

قاب هرم شیدی

روش طراحی پنجره با توجه به نیازهای اقلیمی و رفتاری بهره‌گیری از نور و گرمای خورشید

چکیده:

در زمینه صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفاظت محیط زیست، یکی از مواردی که باید در امر طراحی معماری خصوصاً طراحی پنجره مورد توجه قرار گیرد، استفاده بهینه از نور و گرمای خورشید است. در این ارتباط هر روشی که بتواند به سادگی و سرعت، دانش لازم در مورد کنترل گرما و نور خورشید را در اختیار معمار قرار دهد، مورد استقبال خواهد بود. رساله حاضر به معرفی روشی ساده، جامع و عملی برای محاسبه کارایی پنجره بر اساس بهره‌مندی از نور و گرمای خورشید اختصاص دارد.

در این روش نحوه عملکرد پنجره در برابر نور و گرمای خورشید در یک دوره یکساله، روی تقویم نیاز اقلیمی ترسیم خواهد شد. این نمودار قاب هرم شیدی نامیده شده است که به کمک آن می‌توان درصد کارایی پنجره نسبت به وضعیت ایده‌آل بهره‌مندی از نور و گرمای خورشید (براساس نیازهای اقلیمی و رفتاری فضای پشت پنجره) را محاسبه نمود. درصد به دست آمده عدد هرم شیدی پنجره نامیده شده است. به این ترتیب تصمیم‌گیری در باره کارایی پنجره امکان‌پذیر شده و طراح می‌تواند با توجه به سهولت، سرعت و دقت این روش، طرحهای پیشنهادی خود را تا رسیدن به پاسخ بهینه، بارها و بارها کنترل و اصلاح کند.

مقدمه:

در پیگیری برای دستیابی به روش آماده سازی قاب هرم شیدی، از میان کلیه روشهای متعددی که در زمینه کنترل نور یا گرمای خورشید به طور جداگانه موجود است، روش ابداعی پلیل که امروزه روش گنبد آسمان نامیده می‌شود، شاخص بوده و از جامعیت و کارایی مورد نیاز طراحی معماری برخوردار می‌باشد. در بین سالهای ۱۹۴۸ تا ۱۹۵۴ که فکر ایجاد این روش به وجود آمد، در خیلی از نقاط دنیا افرادی تلاش کردند تا با کمک این ایده به یک راه حل عملی برسند، ولی کسی که موفق شد به نتیجه رسیده و روش جامع و کاملی را معرفی کند آرشیتهکتی سوئدی به نام گانر پلیل بود.

با زحمت بسیاری توانستم جزوه‌ای (Pleijel 1054) را که ایشان در این مورد تهیه کرده به دست آورم. جزوه کوچک ۱۵۰ صفحه‌ای که در آن نه تنها اصول اولیه و پایه‌های ایجاد این روش بیان شده، بلکه به شیوه‌ای ترسیمی و ساده، موقعیتهای خورشید در آسمان، اندازه‌گیری گرمای خورشید (وات بر مترمربع)، اندازه‌گیری نور خورشید (لوکس) و همچنین اندازه‌گیری اثرات شیمیایی اشعه ماوراء بنفش خورشید، به صورت نمودارهای قابل انطباق (overlay) ترسیم شده که به کمک آنها، بدون درگیر شدن با محاسبات پیچیده می‌توان تأثیر گرما، نور و اثرات اشعه ماوراء بنفش را برای هر موقعیت خورشید تعیین کرد.

روش پلیل روشی بسیار هوشمندانه است. وی از ایده باستانی که زمین را به صورت صفحه‌ای تخت، مرکز عالم دانسته و آسمان را به صورت نیم‌گنبدی بر فراز آن می‌پنداشتند، الهام گرفته است. از دیدگاه ناظری که روی زمین قرار داشته و به آسمان می‌نگرد واقعاً زمین به صورت صفحه‌ای

صاف و آسمان به صورت نیم‌گنبدی بر فراز آن مشاهده می‌گردد که هر روز خورشید از گوشه‌ای از آن طلوع کرده، مسیری را روی پوسته نیم‌گنبد پیموده و در گوشه‌ای دیگر غروب می‌کند. با اتکاء به این ایده، پلایل این فرضیه را مطرح کرد که به جای درگیر کردن معمار با محاسبه فرمولهای پیچیده خورشیدی، می‌توان با استفاده از روش ترسیمی هندسه مثلثاتی، زوایای افقی و قائم را که نشان‌دهنده موقعیت خورشید در آسمان هستند، به عنوان محورهای مختصات، روی پوسته گنبد آسمان در نظر گرفته و آن را مبدأ همه مطالعات قرار داد. سپس هر اطلاعات مورد نیاز را روی تصویر این مختصات بر صفحه افق، به صورت نمودارهای قابل انطباق، به تصویر کشید. با ابداع این مفهوم، تمام نمودارهایی که بر اساس این صفحه مختصات تهیه می‌شود، اعم از نقشه‌های مسیر خورشید، نمودارهای شدت تابش گرمایی خورشید، نمودارهای روشنایی خورشید، نمودارهای جزء آسمان که خودش مبدع آنها بود، این قابلیت را دارند که موقعیت خورشید را در هر شرایطی پوشش دهند. به این ترتیب درواقع پتانسیل کلیه امکانات خورشید در نمودارهایی ساده به تصویر کشیده می‌شود. این روش دو مزیت دارد: اولاً برای هر موقعیت خورشیدی (بر اساس زوایای افقی و قائم آن) پارامتر مورد نظر (نور، گرما، اثر شیمیایی) را نشان داده و به یک دوره یکساله پوشش می‌دهد، زیرا کلیه وضعیتهای احتمالی خورشید در طول یک سال را در بر می‌گیرد. به عبارت دیگر نمودارهای تهیه شده به این شیوه، در واقع مکان هندسی پارامتر خورشیدی مورد نظر را به تصویر می‌کشد. لذا نمودارهای فوق، این قابلیت را دارد که برای تمام عرضهای جغرافیایی، در تمام جهات جغرافیایی، و برای کل مواقع سال مورد استفاده قرار گرفته و اطلاعات مورد نیاز را در اختیار قرار دهد. مزیت دیگر این روش قابلیت برگردان این اطلاعات به تقویم نیاز اقلیمی است. به دلیل پوشش دهی به کل مواقع سال، می‌توان اطلاعات کسب شده از این نمودارها را روی تقویم نیاز اقلیمی پیاده کرده و در نتیجه رابطه گرما، نور و اثرات شیمیایی خورشید را با سایر پدیده‌های اقلیمی نظیر باد، یخبندان، گرما و سرما، و هر اطلاعات دیگری که قابل انتقال روی تقویم نیاز اقلیمی باشد، به سادگی مشاهده نمود. به این ترتیب ارزیابی و کنترل این پارامترها در طراحی بسیار ساده‌تر و عملی‌تر امکان‌پذیر می‌گردد.

وقتی کار شروع شد و بارها و بارها نام پلایل در کتب مورد مطالعه به چشم خورد، نمی‌دانستم که ایشان تا این اندازه در پایه‌گذاری روش گنبد آسمان، مؤثر بوده و نقش کلیدی ایفا کرده است. با خواندن جزوه ۱۵۰ صفحه‌ای ایشان و ملاحظه شفافیت و بداعتی که در تهیه آن به کار رفته بود، و ضمن کار کردن با روش پیشنهادی وی، متوجه شدم این روش تا چه اندازه هوشمندانه بوده و با زیرکی بین تمام نادانسته‌ها و مشکلات محاسباتی، پل می‌زند و روشی بسیار ساده و عملی را در اختیار معماران قرار می‌دهد. اینجا بود که احساس کردم چقدر به این شخصیت مدیونم و احساس کردم که چقدر مایلیم در این تحقیق از او قدردانی کنم.

برای اینکه بتوانم بیوگرافی مختصری از ایشان به دست آورم، به سایتهای مختلفی در اینترنت مراجعه کردم و متوجه شدم که در آوریل سال ۲۰۰۲ در رویال سوسایتی لندن، سمیناری برگزار شده که یکی از بخشهای آن به ارزیابی و قدردانی از کسانی اختصاص داشته که در پیشبرد دانش بصری محیط در قرن بیستم نقش کلیدی داشته‌اند. این اشخاص عبارت بودند از گانر پلایل، جورگن کرچمن و رالف هاپکینسون. بسیار شاد شدم چون به من ثابت شد که وقتی کسی با صمیمیت و دقت یک کار تحقیقی را انجام می‌دهد، اگرچه در زمان خود مورد استقبال شایسته آن قرار نگیرد، بالاخره آیندگان

روزی متوجه شده، از آن استفاده کرده و قدر آن شناخته می‌شود. ولو اینکه این امر پنجاه سال طول بکشد! ولی باید اذعان کرد روش ابداعی پلییل در کنار سایر روشهای موجود، هنوز آنطور که شایسته است جلوه خود را نیافته و بسیاری از افراد متوجه نیستند که نسبت به سایر روشها، تا چه اندازه ساده‌تر، جامع‌تر و عملی‌تر می‌باشد. تا آنجا که مطالعات من نشان می‌دهد، از جمله کسانی که متوجه بداعت این روش شده و در جهت تکامل بخشیدن و به نتیجه رساندن آن تلاش کرده‌اند، دو آرشینکت به نامهای ویکتور الگی و فولر مور بوده‌اند.

در سال ۱۹۵۷ ویکتور الگی روش طراحی سایبان با استفاده از ایده گنبد آسمان را ابداع نمود (Olgyay & Olgyay 1957) که روشی بسیار ساده و عملی در طراحی سایبان بوده و می‌تواند به عنوان یک ابزار در دست طراح مورد استفاده قرار گیرد. به دلیل سادگی و سرعت این روش، این امکان وجود دارد که طراح، طرحهای پیشنهادی سایبان را بارها و بارها تا دستیابی به جواب بهینه کنترل و اصلاح نماید. مزیت دیگر این روش این است که به جای طراحی سایبانی خاص، به دلیل استفاده از قوانین هندسه مثلثاتی، دامنه‌ای از امکانات طراحی سایبان با کارآیی مورد نظر را در اختیار معمار قرار می‌دهد. به این ترتیب معمار فرصت می‌یابد تا با در نظر گرفتن سایر ملاحظات طراحی، مثل مصالح، اجرا، هزینه، زیبایی، همخوانی با نماهای پیرامون، و سایر پارامترهای اقلیمی مثل انتقال حرارت و کوران هوا، طرحهای مختلف را ارزیابی و انتخاب نماید.

خدمت دیگر الگی ترسیم نمودارهای قابل انطباق شدت گرمای خورشید روی سطوح مختلف برای دو وضعیت بدون شیشه و با شیشه پنجره است (Olgyay 1973). وی برای تصویر این نمودارها روی صفحه افق، به جای استفاده از روش استریوگرافیک که توسط پلییل ابداع شده بود، از روش اکویی دیستنت استفاده کرد که سبب اصلاح فواصل بین دوائر متحدالمرکز تصویر زوایای افقی خورشید روی صفحه افق می‌گردد. به این ترتیب کلیه نمودارهای تهیه شده به روش استریوگرافیک، با روش اکویی دیستنت مجدداً ترسیم گردیدند.

در سال ۱۹۸۵ فولر مور، نمودارهایی را که پلییل برای تعیین مقدار روشنایی آسمان به صورت نمودارهای نقطه‌ای قابل انطباق با نام sky card برای آسمان تمام ابری ابداع کرده بود (Pleijel 1954 pp. 122-125)، بهبود بخشیده و موفق شد با استفاده از شگردهای به کار رفته توسط پلییل، نمودارهای نقطه‌ای فوق را برای آسمان صاف در زوایای مختلف ارتفاع خورشید و برای آسمان تمام ابری با نام sky component ترسیم کند (Moore 1991 pp. 234-242). وی همچنین به شیوه‌ای که الگی شدت گرمای خورشید را روی سطوح مختلف به صورت نمودارهای قابل انطباق نمایش داده بود، مجموعه مقدار روشنایی خورشید، آسمان و زمین را که توسط سطوح مختلف دریافت می‌گردد، به صورت نمودارهای قابل انطباق و با روش اکویی دیستنت تهیه کرد. (Moore 1991 pp. 243-255) با استفاده از نمودارهای تهیه شده توسط فولر مور، محاسبه مقدار نور روز روی سطوح مختلف، همچنین محاسبه مقدار نور آسمان دریافت شده توسط قاب پنجره در یک نقطه مورد نظر در اتاق، برای یک لحظه و یک پنجره در هر جهت دلخواه، به سهولت میسر می‌گردد.

به این ترتیب باید گفت در پنجاه سالی که از ابداع مفهوم گنبد آسمان توسط پلییل می‌گذرد، قدمهایی برای اصلاح و عملی‌تر شدن این روش برداشته شده، ولی هنوز جای کار بسیاری برای اصلاح این ایده وجود دارد و هنوز آنطور که شایسته می‌باشد، استفاده احسن از آن صورت نگرفته است. به

الگی مدیون هستیم زیرا برای طراحی سایبان با توجه به مواقع نیاز به سایه و آفتاب، روش پلییل را زنده کرده و به صورت روشی عملی و ساده در اختیار معماران قرار داده است. به فولر مور هم مدیون هستیم زیرا مسئله استفاده از روشنایی روز در طراحی را با تکمیل روش پلییل تا حدودی جلو برده است. ولی آنچه هنوز جای کار دارد و باعث افتخار من است که آن را به عنوان موضوع رساله خود انتخاب کرده‌ام، تکامل بخشیدن روش طراحی پنجره با استفاده از نور روز و گرمای خورشید به طور همزمان، با استفاده از روش پلییل است. روش الگی صرفاً به مسئله نیاز به سایه و آفتاب در طراحی پنجره می‌پردازد. روش مور تعیین روشنایی و نور روز برای یک موقعیت و یک پنجره خاص در یک لحظه را میسر می‌کند. ولی هنوز روشی معرفی نشده که به کمک آن بتوان بودجه نوری و گرمایی خورشید را که توسط پنجره در یک سال دریافت می‌گردد، به همان سهولت و جامعیت موجود در روش هوشمندانه پلییل، به دست آورد.

معرفی روش قاب هرم شیدی:

در اینجا سعی من بر این است که با پیگیری تلاشهای الگی و مور، و تکمیل ایده‌های آنان، طراحی پنجره با استفاده از گرما و نور خورشید را به سرانجامی برسانم که بتواند به صورت یک روش عملی، ساده و جامع در اختیار معمار قرار گیرد. یعنی معمار به همان سرعت و سهولتی که با استفاده از روش الگی به طراحی سایبان می‌پردازد، بتواند با کمک این روش، با اصلاحات مکرر طرح خود، به یک نتیجه مناسب در رابطه با نور و گرمای خورشید دست پیدا کند. این مفهوم پیشنهادی را قاب هرم شیدی نامیده‌ام. قاب دریچه‌ای است که خورشید از طریق آن نور و گرمای خود را به ارمغان می‌آورد. هرم مقدار گرما و شید مقدار نوری است که پنجره از خورشید دریافت می‌کند. قاب هرم شیدی نموداری است که به ما نشان می‌دهد هر پنجره در طول یک سال چه مقدار از گرما و نور خورشید برخوردار می‌گردد.

برای این که بتوان با توجه به نیازهای اقلیمی و رفتاری فضای پشت پنجره این قاب را ارزیابی نمود، با استفاده از قابلیت‌های روش پلییل، می‌توان آن را روی تقویم نیاز اقلیمی پیاده کرد. با پیاده کردن قاب هرم شیدی روی تقویم نیاز اقلیمی، می‌توان ارتباط آن را با مواقع گرم و سرد، مواقع نیاز به باد یا پرهیز از آن، مواقع یخبندان، مواقع وقوع کج باران، و کلیه پارامترهای اقلیمی دیگر مشاهده نمود. با محاسبه مدت زمانی که پنجره از نور و گرمای مورد نیاز فضای رفتاری داخل اتاق، بهره‌مند یا محروم است و یا نور یا گرمای ناخواسته به آن تحمیل می‌گردد، می‌توان کارایی آن را ارزیابی نمود. عددی که به این ترتیب به دست می‌آید، نشان می‌دهد که مقدار نور و گرمای خواسته یا ناخواسته‌ای که از خورشید دریافت می‌شود، نسبت به قابلیت یک پنجره ایده‌آل، چند درصد کارایی دارد. این درصد عدد هرم شیدی پنجره نامیده می‌شود. در واقع امتیازی است که پنجره نسبت به موقعیت خود در بهره‌مندی بهینه از نور و گرمای خورشید به دست می‌آورد. به این ترتیب با ترسیم قاب هرم شیدی پنجره، برگردان آن روی تقویم نیاز اقلیمی، و محاسبه عدد هرم شیدی، معمار به سادگی قادر به تصمیم‌گیری در مورد کارایی آن خواهد بود. به دلیل سهولت کار، معمار این امکان را می‌یابد که طرح خود را بارها و

بارها تا رسیدن به بهترین نتیجه، کنترل و اصلاح نماید. این ایده و مفهومی است که رساله حاضر برای تکمیل روش پلیل در پی دستیابی به آن است.

۱- معرفی روش کار:

برای عملی کردن این ایده باید دید که با چه روشهایی می‌توان به قاب هرم شیدی دسترسی پیدا کرد. در اینجا باید به دو مسئله پرداخته شود: یکی پرداختن به گرمای خورشیدی دریافت شده توسط پنجره است که بخشی از آن در روش الگی در ارتباط با طراحی سایبان مناسب انجام شده است. مسئله دوم پرداختن به نور دریافتی از طریق پنجره است که هنوز روش کامل و جامعی برای آن پیشنهاد نشده و در این رساله باید با دقت و عمق زیاد به آن پرداخته شود.

نحوه رسیدن به قاب هرم شیدی از نظر هُرم دریافت شده توسط پنجره:

آنچه در روش الگی در ارتباط با طراحی سایبان جای کار داشته و می‌توان به آن تکامل بخشید، ضمن کنترل سایه و آفتاب، کنترل شدت تابش خورشید روی پنجره است. برای این منظور مفهومی به نام ضریب اصلاح گرما را پیشنهاد کرده‌ام. به کمک این ضریب می‌توان تأثیر شدت گرمای خورشیدی دریافت شده توسط پنجره را روی نمودار قابل انطباق نقاب سایه (shading mask) که الگی معرفی کرده است، نشان داد. به این ترتیب تأثیر شدت تابش خورشید در محاسبه عدد هرم پنجره قابل محاسبه می‌گردد.

در تعیین ضریب اصلاح گرما، دو دسته پارامتر باید در نظر گرفته شود: یکی عواملی که باعث افزایش گرمای دریافتی روی پنجره می‌گردند که عبارتند از شدت تابش خورشید به پنجره، و گرمای بازتابشی ناشی از محیط داخلی و خارجی پنجره. دوم عواملی که باعث کاهش گرمای خورشید روی پنجره می‌شوند که عبارتند از عوامل جوی (مقدار ابر، ضخامت لایه جو، ذرات معلق در هوا) سایبان و المانهای پنجره (قاب و شیشه و کثیفی و پرده). از میان کلیه این عوامل آنچه به عنوان مبنای محاسبات می‌تواند ملاک کار قرار گیرد، زاویه تابش خورشید به پنجره است که هرچه عمودی‌تر باشد، گرمای بیشتری توسط پنجره دریافت می‌گردد و هرچه این زاویه خوابیده‌تر باشد، گرمای حاصل از آن ناچیزتر خواهد بود. با احتساب این عامل، می‌توان تأثیر سایر عوامل را به صورت ضریبی از آن در نظر گرفت. پس چنانچه بتوان روی نمودار نقاب سایه الگی، شدت تابش خورشید را هم لحاظ نمود، می‌توان مشخص کرد که در مواقعی که آفتاب ناخواسته به پنجره می‌تابد، چه مقدار گرما به آن تحمیل می‌گردد و برعکس در مواقعی که سایه ناخواسته وجود دارد، از چه مقدار گرمای مطلوب محروم شده است. به این ترتیب روشی برای ارزیابی کارایی سایبان مورد نظر در اختیار خواهیم داشت. برای این منظور روی نمودار شدت تابش خورشید تهیه شده توسط الگی، چهار منطقه معرفی کرده‌ام. یکی منطقه‌ای که خورشید با زاویه نسبتاً خوابیده به پنجره تابیده و گرمای حاصل از آن ناچیز است (کمتر از ۷۵ بی تی یو)، یکی منطقه‌ای که خورشید با زاویه نسبتاً عمود بر پنجره تابیده و بیشترین گرما دریافت می‌گردد (بیشتر از ۲۲۵ بی تی یو)، و دو منطقه میانه که گرمایی بین ۷۵ تا ۱۵۰ بی تی یو و ۱۵۰ تا ۲۲۵ بی تی یو دریافت می‌گردد. با تعیین ضرایب قابل اعمال در هر یک از این مناطق، می‌توان تأثیر کلیه عوامل

افزایش و کاهش گرما را روی عدد هرم پنجره محاسبه نمود. یا احتساب عدد ۷۵ بی تی یو به عنوان واحد، ضرایب پیشنهادی من به ترتیب ۰/۵، ۱، ۲، و ۳ است. ولی این ضرایب هنوز قطعی نبوده و برای اصلاح آن باید مطالعات بیشتری صورت گیرد. روش اعمال این ضرایب به این ترتیب است که در مواقعی که خورشید در منطقه یک (کمترین گرمای تابشی) به پنجره می‌تابد، مدت زمان آن را نصف کرده و یا در مواقعی که در منطقه چهار (بیشترین گرمای تابشی) به پنجره می‌تابد مدت زمان را سه برابر حساب می‌کنیم. به این ترتیب ضریب اصلاح گرما روی عدد هرم پنجره لحاظ شده و می‌توان تأثیر این عوامل را در کارآیی پنجره از نظر گرما به دست آورد.

نحوه رسیدن به قاب هرم شیدی از نظر شید دریافت شده توسط پنجره:

در روش پلیل که فولر مور آن را تا حدی تکامل بخشیده است می‌توان نور دریافتی توسط پنجره را برای یک لحظه محاسبه کرد. ولی برای تعیین نور دریافتی در یک سال، هنوز روشی پیشنهاد نشده که بتواند جامعیت و سهولت روش گنبد آسمان پلیل را داشته باشد. برای رسیدن به این خواسته از روش حد نهایی extreme method استفاده کرده‌ام. در این روش بدترین وضعیت را در نظر می‌گیریم، چنانچه الگی هم برای طراحی سایبان از این روش استفاده کرده و برای بدترین یا حساس‌ترین محل تأثیرگذاری سایبان یعنی درست محل پشت پنجره روش طراحی سایبان را معرفی کرده است. زیرا به محض اینکه اشعه خورشید از شیشه پنجره عبور کند، پدیده گلخانه اتفاق افتاده و موجب بالا رفتن گرمای اتاق می‌گردد.

در مورد نور به عکس سایبان، معمولاً در کنار پنجره مشکل نور وجود ندارد. آنچه مشکل آفرین است، تاریکترین فضای رفتاری داخل اتاق است که کمترین بهره را از نور دریافتی توسط پنجره خواهد برد. پس چنانچه بتوانیم مقدار نور مورد نیاز فعالیت مورد نظر، در تاریکترین فضای رفتاری داخل اتاق را تأمین کنیم، به طریق اولی سایر نقاط اتاق که روشن‌ترند، مشکلی از نظر نور نخواهند داشت.^۱

با اتکاء به این ایده باید دید چگونه می‌توان برای تاریکترین فضای رفتاری داخل اتاق، مقدار بودجه نوری سالیانه را که از طریق پنجره دریافت می‌شود، به دست آورد؟ برای این منظور با مراجعه به ایده‌هایی که پلیل در روش هوشمندانه خود پیشنهاد کرده است، می‌توان از مفهوم گنبد آسمان کمک گرفته و محدوده آسمان قابل رؤیت از طریق قاب پنجره را از تاریکترین فضای رفتاری داخل اتاق روی گنبد آسمان ترسیم کرد. از این محدوده با کمک نمودارهای ترسیم شده به وسیله مور به سادگی می‌توان مقدار روشنایی آسمان را که به تاریکترین فضای رفتاری داخل اتاق می‌رسد، برای هر جهت دلخواه پنجره به دست آورد. برای اینکه بتوان به تعیین بودجه نوری سالیانه این قاب برای تاریکترین فضای رفتاری داخل اتاق دست یافت، باید از ایده حد نهایی کمک گرفت. به این معنی که با توجه به تغییرات مقدار نور طبیعی در طول روز و در روزهای مختلف سال، طبیعتاً تاریکترین فضای رفتاری داخل اتاق، در مواقعی از نور کافی برخوردار و در مواقعی محروم خواهد بود. پس چنانچه بتوان مرز

^۱ - علاوه بر تأمین نور مورد نیاز، جلوگیری از مشکلات بصری ناشی از خیرگی glare که از کنتراست یا انعکاس مزاحم ناشی می‌شود، نیز حائز اهمیت است که در بخشهای دیگر به آن پرداخته شده است.

این مواقع را تعیین کرده و به صورت نمودار قابل انطباق روی گنبد آسمان نمایش داد، می‌توان با توجه قابلیت‌های روش گنبد آسمان، کارآیی نوری پنجره مورد نظر برای آن فعالیت را در کلیه جهات و کلیه عرضهای جغرافیایی در اختیار داشت. چنین نموداری که آن را نمودار مرز کفایت نور enough daylight boundry نامیده‌ام، هم خانواده نمودار نقاب سایه الگی shading mask می‌باشد که با توجه به مرز مواقع نیاز به سایه و آفتاب ترسیم می‌گردد.

مراحل دستیابی به نمودار مرز کفایت نور:

در ابتدا باید نقاب تاریکترین فضای رفتاری داخل اتاق برای پنجره مورد نظر را، روی گنبد آسمان در جهات مختلف قرار داده و با کمک نمودارهای نقطه‌ای جزء آسمان (sky component)، مقدار SC را برای آن محاسبه نمود. این مقادیر برای کلیه زوایای قائم خورشید و زوایای آزمون واقع بین خورشید و خط عمود بر پنجره، به فواصل ۱۵ درجه محاسبه و در جدول وارد می‌گردد. به کمک برنامه ریاضی MATLAB که قادر به درونیابی فواصل بین این نقاط می‌باشد، می‌توان حجم مربوط به پتانسیل SC دریافتی توسط قاب مورد نظر در کلیه موقعیتهای خورشید و پنجره را به دست آورد.

در مرحله دوم باید به روشی برای ارزیابی نور رسیده به تاریکترین فضای رفتاری داخل اتاق دست یافت. برای این منظور از مفهوم جدیدی به نام فاکتور نور روز مجاز allowed daylight factor (ADF) استفاده کرده‌ام. با الهام گرفتن از روش فاکتور نور روز daylight factor (DF) که توسط هاپکینسون ابداع شده (Hopkinson 1963 pp. 50-53) و در آن نسبت نور موجود روی صفحه کار به نور موجود در سطح افقی در یک محیط کاملاً باز به دست می‌آید، مفهوم فاکتور نور روز مجاز را ابداع کردم. فاکتور نور روز مجاز نشان می‌دهد که با توجه به نیاز نوری در تاریکترین فضای رفتاری داخل اتاق، طراح تا چه حد مجاز است با استفاده از سایبان، یا سایر المانهای پنجره، نور دریافتی در داخل اتاق را کاهش دهد. فاکتور نور روز مجاز عبارت است از مقدار نور مورد نیاز در فضای رفتاری داخل اتاق (بر حسب لوکس) تقسیم بر مقدار روشنایی رسیده به پشت پنجره که مجموعه‌ای از نور مستقیم خورشید، نور آسمان و نور منعکسه از زمین (لوکس) می‌باشد. برای به دست آوردن فاکتور نور روز مجاز در کلیه موقعیتهای خورشیدی، باید نمودار روشنایی تهیه شده توسط مور را که مقدار روشنایی (beam, sky, ground) روی سطوح مختلف را نشان می‌دهد، روی نمودار مختصات گنبد آسمان قرار داده و برای کلیه زوایای افقی و قائم خورشید، به فواصل ۱۵ درجه مقدار روشنایی را تعیین و در جدول ثبت کرد. سپس مقدار نور مورد نیاز فعالیت مورد نظر مثلاً ۵۰۰ لوکس را بر کلیه مقادیر این جدول تقسیم نمود. با ترسیم حجم مربوط به این مقادیر با کمک برنامه MATLAB پتانسیل مقادیر ADF برای کلیه موقعیتهای خورشید و پنجره ترسیم می‌گردد.

در مرحله سوم با تداخل دادن این دو حجم در یکدیگر می‌توان مرز کفایت نور را به دست آورد. به عبارت دیگر در هر موقعیت خورشید و پنجره که مقدار SC کمتر از ADF باشد، نشان دهنده عدم کفایت نور و در هر موقعیتی که مقدار SC از ADF بیشتر باشد، نشان دهنده کفایت نور در تاریکترین فضای رفتاری داخل اتاق خواهد بود. با ترسیم مرز مشترک این دو نمودار روی صفحه افق، نمودار قابل انطباق مرز کفایت نور enough daylight boundry overlay برای قاب و فعالیت مورد نظر، در تاریکترین فضای رفتاری داخل اتاق به دست می‌آید.

نکته قابل توجه این است، که نمودار به دست آمده در شرایطی است که هیچکدام از عوامل افزایش نور مثل نورهای منعکسه داخلی و خارجی و عوامل کاهش نور مثل عوامل جوی و المانهای پنجره، در نظر گرفته نشده‌اند. برای اعمال تأثیر این عوامل در نمودار مورد نظر، مفهوم ضریب اصلاح نور را به وجود آوردم. ضریب اصلاح نور مانند ضریب اصلاح گرما، با ضرب شدن در مقدار SC، تأثیر کلیه عوامل افزایش و کاهش نور را در تعیین مرز کفایت نور اعمال می‌کند. در اینجا برای عمومیت دادن به قابلیت‌های نمودار مرز کفایت نور، می‌توان با کمک گرفتن از روش حد نهایی، دامنه کلیه ضرایب اصلاح نور را که می‌تواند بین صفر تا دو تغییر کند، به فواصل $0/4$ در نظر گرفت. با ضرب این مقادیر در مقدار SC و تداخل حجم‌های به دست آمده با حجم مربوط به ADF، می‌توان مرزهای مشترک آنها را روی صفحه افق ترسیم کرده و نمودار مرز کفایت نور را برای انواع ضرایب اصلاح نور قابل استفاده نمود. به این ترتیب می‌توان برای فعالیت و قاب مورد نظر، با توجه به ضرایب اصلاح مختلف، بسته به شرایط طرح، از نمودار مرز کفایت نور برای تعیین مواقع کفایت یا عدم کفایت نور در تاریکترین فضای رفتاری داخل اتاق، برای پنجره واقع در هر جهت و هر عرض جغرافیایی، استفاده نمود.

ترسیم قاب هرم شیدی پنجره

بعد از تهیه نمودارهای قابل انطباق مرز کفایت نور allowed daylight factor و مرز کفایت سایه shading mask برای قاب و فعالیت مورد نظر، می‌توان با قرار دادن آنها روی نقشه مسیر خورشید (عرض جغرافیایی محل) در جهات مختلف پنجره، مواقع وقوع مرز کفایت نور و سایه را تعیین و روی تقویم نیاز اقلیمی پیاده نمود. به این ترتیب می‌توان برای هر جهت دلخواه پنجره، قاب هرم شیدی را ترسیم نمود. روی تقویم نیاز اقلیمی، مواقع وقوع آفتاب و سایه ناخواسته برای فضای پشت پنجره، و مواقع کافی نبودن نور در تاریکترین فضای رفتاری داخل اتاق، قابل نمایش می‌باشد که نشان‌دهنده مواقعی است که پنجره از نظر نور و گرمای خورشید کارآیی لازم را ندارد.

محاسبه عدد هرم شیدی پنجره

بعد از رسم قاب هرم شیدی، نوبت به تعیین عدد هرم شیدی پنجره می‌رسد. برای محاسبه عدد هرم شیدی باید درصد مواقع آفتاب و سایه ناخواسته به کل مواقع نیاز به آفتاب و سایه، همچنین درصد مواقع نور ناکافی به کل مواقع نیاز به نور در طول یک روز کاری را به دست آورده و از صد درصد کم نمود. به این ترتیب درصد هرم شیدی پنجره به دست می‌آید. به عنوان مثال چنانچه عدد هرم پنجره ۶۰ و عدد شید پنجره نیز ۶۰ باشد، معدل آن یعنی عدد هرم شیدی پنجره ۶۰ درصد خواهد بود که نشان می‌دهد پنجره مورد نظر، نسبت به یک پنجره ایده‌آل ۶۰ درصد کارآیی دارد.

۲- استفاده از روش قاب هرم شیدی برای معمار

به عنوان یک کاربر می‌توان به دو صورت از روش قاب هرم شیدی استفاده نمود. حالت اول به صورت معمولی و با استفاده از نمودارهای قابل انطباق موجود که بخشی توسط الگی و مور و بخشی توسط نگارنده تهیه شده است. حالت دوم با استفاده از نرم افزار قاب هرم شیدی. لازم به ذکر است که حالت

اول برای تخمینهای اولیه و نزدیک شدن به طرح مناسب، و حالت دوم برای انجام اصلاحات نهایی روی طرح پیشنهادی کاربرد دارد.

حالت اول: استفاده از نمودارهای قابل انطباق:

در حالت اول که به صورت معمولی و با استفاده از نمودارهای قابل انطباق انجام می‌شود، استفاده از روش قاب هرم شیدی به سه مرحله تقسیم می‌شود:

در مرحله اول فرض بر این است که طراح با شیوه‌های استفاده از معیارهای آسایش گرمایی آشنا بوده و تقویم نیاز اقلیمی منطقه را در اختیار دارد. همچنین با روش طراحی سایبان با استفاده از روش الگی آشناست. به این ترتیب قادر است با توجه به مواقع نیاز به سایه و آفتاب در محل، سایبان مناسب پنجره برای منطقه پشت شیشه را طراحی کرده و نمودار قابل انطباق نقاب سایه shadin mask را با روش الگی تهیه نماید.

در مرحله دوم برای پیش بینی قاب مناسب برای تاریکترین فضای رفتاری داخل اتاق، می‌تواند از مجموعه نمودارهای مرز کفایت نور enough daylight boundary که برای قابها و فعالیت‌های مختلف توسط نگارنده تهیه شده، با توجه به فعالیت مورد نظر، نمودارهای دلخواه را انتخاب و روی نمودار مسیر خورشید محل قرار دهد. با چرخش این نمودارها در جهات مختلف، تخمینهای اولیه برای تشخیص قاب و جهت مناسب که بیشترین کارایی را با توجه به نیازهای نوری داشته باشد امکان‌پذیر است. به عبارت دیگر با قرار دادن هر نمودار روی نقشه مسیر خورشید، در هر جهت دلخواه به سادگی معلوم می‌شود که قاب انتخاب شده در چه مواقعی کارایی لازم را نداشته و تاریکترین فضای رفتاری داخل اتاق نمی‌تواند از نور طبیعی کافی بهره‌مند باشد. لازم به ذکر است که قبل استفاده از نمودارهای مرز کفایت نور، طراح باید ضریب اصلاح نور را با توجه به موقعیت قرارگیری طرح، محاسبه نموده و مرز کفایت نور مربوط به ضریب اصلاح فوق را ملاک ارزیابی قرار دهد.

در مرحله سوم با ترسیم قاب هرم شیدی پنجره روی تقویم نیاز اقلیمی می‌تواند عدد هرم شیدی پنجره انتخابی خود را تعیین کرده و در مورد کآیی آن تصمیم‌گیری کند.

حالت دوم: استفاده از نرم افزار قاب هرم شیدی:

در این مرحله به کمک نرم افزار قاب هرم شیدی که برای این تحقیق تهیه شده است، کاربر می‌تواند قاب دلخواه خود را طراحی کرده و به کمک نرم افزار فوق، قاب هرم شیدی و عدد هرم شیدی آن را به دست آورد. به این ترتیب با اعمال اصلاحات لازم روی طرح و به راه اندازی مجدد برنامه، می‌تواند این عمل را تا رسیدن به طرح ایده‌آل ادامه دهد.