on latitude 32° 22' north and 48° 24' east. This city has severe summer climate conditions and on some days the temperature reaches 52 degree centigrade. In traditional buildings of Dezful, different passive design strategies have been used to control climate conditions and obtain thermal comfort inside the building.

One of these strategies is creating a micro climate condition by using courtyards as a design pattern. For the present study, 15 cases of the courtyards in traditional buildings of Dezful have been selected. Generally, when more solar radiation is received in building, solar heat gain would be greater.

Since solar radiation is the only thermal factor considered in this study, cooling loads for building is referred to the variation in the obtained solar radiation. Two different indices have been used to classify cases. These indices have been introduced as N1 (ratio of width to length of the courtyard) which defines elongation of form and N2 (ratio of length to height of courtyard) which shows the depth of form. From each classification, one case is selected and used for this study. The investigated cases have been modeled using three-dimensional simulation by Townscope software. An image processing is used to calculate the amount of shadows in different proportions on courtyard surface levels by Imagej software. The amounts of shadows have been measured in different months of the year on vertical and horizontal surfaces. Generally, in summer, the solar radiation received by horizontal surfaces is more than that obtained when the surface is vertical. Therefore, shadows on vertical and horizontal surfaces ave been measured separately. The total amount of shadows of each sample has been compared in the research with the climate requirement table of Dezful and the best sample regarding the needed periods for irradiation and shadow have been introduced. The optimum ratios of a courtyard building are defined as that which ensures minimum energy requirement throughout the year to achieve comfort in the building. Results show that courtyards with length to width ratio of 1 to 1.4 (near to square form) and height to length ratio of 1.1 to 1.2 had the most proper shade on different courtyard surfaces. Results also showed that for the purpose of reducing the cooling load in summer, deep and square shape courtyard forms were the most preferable. The self-shading of the courtyard building acts to reduce the need for cooling by an average of about 4%. By using this proportion, the amount of shadow on the courtyard will be optimized. This will accordingly result in reducing the temperature of the walls – what would help the cooling load in summer and also maintain warmth in winter. Courtyards with suggested proportion in buildings make great advantages for thermal condition of building. However, it must be mentioned that this passive strategy is not enough for achieving thermal comfort in building. Rather, a series of other strategies must be used to create more favorable thermal condition. They include thermal mass, proper insulation, good orientation and ventilation.

Keywords

Dezful Historical Context, Central Courtyard, Shadow Analysis, Proportion, Solar Radiation.

*. Ph. D Candidate, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran. mhsntaban@yahoo.com
**. Ph. D in Urbanism, Professor, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran. pourja_m@modares.ac.ir
***. Ph. D in Architecture, Professor, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran. bemanian@modares.ac.ir
****. Ph. D in Architecture, Associate Professor, University of Tehran, Tehran. shheidary@ut.ac.ir