

بررسی عملکرد سایه‌اندازی شناشیرها و اصلاح آن به روش نقاب سایه در بوشهر

امین محمدی*

مربی و عضو هیأت علمی دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۵/۱۵، تاریخ پذیرش نهائی: ۹۱/۶/۲۹)

چکیده

ایجاد تراس‌های چوبی یا شناشیرها از جمله تدابیری است که برای سایه‌اندازی بر روی بازشوهای غربی ساختمانها در بافت قدیمی شهر بوشهر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این سایه‌بانها علاوه بر نقش سایه‌اندازی، از جمله آرایه‌های معماری سنتی بوشهر نیز بحساب می‌آیند اما عملکرد سایه‌اندازی آنها در بعدازظهرها، از اردیبهشت تا آبان ماه، ناقص بوده و نمی‌توانند سایه مناسب را برای بازشوهای غربی فراهم نمایند. این مقاله با هدف اصلاح و بهبود عملکرد سایه‌اندازی شناشیرهای ضلع غربی و با تکیه بر تحقیقات میدانی و شبیه‌سازی رایانه‌ای و داده‌های یک ساعته مربوط به تابش خورشید در طول سال نگاشته شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که عملکرد شناشیرهای اصلاح شده به روش نقاب سایه الگی، به طرز چشم‌گیری بهبود یافته و استفاده از آنها را در معماری و سیمای شهری معاصر بوشهر امکان‌پذیر می‌سازد.

کلید واژه‌ها: سایه‌اندازی شناشیرها، بازشوهای غربی، روش نقاب سایه، معماری بومی بوشهر.

مقدمه

برای تهویه طبیعی استفاده نمایند. با توجه به تابش نامناسب آفتاب در ضلع غربی، برای محافظت بازشوها از تابش نامطلوب این جبهه، از تراس‌های چوبی یا شناسیر استفاده گردیده که ضمن محافظت بازشوها از تابش مستقیم، با توجه به ارتفاع ساختمان، فضایی مناسب برای تماشای مناظر زیبای رو به دریا فراهم می‌آورد.



شکل ۲. شناسیرهای چوبی در نمای غربی یک ساختمان در بوشهر (مآخذ: نگارنده)

بهینه گردد. این مقاله با هدف اصلاح عملکرد سایه‌اندازی شناسیرها در ضلع غربی ساختمان‌های بافت قدیمی بوشهر، با استفاده از روش نقاب سایه و شبیه‌سازی رایانه‌ای، عملکرد سایه‌اندازی آنها را با کمترین میزان دخل و تصرف و با حفظ فرم ظاهری، اصلاح نموده و میزان تابش دریافتی بازشوها در این جبهه را به حداقل ممکن کاهش داده است.

تابش دریافتی بازشوهای غربی با وجود سایه‌اندازی شناسیرها

جدول ۱ بطور متوسط نشان دهنده ساعاتی از بعدالظهرها در طول سال است که پنجره‌های غربی با وجود شناسیرها در معرض تابش مستقیم آفتاب قرار می‌گیرند.

در بافت قدیمی شهر بوشهر، برای استفاده از کوران طبیعی هوا و استفاده از مناظر زیبای رو به دریا، در طبقه فوقانی ضلع غربی ساختمانهای حیاط مرکزی حاشیه ساحل، بازشوهایی احداث شده است. بر طبق آمار سالنامه هواشناسی کشور^۱، باد غالب در بوشهر از جبهه شمال و شمال غربی می‌وزد و جهت‌گیری این ساختمانها (بطور متوسط ۲۲ درجه چرخش به سمت جنوب شرقی) به گونه‌ای است که بتوانند از این باد



شکل ۱. قسمتی از بافت قدیمی شهر بوشهر (مآخذ: google earth)

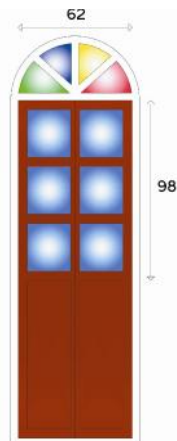
تاکنون چنین تصور می‌شد که این تراس‌های چوبی می‌توانند پنجره‌های غربی طبقه فوقانی را بطور کامل از تابش نامطلوب محافظت نمایند اما تحقیقات میدانی بر روی اجزاء تشکیل دهنده آن و شبیه‌سازی رایانه‌ای عملکرد این تراسها به لحاظ سایه‌اندازی و دریافت میزان تابش با توجه به مسیر حرکت خورشید در جبهه غرب در طول سال، نشان می‌دهد که نمی‌توانند محافظت کاملی از بازشوها به عمل آورند به گونه‌ای که در بعدازظهر ماه‌های گرم سال، این بازشوها در معرض تابش مستقیم آفتاب قرار دارند.

ضرورت محافظت کامل پنجره‌های غربی یک ساختمان در بوشهر ایجاب می‌نماید تا عملکرد شناسیرها به عنوان یکی از اجزاء اصلی سایه‌اندازی،

جدول ۱. بازه زمانی تابش مستقیم آفتاب بر روی پنجره‌های غربی در طول سال (استخراج: نرم افزار Ecotect)

Jan. دی	Feb. بهمن	Mar اسفند	Apr. فروردین	May اردیبهشت	Jun. خرداد	Jul. تیر	Aug. مرداد	Sep. شهریور	Oct. هر	Nov. آبان	Dec آذر	ماه‌های سال
14:30 - 17:15	14:45 - 17:45	15- 18	15- 18:30	15:15- 18:45	15:30 - 19	15:30 - 19:15	15:30 - 19	15:15 - 18:30	14:45 - 18	14:30 - 17:30	14: 15- 17: 15	ساعات شبانه روز

این نکته که شناشیر یا سایه بان جلوی باز شو دارای سه لبه افقی می‌باشد (لبه روبرو به موازات پنجره و لبه چپ و راست بر پنجره عمودند) برای بدست آوردن نقاب سایه لبه روبرویی سایه بان پنجره باید صفحه افق دید ناظر تا لبه پایینی باز شو پایین بیاید و در این حالت از پشت پنجره به لبه روبرویی سایه بان نگاه کرد. زاویه میان صفحه افق دید ناظر با خط واصل چشم ناظر و لبه روبرویی سایه بان را به نمودار مسیر حرکت خورشید بوشهر منتقل می‌کنیم تا نقاب سایه لبه‌ای از سایه بان که به موازات پنجره است بدست آید. برای بدست آوردن نقاب سایه دو لبه دیگر سایه بان یا شناشیر نیز به همین ترتیب عمل می‌نماییم. در شکل ۵، نقاب سایه یکی از پنجره‌ها به همراه شناشیر جلوی آن توسط نرم افزار Ecotect بر روی نمودار مسیر حرکت خورشید در بوشهر محاسبه و ترسیم گردیده است.



شکل ۴. نمایی از یک بازشوی چوبی در ظل غربی یک ساختمان (مآخذ: نگارنده)

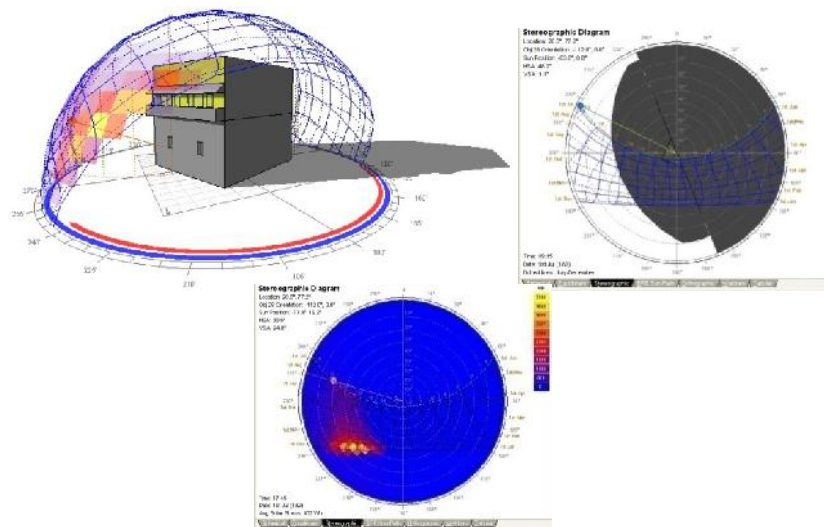
بازشوهای طبقه فوقانی ضلع غربی ساختمانها در بافت قدیمی بوشهر عمدتاً بشکل درهای دولنگه چوبی به ارتفاع متوسط ۲/۲۰ می‌باشد. شکل‌های ۳ و ۴، بیانگر وضع موجود این پنجره‌ها است. برای سادگی عملیات محاسبه میزان تابش دریافتی برای قسمت شفاف این درها در طول سال، فقط بخش فوقانی آنها به ارتفاع ۹۸ سانتی متر و عرض ۶۲ سانتی متر بوسیله نرم افزار Ecotect شبیه‌سازی گردیده است تا میزان تابش دریافتی قسمت شفاف این بازشوها در طول سال محاسبه گردد و از بخش چوبی تحتانی در محاسبات مربوط به تابش دریافتی صرف نظر گردیده است. روش ترسیم نقاب سایه حقیقی بازشوی مورد نظر و سایه بان آن بطور کلی به این صورت است که در ابتدا باید در پشت بازشوی مورد نظر در فضای داخلی قرار گرفت. با در نظر گرفتن



شکل ۳. نمای غربی یک ساختمان به همراه شناشیرها در حاشیه ساحل - وضعیت موجود (مآخذ: نگارنده)

بر متر مربع با وجود سایه‌اندازی شناشیرها دریافت خواهد کرد. باید توجه داشت که اگر چه سهم روزانه دریافت تابش برای هر پنجره در طول ماه‌های گرم سال بسیار ناچیز می‌باشد (تقریباً ۱۰ دقیقه)، ولی همانطور که ذکر گردید، ضرورت محافظت کامل پنجره‌های غربی یک ساختمان در بوشهر ایجاب می‌کند تا همین میزان تابش دریافتی نیز به صفر تقلیل یابد.

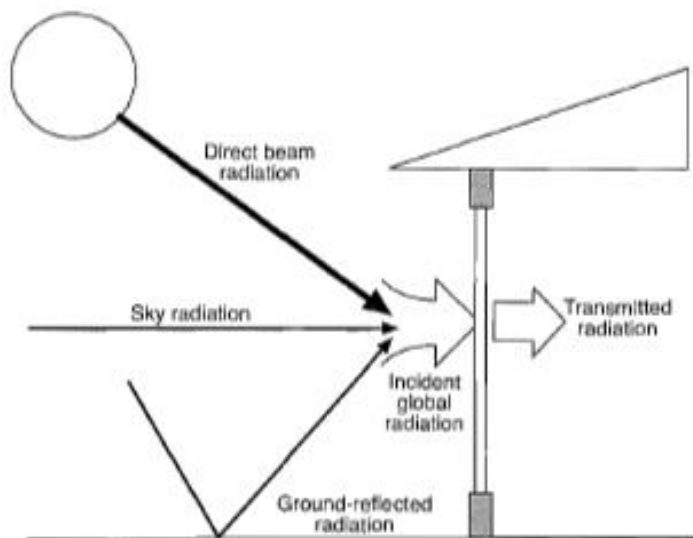
سالنامه هواشناسی استان بوشهر^۲ نشان می‌دهد که احساس غالب در خارج ساختمان در بوشهر، از آذر ماه تا فروردین ماه، مطبوع بوده و از اردیبهشت ماه تا آبان ماه بصورت داغ و بسیار داغ گزارش گردیده است. با توجه به این آمار و جدول ۱، تعداد ساعاتی که یک پنجره غربی مطابق شکل ۳ در بعدالظهر که ماههای گرم سال (از اردیبهشت تا آبان) در معرض تابش مستقیم قرار می‌گیرد برابر با ۲۳ ساعت و ۱۵ دقیقه خواهد بود و تابشی معادل ۳۸۶۰۱ وات ساعت



شکل ۵. نقاب سایه یک پنجره غربی و مسیر حرکت خورشید در طول سال در بوشهر (استخراج و ترسیم: نرم افزار Ecotect)

غربی را می‌توان با استفاده از داده‌های ساعتی و معادله (۱) محاسبه نمود (Marion and Wilcox, 1995, p.254):

تابش دریافتی از خورشید I برای یک پنجره افقی یا عمودی در جهت‌های جنوبی، شمالی، شرقی و



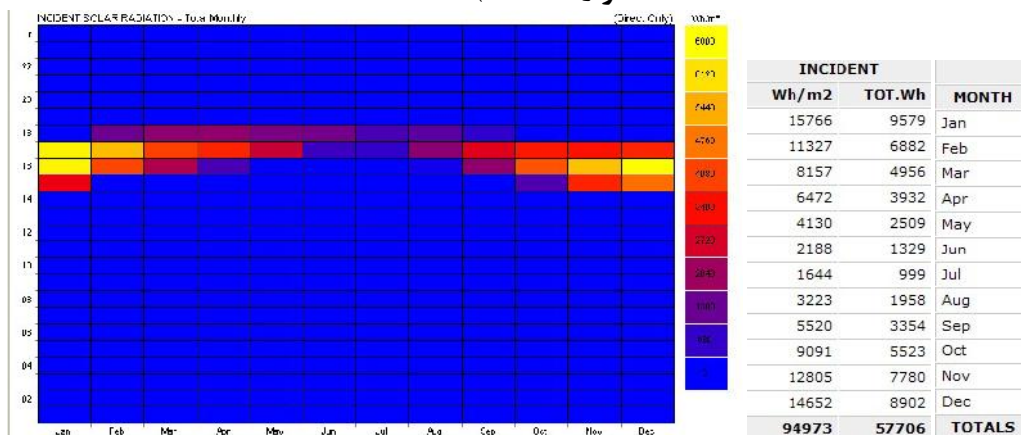
$$(1) I = I_b \cos(\theta) + I_s + I_r$$

شکل ۶. تابش دریافتی از خورشید شامل اشعه مستقیم، اشعه پراکنده از آسمان و اشعه بازتابیده شده از زمین (منبع: Solar Radiation Data Manual For Buildings)

انجام شده بوسیله نرم افزار Ecotect^۳ صورت گرفته و نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. در محاسبات انجام شده توسط نرم افزار برای سهولت محاسبات، تنها تأثیر پرتو تابشی مستقیم لحاظ گردیده است.

که در آن I_b پرتو تابشی مستقیم بر حسب w/m^2 ، زاویه بین خط عمود بر سطح و پرتو تابش، I_s اشعه پراکنده از آسمان و I_r اشعه بازتابیده شده از زمین مقابل سطح بر حسب w/m^2 می‌باشد. استفاده از فرمول (۱) برای محاسبه میزان تابش دریافتی مستقیم توسط یک بازشو در هر یک ساعت در طول سال بسیار طولانی و زمان‌گیر می‌باشد و ذکر آن تنها در راستای آشنایی با نحوه محاسبات می‌باشد و محاسبات

جدول ۲. میزان تابش دریافتی یک پنجره غربی با وجود شناشیر در طول سال در بوشهر (استخراج و ترسیم: نرم افزار Ecotect)

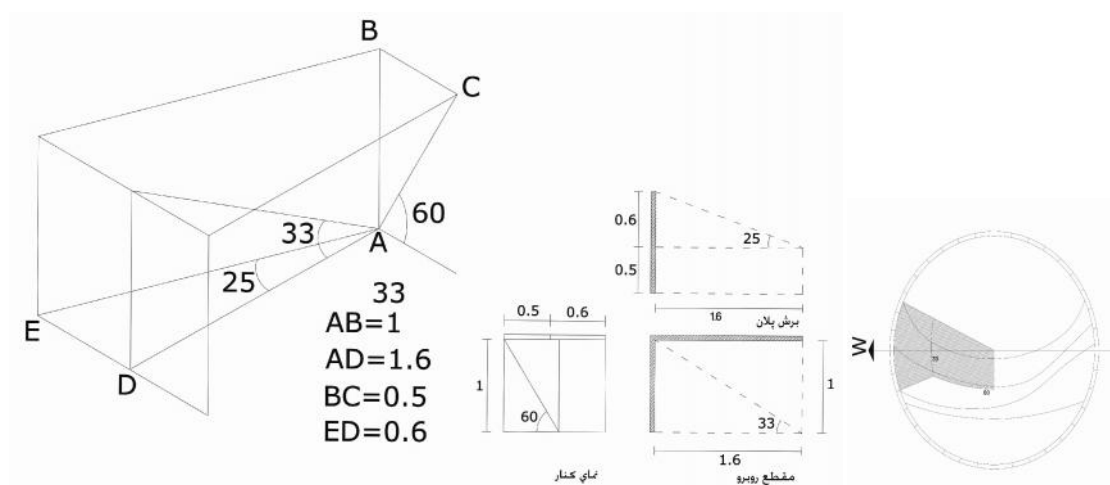


اصلاح عملکرد سایه‌اندازی شناشیرها

واقعی سایه بان افقی و ارتفاع و عرض واقعی
 سایه بان قائم محاسبه می گردد:
 « الف) سایه بان افقی واقعی
 عمق سایه بان افقی الگو × ارتفاع پنجره واقعی =
 عمق واقعی
 عرض پنجره واقعی + (عرض سایه بان افقی الگو ×
 ارتفاع پنجره واقعی) = عرض واقعی
 ب) سایه بان قائم واقعی
 ارتفاع سایه بان قائم الگو × ارتفاع پنجره واقعی =
 ارتفاع واقعی
 عرض پنجره واقعی + (عرض سایه بان قائم الگو ×
 ارتفاع پنجره واقعی) = عرض واقعی
 (رازجویان، محمود، ۱۳۶۷، ۲۲۳)

برای اصلاح عملکرد سایه اندازی شناشیرها از روش نقاب سایه الگی^۴ استفاده می کنیم به این ترتیب که با استفاده از تقویم نیاز سایه و آفتاب منطبق بر نمودار مسیر حرکت خورشید در بوشهر، نقاب سایه مناسب برای ظل غربی را طراحی نموده و سایه بان الگو متناسب با آنرا استخراج مینماییم.^۵ سپس با استفاده از این سایه بان الگو، سایه بان واقعی را ابتدا برای یک پنجره و سپس برای ردیفی از پنجره ها استحصال می نمایم.

رازجویان برای بدست آوردن ابعاد واقعی سایه بانها متناسب با ابعاد واقعی پنجره، روابط زیر را پیشنهاد نموده است که در آنها عمق و عرض



شکل ۷. نقاب سایه و سایه بان الگو برای ضلع غربی ساختمان در بوشهر (استخراج و ترسیم: نگارنده)

واقعی برای پنجره ای به ارتفاع ۹۸ سانتی متر و عرض ۶۲ سانتی متر به شرح جدول ۳ خواهد بود:

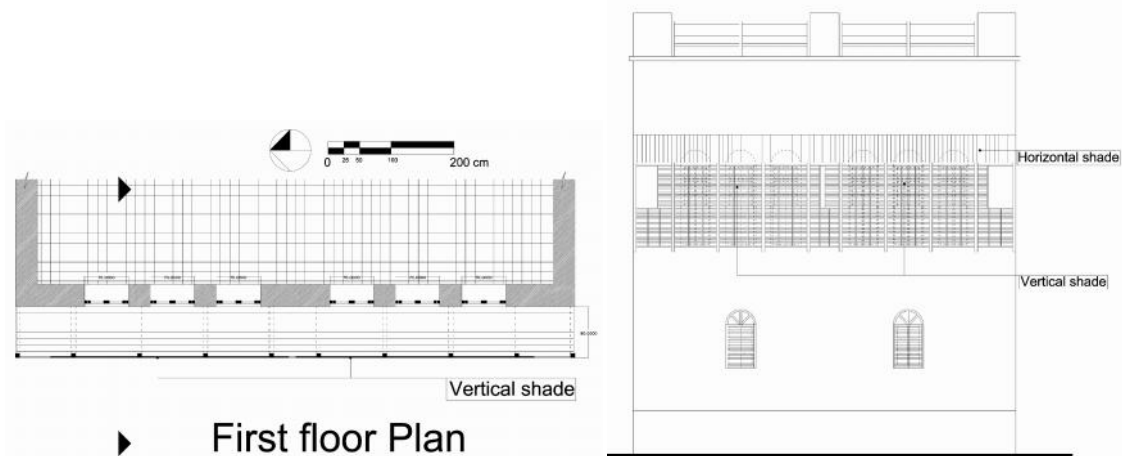
با توجه به ابعاد سایه بان الگو برای یک پنجره غربی در بوشهر در شکل ۷، ابعاد یک سایه بان

جدول ۳. ابعاد سایه بان های واقعی برای پنجره ای با طول ۶۲ و ارتفاع ۹۸ سانتی متر در بوشهر

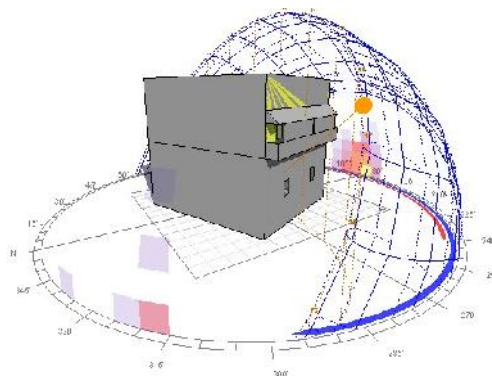
سایه بان عمودی		سایه بان افقی		جهت
ارتفاع (متر)	عرض (متر)	عرض (متر)	عمق (متر)	
0/98	1/69	1/11 و 1/69	1/56	غربی

شناشیرها و با توجه به کارایی بیشتر سایه‌بان‌های قائم نسبت به سایه‌بان‌های افقی در ضلع غربی، می‌توان عمق ۸۰ سانتی‌متری موجود شناشیرها را حفظ نمود و تغییری در شکل و ابعاد بخش شیب‌دار شناشیرها با کارایی سایه‌بان افقی ایجاد نکرد و بخش اعظم سایه مورد نیاز و مؤثر را با استفاده از سایه‌بان‌های قائم ایجاد نمود. به این ترتیب، وضعیت پیشنهادی سایه‌بان‌های برای ردیف پنجره‌ها با توجه به همپوشانی سایه‌بان‌های قائم مجاور یکدیگر مطابق شکل ۸ خواهد بود:

باید توجه داشت که شکل ظاهری شناشیرها به عنوان یکی از آرایه‌های معماری بومی بوشهر شناخته شده و اصلاح عملکرد آنها به لحاظ سایه‌اندازی باید با رعایت اصل حفظ هویت بومی و کمترین میزان دخل و تصرف در فرم آنها صورت گیرد. با توجه به اندازه بدست آمده برای عمق سایه‌بان افقی واقعی، عمق شناشیرها نیز تغییر خواهد نمود و از ۸۰ سانتی متر به ۱/۵۶ خواهد رسید اما با توجه به اصل عدم دخل و تصرف در فرم ظاهری و حفظ ساختار



شکل ۸. پلان و نمای ساختمان به‌مراه شناشیرهای اصلاح شده در ضلع غربی- وضعیت پیشنهادی (استخراج و ترسیم: نگارنده)



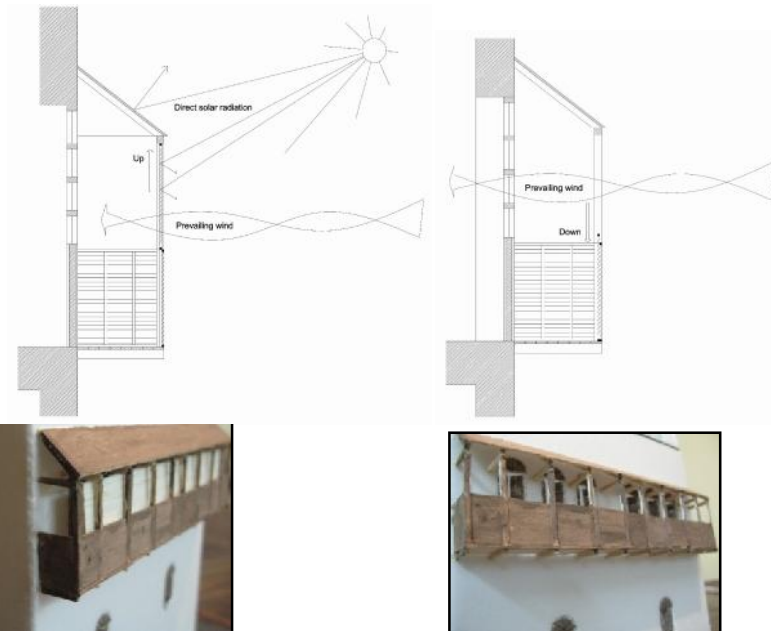
شکل ۹. نمای غربی ساختمان به همراه نمودار مسیر حرکت خورشید در طول سال (استخراج و ترسیم: نرم افزار Ecotect)

قابل ملاحظه ای بهبود می‌بخشد از دو بخش تشکیل شده اند، بخش پایینی که از قبل موجود بوده و ثابت می‌باشد و بخش بالایی که الحاقی بوده و برای اصلاح

کرکره‌های چوبی طراحی شده در اشکال ۱۰ و ۱۱ که در نقش سایه‌بان عمودی مقابل پنجره‌ها ظاهر می‌گردند و عملکرد سایه‌اندازی شناشیرها را بطور

پنجره‌ها شد. در بقیه مواقع روز، با پایین کشیدن این بخش متحرک می‌توان همزمان از دید به ساحل دریا و تهویه طبیعی استفاده مطلوب نمود.

عملکرد شناشیرها به روش نقاب سایه اضافه گردیده و قابلیت جابجایی و حرکت عمودی دارد. این بخش را میتوان در مواقع فوق‌الذکر از جدول ۱، به راحتی بالا کشید و مانع تابش مستقیم آفتاب غرب بر روی

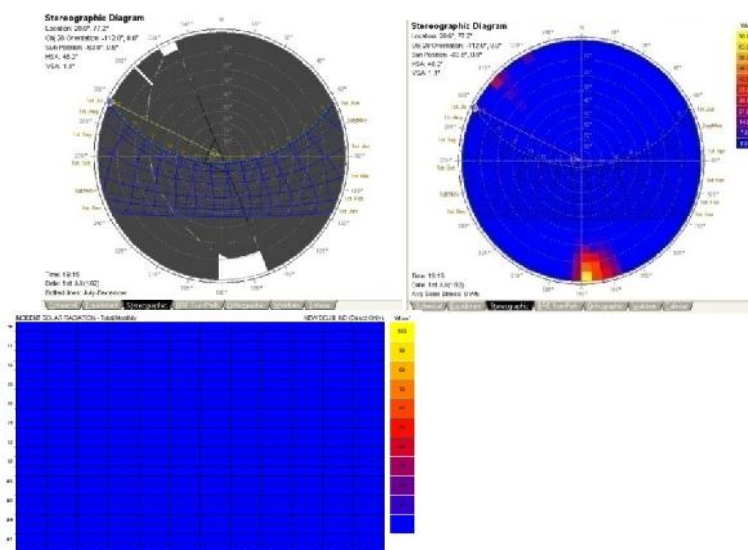


شکل ۱۰. کرکره‌های عمودی چوبی در حالت پایین رفته (ساخت ماکت: نگارنده) شکل ۱۱. کرکره‌های عمودی چوبی در حالت بالا آمده (ساخت ماکت: نگارنده)

میزان تابش دریافتی بازشوهای غربی با اصلاح شناشیرها

جدول ۱ در بعدالظهر ماههای گرم سال (از اردیبهشت تا آبان)، میزان تابش دریافتی به صفر کاهش خواهد یافت و بازشوها می‌توانند در سایه کامل به سر برند.^۶

کرکره‌های چوبی طراحی شده به روش نقاب سایه به عنوان سایه بان عمودی، می‌توانند میزان تابش دریافتی یازشوهای مورد نظر را به حداقل ممکن کاهش دهند به گونه‌ای که در ساعات مذکور در



شکل ۱۲. نقاب سایه و میزان تابش دریافتی یک پنجره غربی با وجود شناشیرهای اصلاح شده در بوشهر (استخراج و ترسیم: نرم افزار Ecotect)

نتیجه‌گیری

که به لحاظ عملکردی، وظیفه اصلی آنها، سایه‌اندازی بر روی بازشوها است. در این تحقیق، عملکرد ناقص آنها در سایه‌اندازی بر روی بازشوها در ساعاتی از شبانه روز نشان داده شد و این نقیصه با استفاده از روش نقاب سایه الگی اصلاح گردید. اکنون می‌توان پیشنهاد نمود که استفاده از این شناشیرهای اصلاح شده در معماری و سیمای شهری معاصر بوشهر هم به لحاظ عملکردی و هم به لحاظ فرمی و ساختاری، امکان پذیر می‌باشد.

این مقاله نشان داد که چگونه می‌توان با حفظ هویت بومی و استفاده از دستاوردهای علمی معاصر، مشکلات موجود در معماری بومی یک منطقه را برطرف نمود و استفاده از آنرا در معماری و سیمای شهرهای معاصر امکان پذیر کرد. این تحقیق در

بخشی از منطقه گرم و مرطوب ایران انجام شد که معماری بافت قدیمی آن، کاملاً با اقلیم و محیط طبیعی پیرامون سازگار بوده و از شناشیرها بعنوان آرایه‌های معماری بومی و سیمای شهری یاد می‌شود

یادداشت‌ها

۱. www.irimo.ir

۲. http://www.bushehrmet.ir/?page_id=129

۳. نحوه کار و آشنایی با نرم افزار Ecotect و طیف عملکرد آن از طریق مطالعه منایعی از قبیل Performance

BIOClimatic Integration into the Analysis and Conceptual Design و ARCHITECTURA DESIGN استخراج گردیده است. این دو منبع که در قسمت منابع و مآخذ به آنها اشاره گردیده در واقع رساله دکتری می‌باشند و به نحوه طراحی، روش کار و طیف عملکردی این نرم افزار اشاره دارند. طراح این نرم افزار، پروفسور اندرو جی. مارش، تحصیلات خود را در دانشگاه وسترن استرالیا به اتمام رسانده و رساله دکتری خود را به طراحی این نرم افزار اختصاص داده است. نحوه کار با این نرم افزار نیاز به درک دانش شبیه‌سازی محیط مصنوع دارد. این نرم افزار بصورت بازمتن (Open Source) تهیه نشده و برای کار با آن باید نسخه مورد نظر را خریداری نمود. ابتدا با

استفاده از ابزارهای موجود در این نرم افزار (Tools)، می‌توان محیط و یا اجزاء محیط مصنوع را شبیه‌سازی نمود و تمامی مصالح و جزئیات آنها را در نرم افزار وارد نمود. سپس با استفاده از داده‌های اقلیمی یک ساعته که در یک فایل ویژه مختص هر عرض جغرافیای درون نرم افزار موجود است و گزینه‌های موجود و مورد نظر مربوط به آنالیز عملکرد، می‌توان نتایج بدست آمده را با فرمت‌های متعددی مشاهده نمود. برای مشاهده بروشور و اطلاع از قیمت این نرم افزار تجاری می‌توان به وب سایت اینترنتی زیر مراجعه نمود: <http://usa.autodesk.com/ecotect-analysis>

۴. از بخش عمده منابع انگلیسی زبان مرجع مورد اشاره در بخش منابع و مآخذ بصورت مستقیم در متن مقاله نقل قولی صورت نگرفته است ولیکن از این منابع مهم در جهت استخراج روش‌های علمی مورد نیاز تحقیق بهره گرفته شده است. بطور مثال کتاب Solar Control And Shading Devices که توسط برادران الگی نگاشته شده است، بطور کلی مساله سایه‌اندازی و طراحی سایه‌بانها را مورد بررسی قرار داده و به مفاهیم مهمی از قبیل نقاب سایه و کاربرد آن در طراحی سایه‌بان پنجره‌ها اشاره می‌نماید. بدیهیست که نحوه کار عملی با این مفاهیم و تبدیل آنها به واقعیت و بکاربردن آنها جهت حل مسائل واقعی در محیط پیرامون در این کتاب به عهده خواننده گذارده شده است. همچنین دانستن مفاهیم اصولی نحوه انتقال و انعکاس اشعه خورشید و حرارت آن در داخل ساختمان و اثرات آن و روابط ریاضی موجود در این زمینه به درک و تجزیه تحلیل بهتر مساله سایه‌اندازی در یک محیط واقعی کمک می‌نماید. کتب مرجعی از قبیل An Introduction to Solar Energy Simulation, Advanced Building Simulation, Energy Simulation in Building Design, Radiation, Solar Engineering and Thermal Processes که در بخش منابع و مآخذ به آنها اشاره گردیده است.

۵. برای آشنایی کامل با این روش، رجوع شود به:

محمدی، امین و آیت‌اللهی، سید محمد حسین، طراحی سایه‌بان الگو در بوشهر، فصلنامه علمی - پژوهشی صفا، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، شماره ۵۴ (۱۳۹۱)، صفحه ۴۳ تا ۵۴.

۶. فایل اطلاعات اقلیمی یک ساعته برخی از شهرهای ایران در وب سایت دپارتمان انرژی ایالات متحده آمریکا به نشانی زیر موجود بوده و برای بقیه شهرهای ایران نیز در حال تکمیل است. این فایل، مخصوص نرم افزار Energy Plus که توسط وزارت انرژی آمریکا تهیه گردیده، می‌باشد و برای تبدیل آن به فرمت قابل استفاده در نرم افزار Ecotect باید از ابزارهای موجود در نرم افزار استفاده نمود. به این دلیل که فایل اطلاعات یک ساعته اقلیمی شهر بوشهر توسط دپارتمان نامبرده در حال تهیه بوده و در زمان کار با نرم افزار موجود نبود، بجای آن از فایل مربوط به اطلاعات اقلیمی دهلی نو در هند استفاده گردید که دقیقاً با شهر بوشهر در یک عرض جغرافیای می‌باشند (تقریباً ۲۹ درجه عرض شمالی) و استفاده از اطلاعات تابش مربوط به این شهر برای بوشهر نیز معتبر می‌باشد. در حال حاضر، دقیق ترین و معتبرترین اطلاعات یک ساعته آب هوایی مربوط به نرم افزار Energy Plus می‌باشد. سایر نرم افزارهای جدید مانند Design Builder که موتور محاسبات آنها بر اساس Energy Plus است نیز از فایل مربوط به اطلاعات اقلیمی نرم افزار Energy Plus استفاده می‌نمایند.

http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data.cfm

منابع و مآخذ

- ۱- محمدی، امین، (۱۳۸۷)، طراحی دانشکده معماری دانشگاه خلیج فارس بوشهر با رویکرد اقلیمی، رساله کارشناسی ارشد معماری، یزد، دانشگاه یزد.
- ۲- رازجویان، محمود، (۱۳۶۷)، آسایش به وسیله معماری همساز با اقلیم، تهران، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.

منابع لاتین

- 1- A. Olgyay & V.Olgyay, solar control & shading devices, princeton university press, U.S.A, 1976
- 2- A. Olgyay & V.Olgyay, Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism, Princeton University Press, U.S.A, 1963
- 3- Clarke. A.J, Energy simulation in building design, Butterworth Heinemann publications, 2001
- 4- Malkavi M.A & Augenbroe G. , Advanced building simulation , Spon Press , 2004

- 5- Marsh, A.J., *Performance Modelling and Conceptual Design*, International IBPSA Conference, The University of New South Wales, Sydney, Australia, 1996
- 6- Marsh, A.J., "Performance Analysis and Conceptual Design", PhD Thesis, part A-discussion, The University of Western Australia, Dec. 1997
- 7- Albuquerque Maciel, Alexandra, BIOCLIMATIC INTEGRATION INTO THE ARCHITECTURAL DESIGN, Thesis submitted to the University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy, July 2007
- 8- Duffie, J.A.; Beckman, W.A. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes*. 2nd Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc
- 9- Iqbal, M. (1983). *An Introduction to Solar Radiation*. New York: Academic Press, Inc.
10. Marion, William; Wilcox, Stephen, 1995, Solar Radiation Data Manual For Buildings, National renewable energy laboratory, U.S. Department of Energy.

