طراحی فرآیندی جهت نیل به روشنایی طبیعی مناسب برای یک فضای کاری اداری در شهر تهران از طریق محاسبه ابعاد بهینه‌ی پنجره، سایبان و عمق مفید اتاق

مجید میری* ـ محسن کمپانی سعید**

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۱۰
تاریخ پذیرش نهایی: ۹۳/۹/۱۰

چکیده

استفاده‌ی صحیح از نور روز، استفاده‌ی صحیح از منبع رایگان انرژی است. توجه به کیفیت و کمیت نور روز، به ویژه در مراحل اولیه‌ی طراحی معماری بسیار حائز اهمیت است چرا که منجر به خلق فضایی با مصرف انرژی کمتر و کیفیت بالاتر شده و همزمان سلامت روحی و جسمی ساکنین را نیز تضمین می‌نماید. در ساختمان‌های تجاری، اداری و صنعتی نیز توجه به این مقوله، امکان افزایش بازدهی کارکنان را فراهم می‌آورد. از آنجائی که ذخیره‌ی انرژی خورشیدی دریافتی در فضای داخل و امکان استفاده از آن در دیگر ساعات روز به سادگی و بدون صرف هزینه امکان‌پذیر نمی‌باشد، حداکثر استفاده‌ی صحیح از نور روز می‌بایستی در همان مراحل اولیه‌ی طراحی، مدّ نظر طراحان و مهندسان قرار گیرد. در این مقاله ابتدا با لحاظ یک اتاق اداری نمونه در شهر تهران با جهت‌گیری در چهار جهت اصلی شمال، جنوب، شرق و غرب محاسبات لازم به منظور تعیین شکل و ابعاد بهینه‌ی پنجره‌ها، طول مفید اتاق و نیز نوع و ابعاد سایبان انجام پذیرفته و سپس در پایان فلوچارتی ارائه شده است که مراحل انجام کار را قدم به قدم شرح داده و طراحان و مهندسان را در ایجاد بنایی با روشنایی طبیعی مفید و مطلوب یاری نماید.

واژگان کلیدی: فضای اداری، ابعاد بهینه‌ی پنجره، عمق مفید اتاق، سایبان، نور روز.

* کارشناس ارشد معماری دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده معماری و شهرسازی، تهران، ایران؛ کارشناس ارشد طراحی نورپردازی دانشگاه KTH، استکهلم، سوئد (نویسنده مسئول).

Email: majid.miri@afconsult.com

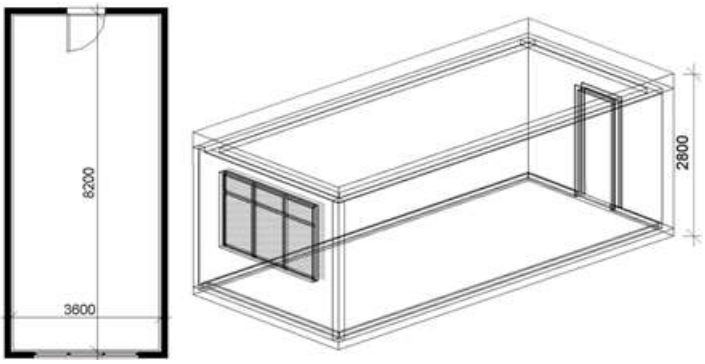
** کارشناس ارشد معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

مقدمه

از آنجائی که تعداد زیادی از مردم، قسمت مهمی از زندگی خود را در دفاتر کاری سپری می‌کنند، فلذا در طراحی دفاتر می‌بایستی علاوه بر رفع نیازهای عملکردی و زیبایی‌شناسانه‌ی فضا، تأثیرات آن بر سلامت روحی و جسمی ساکنین و بازدهی کارکنان نیز مدّ نظر قرار گیرد. نورپردازی به طور عام و نحوه‌ی دسترسی به روشنایی طبیعی به طور خاص از جمله عوامل مؤثر در ارتقاء و یا کاهش کیفیت فضا از نظر کارایی، زیبایی و سلامت روحی و جسمی ساکنین می‌باشند.
در فضایی که نور طبیعی منبع اصلی روشنایی است هر وقت صحبت از روشنایی مناسب در ساختمان می‌شود، بایستی هر سه پارامتر (میزان مناسب نور، آسایش ساکنین و مصرف انرژی) به طور همزمان مورد توجهِ مهندسین و طراحان قرار گیرد (Miri & Kompani Saeed, 2013, p. 110). لازم به ذکر است دید به بیرون که معمولاً به همراه طراحی نور روز مطرح می‌شود نیز در افزایش شادابی، سلامت روانی و حتی جسمی ساکنین از اهمیت بسزایی برخوردار است (Veitch, 2011).
از میان عوامل مؤثر بر کمیت و کیفیت روشنایی طبیعیِ داخل ساختمان ابعاد، شکل و نحوه‌ی جانمایی پنجره‌ها به همراه طول و عرض اتاق از جمله مواردی هستند که عموماً در مراحل آغازین پروسه‌ی طراحی یک بنا تعیین می‌گردند؛ پس آن‌ها جزو مهم‌ترین عواملی هستند که امکان دسترسی به روشنایی طبیعی مناسب را برای فضای مورد نظر فراهم می‌آورند.
در این مقاله برای یک اتاق نمونه‌ی اداری، درصد بهینه‌ی مساحت شیشه‌ی پنجره به مساحت دیوار بیرونی و نیز مقدار بهینه‌ی عمق فضا با توجه ویژه به بهره‌مندی مناسب و حداکثری از نور طبیعی برای هر یک از جهات چهارگانه‌ی شمال، جنوب، شرق و غرب محاسبه شده است. اتاق اداری که به عنوان نمونه در این مقاله مورد استفاده قرا گرفته است، در شهر تهران واقع شده و هیچگونه سایه‌اندازی از طرف ساختمان‌های اطراف خود ندارد. اگرچه کلیه‌ی محاسبات و ارزیابی‌های انجام شده در این مقاله مختص به این اتاق نمونه می‌باشد، ولی از آنجائی که این مقاله بیشتر بر روند طراحی تأکید دارد می‌توان از همین روند برای طراحی هر فضای دیگری با کاربری مختلف و جهت‌گیری متفاوت که در شهر دیگری نیز واقع شده است، استفاده نمود.

۱. اتاق اداری مرجع

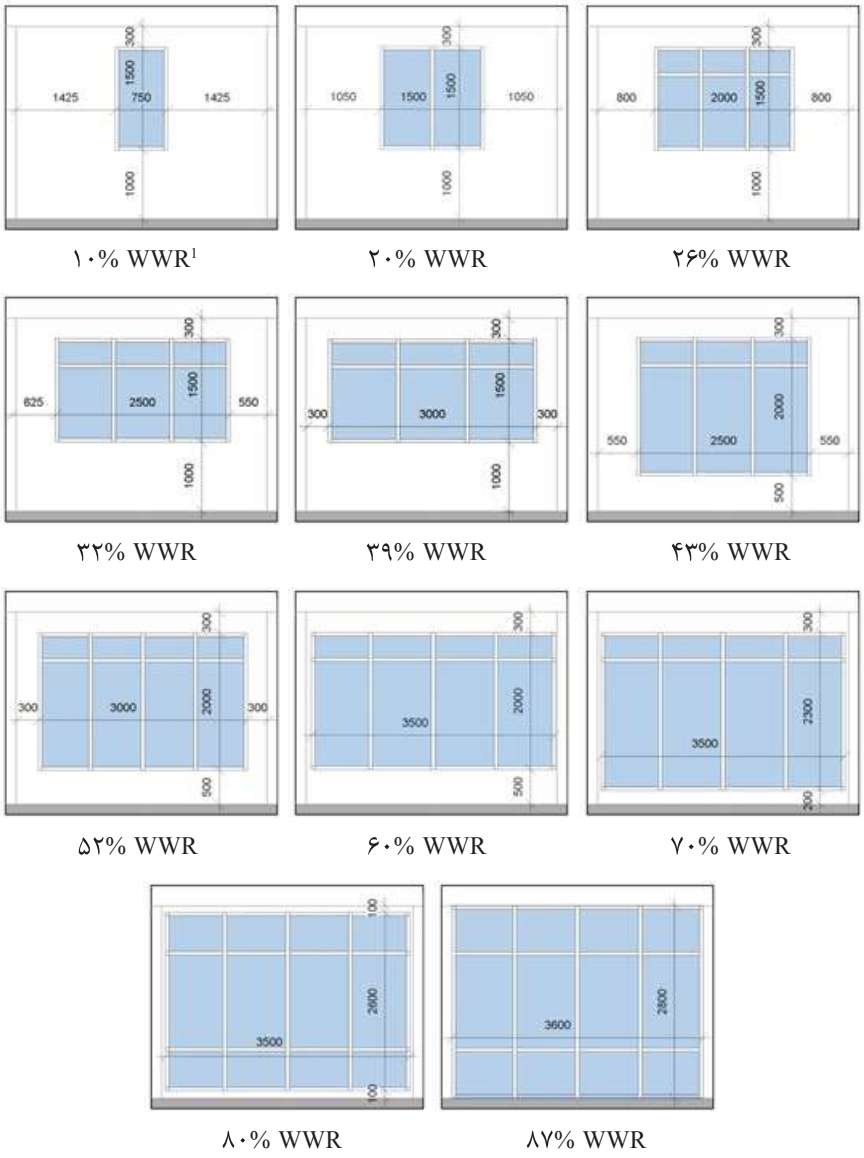
شکل ۱: ابعاد اتاق اداری مرجع



(Reinhart CF et al., 2013, p. 3647)

اتاق اداری مرجع ایده‌ای است که توسط کریستوف راینهارت و همکارانش در سال ۲۰۱۳ مطرح گردید (Reinhart et al., 2013, p. 3647). استفاده از فضایی استاندارد برای انجام مطالعات و تحقیقات به این دلیل مطرح شده است که در آینده می‌توان از این روش جهت مقایسه مطالعات مختلف (که توسط افراد گوناگون در سرتاسر جهان با موضوعات و خواسته‌های مختلف در زمینه‌ی طراحی فضای اداری انجام می‌شود) بهره جست. در این مقاله ابعاد اتاق و نیز اندازه و نحوه‌ی جانمایی پنجره‌ی بیرونی اتاق، مطابق با ابعاد تعریف شده‌ی پیشنهادی اتاق مرجع می‌باشد.
ابعاد فضای اداری مرجع مورد مطالعه ۳/۶ در ۸/۲ در ۲/۸ متر می‌باشد. عمق ۸/۲ متری به این دلیل انتخاب شده که تأثیر انواع گزینه‌های مختلف در بهره‌گیری از روشنایی خورشید در آن به راحتی قابل مشاهده باشد. در این مقاله ضریب انعکاس مصالح دیوارهای داخلی، کف و سقف اتاق مورد نظر به ترتیب مقادیر ۶۰ درصد، ۳۰ درصد، ۸۰ درصد و نیز ضریب عبور نور مرئی برای شیشه‌ی پنجره‌ی اتاق، مقدار ۷۰ درصد در نظر گرفته شده است.

شکل ۲: گزینه‌های مختلف برای نسبت مساحت شیشه‌ی پنجره به دیوار بیرونی (WWR) **در اتاق اداری مرجع مورد مطالعه**



۱۰% WWR[1] ۲۰% WWR ۲۶% WWR

۳۲% WWR ۳۹% WWR ۴۳% WWR

۵۲% WWR ۶۰% WWR ۷۰% WWR

۸۰% WWR ۸۷% WWR

(Reinhart et al., 2013, p. 3647)

۲. شرایط لازم جهت دسترسی مناسب به روشنایی طبیعی در یک اتاق اداری

از آنجائی که در یک فضای اداری معمولاً کارهایی مانند خواندن و نوشتن از طریق کامپیوتر و یا کاغذ انجام می‌گیرد، و نیز چون ساکنین چنین فضاهایی عموماً چندین ساعت به طور ثابت پشت میز خود نشسته و امکان تغییر جا و یا جهت دید برایشان مقدور نیست، پس هنگام طراحی روشنایی چنین فضاهایی می‌بایست موارد زیر را مورد توجه قرار داد:

- اطمینان از دسترسی به شدت روشنایی کافی برای انجام امور بر روی میز کار.
- ایجاد تعادل بین روشنایی طبیعی و الکتریکی به گونه‌ای که تغییرات در شدت و جهت نور خورشید در اتاق قابل تشخیص باشد.
- ایجاد ارتباط بصری با دنیای خارج (از طریق دید به بیرون).
- جلوگیری از بروز انواع خیرگی برای ساکنین فضا (Tregenza & Wilson, 2011, p. 123).

در اینجا جهت ساده‌سازی تنها به مقوله‌ی دسترسی به روشنایی طبیعی کافی جهت یک فضای اداری پرداخته شده است،

ولی جهت حصول نتایج قابل اتکاتر و جامع‌تر بایستی بقیه‌ی موارد نیز به همان میزان مورد توجه و مطالعه قرار گیرند.

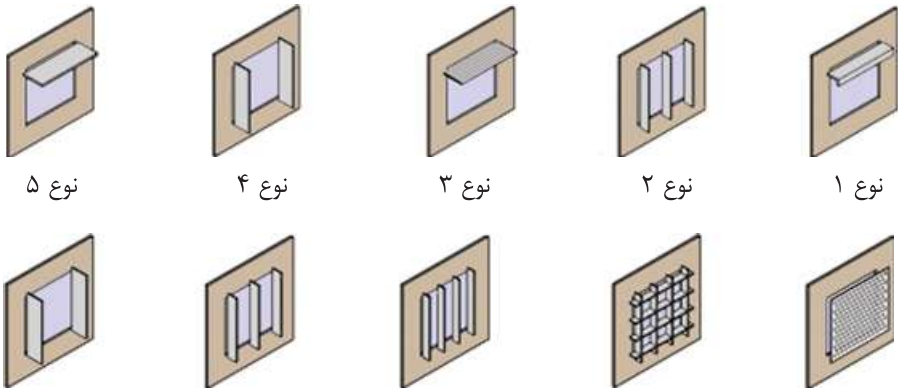
۳. استفاده از روزنه‌های عمودی در ساختمان

از بین روش‌های متنوع جهت بهره‌گیری از نور طبیعی در ساختمان، استفاده از نورگیرهای جانبی[۲] و همچنین نورگیرهای سقفی[۳] متداول‌تر از بقیه‌ی موارد می‌باشند. جهت مقایسه‌ی این دو نیز باید گفت که اصولاً به کارگیری نورگیرهای جانبی که به معنی استفاده از پنجره در دیوارهای جانبی ساختمان است، مهم‌ترین و کاربردی‌ترین روش برای ورود روشنایی طبیعی و همچنین امکان استفاده از دید به بیرون محسوب می‌شود.
هر چند اهمیت آسایش دمایی و بصری ساکنین در ساختمان کمتر از دیگر عوامل مؤثر بر کمیت و کیفیت روشنایی طبیعی داخل نیست، ولی در اینجا از پرداختن به آن صرف نظر نموده و تنها به مقوله ارزیابی نسبت بهینه‌ی مساحت شیشه‌ی پنجره‌ها به دیوار خارجی و نیز عمق مفید اتاق می‌پردازیم.

۴. انواع روش‌های سایه‌اندازی

از میان روش‌های مختلفی که برای سایه‌اندازی پنجره‌های عمودی ساختمان وجود دارند، استفاده از سایبان‌های عمودی و افقی از معمول‌ترین آن‌ها می‌باشند. در اینجا از بین متداول‌ترین انواع سایبان‌های افقی و عمودی که در شکل شماره‌ی ۳ نشان داده شده‌اند از نوع یک برای وقتی که فقط سایبان افقی مورد نیاز بوده و از انواع یک و نه به صورت توأمان زمانی که هر دو سایبان افقی و عمودی مورد احتیاج بوده است، بهره گرفته‌ایم.

شکل ۳: تعدادی از متداول‌ترین انواع سایه‌اندازهای عمودی و افقی



(Ander G et al., 2013, p. 56)

۵. واحدهای ارزیابی روشنایی طبیعی

در حالت کلی دو نوع ارزیابی نور روز در ساختمان مطرح می‌باشد که برحسب انتخاب تنها یک نوع آسمان (به طور مثال آسمان تمام ابری) و یا مجموعه‌ای از انواع وضعیت‌های آب و هوایی (با استخراج داده‌های آب و هوایی از فایل آب و هوا که نمایانگر وضعیت آب و هوایی غالب جهت منطقه مورد نظر می‌باشد) (Mardaljevic et al., 2011, p. 3) می‌توان آن را به دو نوع ایستا و پویا تقسیم‌بندی نمود (Reinhart et al., 2006).
از آنجایی که کمیت و کیفیت نور روز به صورت لحظه‌ای متغیر است بنابراین نوع ارزیابی‌های ایستا با محدودیت مواجه بوده و امروزه مدل‌های شبیه‌سازی پویا بیش از پیش مورد توجه و استفاده‌ی کاربران قرار گرفته‌اند. در روش شبیه‌سازی پویا پس از انتخاب دوره‌ی مشخصی از سال و یا تمام طول سال، میزان مصرف انرژی، نحوه و میزان روشنایی فضا در طول آن دوره (بر اساس تغییرات میزان نور روز وابسته به تغییرات آب و هوایی در طول سال) اندازه‌گیری می‌شود (Reinhart et al., 2006, p. 7). در این مقاله از میان انواع شاخص‌های متداول ارزیابی روشنایی طبیعی پویا، موارد زیر تعریف شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

۱ـ۵ـ اتونومی نور روز[۴]

اتونومی نور روز جزو شاخص‌های پویای ارزیابی نور روز بوده و برای یک نقطه‌ی معین در فضای داخلی معادل است با درصدی از زمان‌های مورد استفاده از ساختمان در سال که در آن، سطح روشنایی مورد نیاز آن فضا که براساس نوع کاربری آن تعیین می‌گردد به تنهایی توسط روشنایی طبیعی قابل دسترس باشد (Miri & Kompani Saeed, 2013, p. 110).

۲ـ۵ـ اتونومی نور روز فضایی[۵]

این واحد ارزیابی روشنایی، درصدی از سطح فضای کاری داخلی که به روشنایی طبیعی کافی دسترسی دارند را تعیین می‌نماید. براساس پیشنهاد جامعه‌ی مهندسان روشنایی (IES) به منظور تأمین روشنایی کافی در هر نقطه از سطح فضای کاری، حداقل اتونومی نور روز ۵۰ درصد با حداقل روشنایی طبیعی مورد نیاز ۳۰۰ لوکس در زمان‌های کاری بین ۸ صبح تا ۶ بعد از ظهر تعریف شده است. هنگام محاسبه‌ی این شاخص ارزیابی نور روز، سیستم‌های سایه‌اندازی متحرک داخلی و یا خارجی به گونه‌ای عمل می‌نمایند که هرگاه بیش از ۲ درصد از سطح کاری، پذیرنده‌ی شدت روشنایی طبیعی که تنها ناشی از تابش نور مستقیم خورشید است بیش از ۱۰۰۰ لوکس باشد، این سایه‌اندازها بسته شده و تنها به ۲۰ درصد از روشنایی طبیعی ورودی اجازه عبور می‌دهد. بدین ترتیب مابقی جذب شده و یا به بیرون بازتابیده می‌شوند و این شاخص به صورت $sDA_{300/50\%}$ تعریف می‌گردد (Andersen et al., 2012, p. 2).

۳ـ۵ـ روشنایی مفید نور روز[۶]

همانند اتونومی نور روز، این شاخص نیز جزو شاخص‌های پویا بوده و همانگونه که از اسم آن بر می‌آید نشان‌دهنده‌ی آن است که روشنایی طبیعی در دسترس در ساختمان، در چه میزان از کلّ زمان‌های مورد اشغال آن مفید و قابل استفاده (بین ۱۰۰ تا ۲۰۰۰[۷] لوکس) بوده و نیز چه درصدی از آن خیلی تاریک (کمتر از ۱۰۰ لوکس) و یا خیلی روشن (بیش از ۲۰۰۰ لوکس) می‌باشد (Nabil & Mardaljevic, 2005, p. 2).

۴ـ۵ـ روشنایی مفید نور روز فضایی[۸]

تعریف روشنایی مفید نور روز فضایی شبیه به اتونومی نور روز فضایی است، ولی به منظور تعیین میزان دسترسی یک فضا به روشنایی طبیعی مفید به جای استفاده از اتونومی نور روز می‌بایستی از روشنایی مفید نور روز استفاده نمود. در اینجا این شاخص را می‌توان به صورت $sUDI_{100\text{-}2000/50\%}$ تعریف نمود.

۵ـ۵ـ دریافت سالیانه‌ی نور مستقیم خورشید[۹]

این واحد ارزیابی روشنایی امکان احتمال مشکلات بصری ناشی از خیرگی ناراحت‌کننده[۱۰] را برای محیط‌های کاری داخلی به دست می‌دهد. تعریف این واحد براساس اندازه‌گیری درصدی از سطح کاری است که تعداد ساعات دریافتی نور مستقیم خورشید در آن‌ها از یک حدّ معینی بیشتر می‌باشد. بر اساس پیشنهاد ارائه شده توسط جامعه‌ی مهندسان روشنایی (IES) این حدّ معین ۲۵۰ ساعت تعیین شده است. در هنگام محاسبه‌ی این شاخص ارزیابی نور روز، می‌بایستی استفاده از هر گونه سیستم‌های سایه‌اندازی داخلی و یا خارجی متحرک منع گردد. برای تعیین اینکه چه زمانی می‌توان نور روز دریافتی یک نقطه‌ی مشخص در اتاق را نور مستقیم خورشید نامید، جامعه‌ی مهندسان روشنایی مقدار شدت روشنایی ۱۰۰۰ لوکس را که تنها از طریق نور مستقیم خورشید و نه روشنایی آسمان در آن نقطه قابل دریافت می‌باشد را به عنوان حداقل شدت روشنایی تعیین کرده‌اند. واحد روشنایی مذکور به صورت $ASE_{1000/250h}$ قابل تعریف است (Andersen et al., 2012, p. 10).

۶. فضا با روشنایی طبیعی کافی

قسمتی از فضای داخلی که دسترسی به میزان کافی و یا مناسبی از روشنایی طبیعی داشته باشد را مکانی با روشنایی طبیعی کافی[۱۱] می نامیم. به این ترتیب می‌توان بقیه‌ی فضا را مکانی با روشنایی طبیعی ناکافی[۱۲] و یا تاریک نامید. با توجه به نوع فضا تعیین حداقلی از شدت روشنایی طبیعی مورد نیاز می‌باشد که به کمک آن بتوان آن نقطه از فضا را مکانی با روشنایی طبیعی کافی و یا ناکافی نام نهاد. به این دلیل که شدت و جهت نور روز همواره در حال تغییر است، پس نقطه‌ی تلاقی بین قسمت با روشنایی کافی و ناکافی فضا نیز همواره در حال تغییر می‌باشد. حال اگر بخواهیم یک نقطه از فضا را به صورت سالیانه به دو بخش مکانی با دسترسی به روشنایی طبیعی مناسب یا نامناسب تقسیم کنیم، می‌بایستی آن فضا را با توجه به شرایط آب و هوایی محل برای تمام طول سال مورد ارزیابی قرار دهیم.

جامعه‌ی مهندسان روشنایی آمریکای شمالی (IESNA) برای ارزیابی یک نقطه از فضا از نظر دسترسی به روشنایی طبیعی کافی و یا ناکافی برای فضاهایی به مانند دفاتر کاری، کلاس‌های درس، اتاق‌های جلسات و نظایر آن‌ها، اتونومی نور روز حداقل ۵۰ درصد و یا بیشتر را که بر اساس میزان ۳۰۰ لوکس به عنوان حداقل روشنایی مورد نیاز برای ساعات کاری بین ۸:۰۰ صبح تا ۶:۰۰ بعد از ظهر در نظر گرفته شده را تعریف نموده است ($DA_{300} \geq 50\%$) (Reinhart, 2014, pp. 91-93).

به علاوه، برای تعریف یک نقطه از فضا به عنوان مکانی با دسترسی به روشنایی طبیعی مفید و یا غیرمفید می‌توان به همین منوال عمل نمود و هر مکانی که شدت روشنایی طبیعی مفید آن برابر و یا بیشتر از ۵۰ درصد باشد ($UDI_{100\text{-}2000}$) را مکانی با دسترسی به روشنایی طبیعی مفید تلقی نمود. مهم‌ترین تفاوتی که بین محاسبه‌ی DA_{300} و $UDI_{100\text{-}2000}$ وجود دارد این است که در DA_{300} حدی برای حداکثر روشنایی طبیعی قابل قبول که به کمک آن بتوان زمان‌هایی که فضای مورد نظر دچار مشکلات ناشی از ورود بیش از اندازه‌ی نور مستقیم خورشید به فضا می‌شود را شناسایی نمود، وجود ندارد؛ در حالی که در $UDI_{100\text{-}2000}$ این فاکتور قبلاً مدّ نظر قرار گرفته و حدّ آن ۲۰۰۰ لوکس تعیین شده است.

نیز اگر بخواهیم فضایی را که از نظر دسترسی به روشنایی طبیعی مورد ارزیابی قرار گرفته به عنوان فضایی با روشنایی طبیعی مطلوب[۱۳] امتیازدهی نماییم، می‌بایستی که حداقل ۷۵ درصد از سطح کاری فضای مورد نظر واجد شرایط ذکر شده‌ی فوق باشد ($DA_{300} \geq 50\%$ برای تعیین فضا به عنوان مکانی با روشنایی طبیعی مناسب و یا $UDI_{100\text{-}2000} \geq 50\%$ برای تعیین فضا به عنوان مکانی با دسترسی به روشنایی طبیعی مفید). اگر در فضایی به جای ۷۵ درصد از سطح کاری فضا تنها ۵۵ درصد آن واجد شرایط مذکور باشد، چنین فضایی را مکانی با روشنایی طبیعی قابل قبول می‌نامیم (Andersen et al., 2012, p. 3).

در صورت استفاده از اتونومی نور روز فضایی جهت امتیازدهی، جامعه‌ی مهندسان روشنایی آمریکا (IESNA) ضابطه‌ی دیگری را تعریف نموده است که در حقیقت مکمل اتونومی نور روز فضایی ($DA_{300} \geq 50\%$) بوده و مقادیر دریافت سالیانه‌ی نور مستقیم خورشید ($ASE_{1000/250h}$) به صورت ۱۰ درصد و یا بیشتر، برای ارزیابی یک فضا به عنوان فضایی با آسایش بصری نامطلوب[۱۴]، حداکثر ۷ درصد برای تعیین فضا به عنوان مکانی با آسایش بصری قابل قبول[۱۵] و یا ۳ درصد برای فضایی با آسایش بصری مطلوب[۱۶] تعریف شده‌اند. مشابه با نسخه‌ی ۴ استاندارد محیط زیستی لید (LEED)، در این مقاله میزان حداکثر ۱۰ درصد را برای تعیین مکانی با آسایش بصری مناسب انتخاب نموده‌ایم؛ این به این معنی است که حداکثر بیش از ۱۰ درصد از سطح کاری فضا در بیش از ۲۵۰ ساعت از سال در مواجهه با نور مستقیم خورشید نبوده در حالی که در بقیه‌ی نقاط، این زمان کمتر از ۲۵۰ ساعت می‌باشد.

شکل ۴: تغییر مرز بین قسمت روشن و تاریک اتاق در ۳ زمان مختلف برای روز اول فروردین/مهر در اتاق اداری مرجع رو به جنوب با WWR برابر با ۳۹ درصد

۹:۰۰ صبح اول بهار/ اول پاییز ۱۲:۰۰ ظهر اول بهار/ اول پاییز ۳:۰۰ بعد از ظهر اول بهار/ اول پاییز

شکل ۵: شکل سمت راست: دریافت سالیانه‌ی نور مستقیم خورشید (ASE_{1000}) بر روی سطح کاری اتاق اداری مرجع رو به جنوب به همراه تفکیک قسمت‌هایی قابل قبول ($ASE_{1000} \leq 10\%$) و غیر قابل قبول ($ASE_{1000} \geq 10\%$)؛ شکل میانی: محاسبه‌ی شدت روشنایی مفید در نقاط فرضی بر روی سطح کاری اتاق اداری مرجع رو به جنوب به همراه تفکیک بین قسمت با روشنایی مفید ($UDI_{100\text{-}2000} \geq 50\%$) و قسمت با روشنایی غیرمفید ($UDI_{100\text{-}2000} < 50\%$)؛ شکل سمت چپ: محاسبه‌ی اتونومی نور روز در نقاط فرضی بر روی سطح کاری اتاق اداری مرجع رو به جنوب به همراه تفکیک بین قسمت با روشنایی کافی ($DA_{300} \geq 50\%$) و قسمت با روشنایی ناکافی ($DA_{300} < 50\%$)

۷. نرم‌افزارها و پارامترهای مورد استفاده برای مدل کردن و آنالیز نور روز

در این مقاله مدل سه‌بعدی اتاق مرجع در نرم‌افزار رویت (Revit) ساخته شده سپس در اکوتکت (Ecotect) آماده‌سازی و نهایتاً محاسبات مربوط به اتونومی نور روز و روشنایی مفید نور روز توسط نرم‌افزار دیسیم (Daysim) انجام پذیرفته است. لازم به ذکر است که میزان دریافت سالیانه‌ی نور خورشید نیز به کمک نرم‌افزار رادینس (Radiance) محاسبه شده است. مقادیر و مهم‌ترین پارامترهای استفاده شده در انجام محاسبات توسط نرم‌افزار دیسیم (Daysim) و رادینس (Radiance) به شرح زیر می‌باشند:

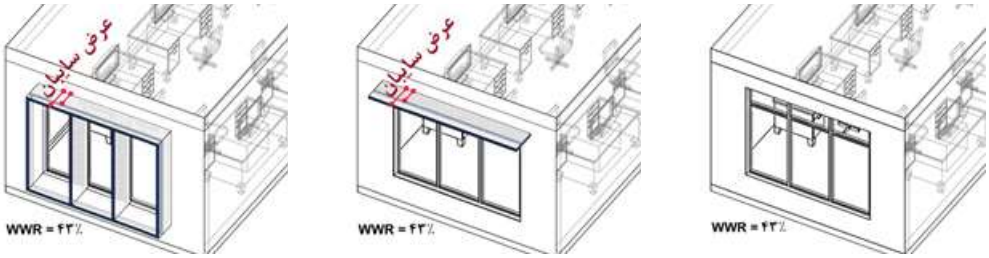
جدول ۱: مقادیر مورد استفاده برای پارمترهای نرم‌افزار دیسیم (Daysim) و رادینس (Radiance)

Direct thresh-old	Ambient resolution	Ambient accuracy	Ambient sampling	Ambiend Division	Ambienb Bounces
0	300	0.5	100	1500	8

۸. روند طراحی برای رسیدن به حداقل شرایط قابل قبول در یک فضای کاری

در قدم اول نیاز و یا عدم نیاز به سایبان‌های افقی و یا عمودی بر مبنای دریافت سالیانه‌ی نور مستقیم خورشید ($ASE_{1000/250h} \leq 10\%$) برای هریک از اتاق‌ها با WWRها و جهت‌یابی‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد. در حالتی که نیازمند به استفاده از سایبان باشیم (به دلیل ورود بیش از اندازه‌ی نور مستقیم خورشید به فضای داخل) دو راه حل پیشنهاد می‌گردد؛ راه حل اول: استفاده از سایبان افقی و یا افقی ـ عمودی (شکل‌های ۶ و ۷)، راه حل دوم: عقب‌نشینی سطح کاری فضا از پنجره‌ی بیرونی (شکل ۸) که نتیجه‌ی آن کاهش بخشی از فضای کاری داخلی است که احتمال در معرض نور مستقیم خورشید بودن آن در طول سال بیش از بقیه‌ی قسمت‌ها می‌باشد. مزیت راه حل دوم این است که اجازه‌ی ورود نور طبیعی بیشتری به داخل فضا داده می‌شود ولی مشکلات ناشی از افزایش بار سرمایشی ساختمان، به خصوص در فصول گرم سال همچنان به قوت خود باقی می‌ماند، اگرچه مشکلات خیرگی در فضا با عقب‌نشینی سطح کار کاهش می‌یابد.

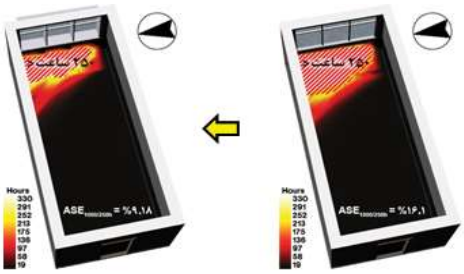
شکل ۶: استفاده از دو نوع سایبان افقی و یا افقی ـ عمودی برای وقتی که مقدار $ASE_{1000/250h}$ برای فضای مورد نظر بیش از ۱۰ درصد می‌باشد.



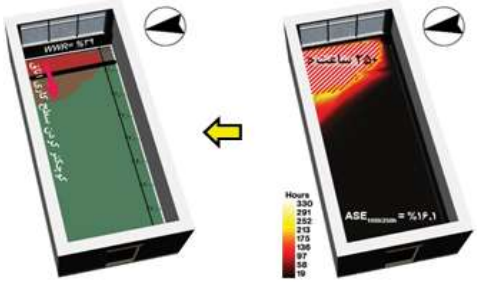
استفاده از سایبان افقی و عمودی | استفاده از سایبان افقی | اتاق بدون هرگونه سایبان بیرونی

گام بعدی، تعیین عمق مفید اتاق است که به کمک محاسبه‌ی شدت روشنایی مفید نور روز فضایی ($sUDI_{100\text{-}2000/50\%} \geq 75\%$) برای هریک از انواع WWR انجام می‌گیرد. اگر به جای شدت روشنایی مفید نور روز فضایی از اتونومی نور روز فضایی ($sDA_{300/50\%} \geq 75\%$) استفاده شود فضای مورد طراحی، در عوض فضایی با روشنایی مفید فضایی با روشنایی مناسب خواهد بود.

شکل ۷: از آنجایی که در اینجا مقدار $ASE_{1000/250h}$ از حداکثر میزان قابل قبول ۱۰ درصد تجاوز نموده راه حل اول استفاده از سایبان می‌باشد.



شکل ۸: از آنجایی که در اینجا مقدار $ASE_{1000/250h}$ از حداکثر میزان قابل قبول ۱۰ درصد تجاوز نموده راه حل دوم عقب‌نشینی سطح کاری اتاق از پنجره‌ی بیرونی آن می‌باشد.



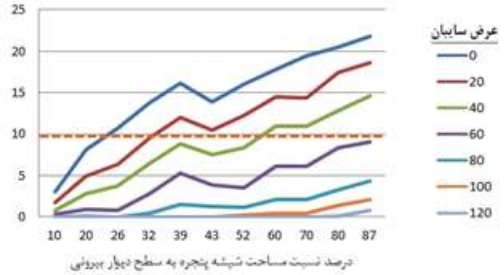
۹. محاسبات دریافت سالیانه‌ی نور خورشید ($ASE_{1000/250h}$)

در این قسمت، واحد ارزیابی نور روز دریافت سالیانه‌ی نور خورشید ($ASE_{1000/250h}$) برای گزینه‌های مختلف WWR در سه جهت از چهار جهت جغرافیایی اصلی ساختمان (جنوب، شرق و غرب) محاسبه شده (برای زمانی که هیچ سایه‌انداز متحرکی در فضا وجود ندارد) و سپس براساس نتایج به دست آمده، برای حالاتی که میزان $ASE_{1000/250h}$ بیش از ۱۰ درصد می‌باشد، هر یک از دو راه حل پیشنهادی در بخش قبلی (استفاده از سایبان و یا عقب‌نشینی سطح کاری از پنجره‌ی بیرونی اتاق، شکل‌های ۶، ۷ و ۸) آزمایش شده و سپس مجدداً محاسبه‌ی میزان $ASE_{1000/250h}$ انجام شده است. برای اتاق‌های رو به شمال از آنجائی که تعداد ساعاتی که نور مستقیم خورشید وارد فضا می‌شود تنها محدود به اوایل صبح و اواخر بعد از ظهر در پایان بهار و اوایل تابستان می‌باشد و هیچ نقطه‌ای در فضا در این حالت بیش از ۲۵۰ ساعت در سال در مواجهه با نور مستقیم خورشید قرار ندارد، از محاسبه‌ی آن صرف نظر شده است. در این مقاله جهت راه حل اول که شامل استفاده از سایبان بوده، در ابتدا سایبان‌های افقی با عرض متغیر بین ۲۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر فرض شده و سپس میزان $ASE_{1000/250h}$ مربوطه محاسبه گردیده است. در گام بعدی برای حالاتی که میزان $ASE_{1000/250h}$ کماکان بیش از ۱۰ درصد بوده سایبان‌های افقی و عمودی به طور همزمان با عرض متغیر بین ۲۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر مورد بررسی مجدد قرار می‌گیرند (عرض متغیر سایبان در شکل ۶ نشان داده شده است).

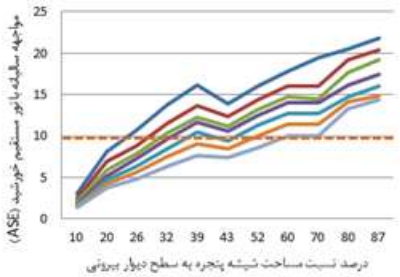
در انتهای این بخش برای رسیدن به میزان $ASE_{1000/250h}$ کمتر از ۱۰ درصد نوع و مقدار بهینه‌ی عرض سایبان‌ها به کمک راه حل اول و نیز مقدار مورد نیاز عقب‌نشینی سطح کاری از پنجره‌ی بیرونی اتاق به کمک راه حل دوم تعیین شده است. در هر دو حالت محاسبات برای هر یک از جهات شرقی، غربی و جنوبی ساختمان و برای هر یک از نسبت‌های WWR اتاق به صورت جداگانه انجام پذیرفته است.

در زیر نمودارهای محاسبات دریافت سالیانه‌ی نور خورشید براساس درصدهای مختلف نسبت مساحت شیشه‌ی پنجره به دیوار بیرونی اتاق برای دو نوع سایبان افقی و عمودی در جهت‌های شرقی، غربی و جنوبی ارائه شده است:

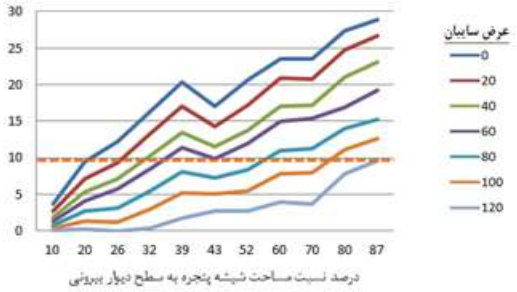
نمودار ۱: سایبان افقی، اتاق اداری رو به شرق



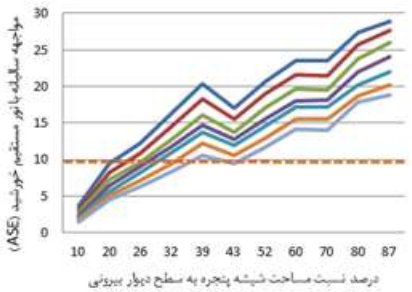
نمودار ۲: سایبان افقی و عمودی، اتاق اداری رو به شرق



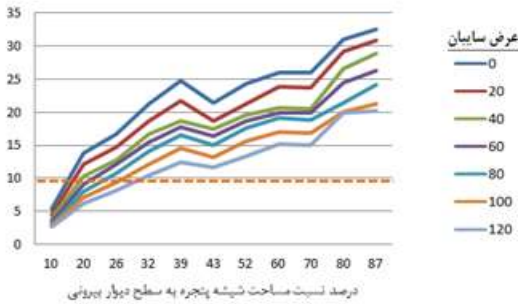
نمودار ۳: سایبان افقی، اتاق اداری رو به غرب



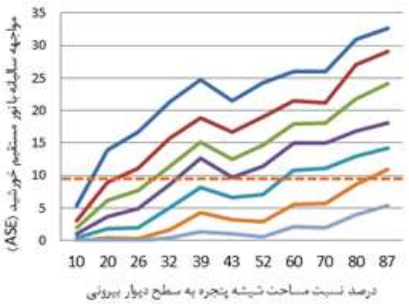
نمودار ۴: سایبان افقی و عمودی، اتاق اداری رو به غرب



نمودار ۵: سایبان افقی، اتاق داری رو به جنوب

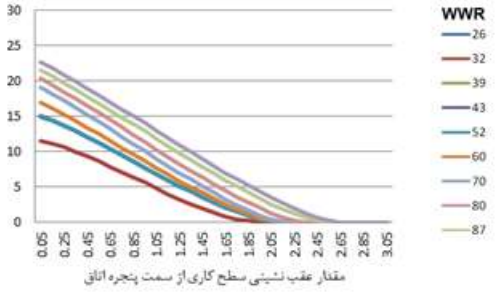


نمودار ۶: سایبان افقی و عمودی، اتاق اداری رو به جنوب

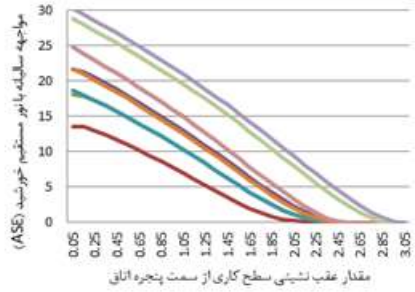


نمودارهای $ASE_{1000/250h}$ براساس درصدهای مختلف WWR برای راه حلی که شامل عقب‌نشینی سطح کاری فضا از پنجره‌ی بیرونی می‌شود برای هر یک از جهت‌های شرقی، غربی و جنوبی ساختمان به شرح ذیل می‌باشند:

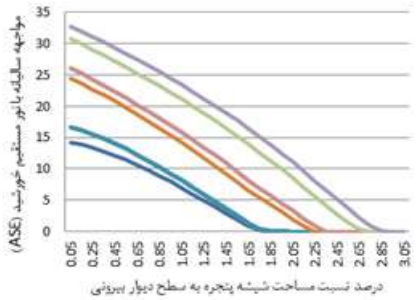
نمودار ۷: اتاق اداری رو به شرق



نمودار ۸: اتاق اداری رو به غرب



نمودار ۹: اتاق اداری رو به جنوب



با بررسی نمودارهای بالا نتایج زیر به دست آمده است:

ـ پیرو نمودارهای ۱ تا ۶ در حالت اول، نوع و اندازه‌ی عرض مورد نیاز برای سایبان‌ها طبق جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: نوع و اندازه‌ی بهینه‌ی عرض سایبان براساس محاسبه‌ی $ASE_{1000/250h} \leq 10\%$ برای انواع WWRها در یک اتاق اداری با سه جهت شرق، غرب و جنوب

WWR	رو به شرق		رو به غرب		رو به جنوب	
	افقی	افقی/عمودی	افقی	افقی/عمودی	افقی	افقی/عمودی
۱۰	-	-	-	-	-	-
۲۰	-	-	-	-	-	۲۰
۲۶	۱۰	-	-	۲۰	-	۳۰
۳۲	-	۲۰	-	۵۰	-	۶۰
۳۹	-	۳۰	-	۷۰	-	۸۰
۴۳	-	۳۰	-	۶۰	-	۶۰
۵۲	-	۴۰	-	۸۰	-	۷۰
۶۰	-	۵۰	-	۹۰	-	۹۰
۷۰	-	۵۰	-	۹۰	-	۹۰
۸۰	-	۶۰	-	۱۱۰	-	۱۰۰
۸۷	-	۶۰	-	۱۲۰	-	۱۱۰

ـ در حالت دوم که هیچ گونه سایبانی وجود ندارد، تنها در گزینه‌های WWR ۱۰ درصد و ۲۰ درصد برای فضاهای رو به شرق و غرب مقدار $ASE_{1000/250h}$ قابل قبول بوده و در بقیه‌ی موارد این مقدار بیش از حداکثر حدّ مجاز ۱۰ درصد حاصل شده است، در حالی که برای فضاهای رو به جنوب تنها گزینه‌ی WWR ۱۰ درصد قابل قبول است؛ بنابراین برای دیگر گزینه‌های WWR می‌بایستی که قسمتی از سطح کاری اتاق که چسبیده به پنجره‌ی بیرونی می‌باشد را حذف نماییم. جدول شماره‌ی ۳ مقدار عقب‌نشینی سطح کاری از طرف پنجره‌ی اتاق را نشان می‌دهد.

جدول ۳: مقدار عقب‌نشینی سطح کاری از طرف پنجره‌ی اتاق براساس محاسبه‌ی $ASE_{1000/250h} \leq 10\%$ برای انواع WWRها در یک اتاق اداری با سه جهت شرق، غرب و جنوب

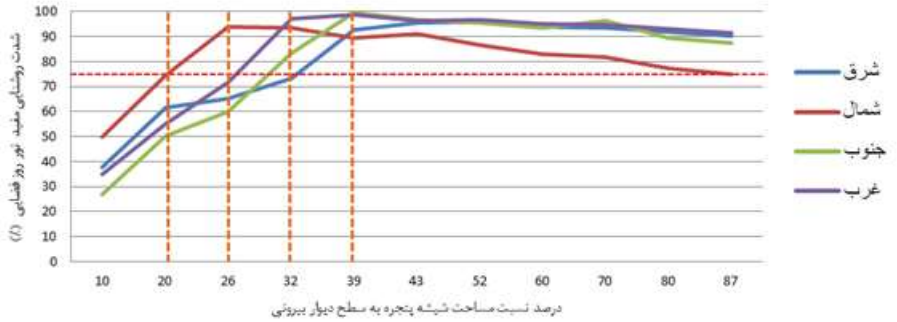
		شرق	غرب	جنوب
WWR	۱۰	۰	۰	۰
	۲۰	۰	۰	۰/۷۵
	۲۶	۰/۴۵	۰/۷۵	۰/۹۵
	۳۲	۰/۷۵	۱/۱۵	۰/۹۵
	۳۹	۰/۷۵	۱/۳۵	۰/۹۵
	۴۳	۰/۷۵	۱/۱۵	۰/۹۵
	۵۲	۰/۸۵	۱/۳۵	۱/۴۵
	۶۰	۱/۰۵	۱/۵۵	۱/۵۵
	۷۰	۱/۱۵	۱/۵۵	۱/۵۵
	۸۰	۱/۲۵	۱/۹۵	۱/۹۵
	۸۷	۱/۳۵	۲/۰۵	۲/۱۵

۱۰. محاسبات شدت روشنایی مفید نور روز فضایی ($sUDI_{100-2000/50\%}$)

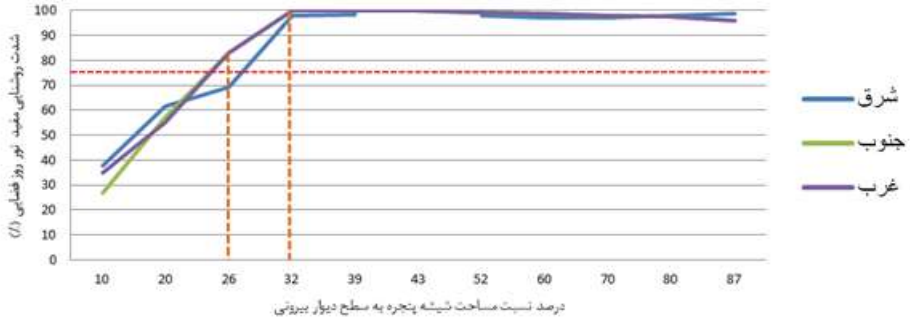
برای هر یک از راهکارهای استفاده از سایبان و عقب‌نشینی سطح کاری اتاق از طرف پنجره در هر یک از جهت‌های جغرافیایی شرقی، غربی و جنوبی مقدار بهینه‌ی WWR بر پایه‌ی شدت روشنایی مفید نور روز فضایی ($sUDI_{100-2000/50\%} \geq 75\%$) محاسبه می‌شود (شکل ۹). نمودارهای ۱۰ و ۱۱ مقادیر شدت روشنایی مفید نور روز فضایی را بر مبنای استفاده از سایبان (نوع و ابعاد سایبان مطابق با مقادیر جدول ۲) و یا عقب‌نشینی سطح کاری از سمت پنجره (اندازه‌ی عقب‌نشینی مطابق با جدول ۳) برای هریک از جهت‌های جغرافیایی نمایش می‌دهند.

شکل ۹: مثالی جهت نمایش نحوه‌ی محاسبه‌ی $sUDI_{100-2000/50\%}$ برای یک اتاق اداری رو به شرق با WWR = ۳۹%؛ در شکل سمت چپ، درصد نسبت مساحت بخش سبز رنگ به مساحت کل سطح کاری اتاق برابر مقدار $sUDI_{100-2000/50\%}$ اتاق است که در اینجا ۷۶/۵ درصد می‌باشد.

نمودار ۱۰: مقادیر شدت روشنایی مفید نور روز فضایی بر اساس نوع و اندازه‌ی سایبان مطابق با مقادیر ذکر شده در جدول ۲ برای جهت‌های شرق، غرب و جنوب، و بدون استفاده از هرگونه سایبان برای فضای اداری رو به شمال



نمودار ۱۱: مقادیر شدت روشنایی مفید نور روز فضایی بر اساس مقادیر عقب‌نشینی سطح کاری از طرف پنجره‌ی اتاق اداری ذکر شده در جدول ۳



جدول ۴: مقدار بهینه‌ی WWR در یک اتاق اداری بر اساس هر دو راه حل استفاده از سایبان و یا عقب‌نشینی سطح کاری برای جهات جغرافیایی مختلف اتاق

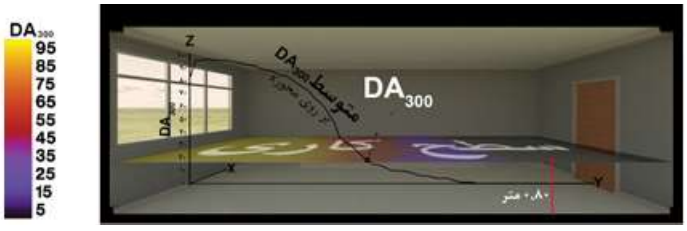
	در حالت عقب‌نشینی سطح کاری از طرف پنجره‌ی اتاق اداری			در حالت استفاده از سایبان			
	شرق	غرب	جنوب	شرق	غرب	جنوب	شمال
WWR	۳۲	۲۶	۲۶	۳۲	۳۲	۳۹	۲۰

۱۱. محاسبات اتونومی نور روز (DA_{300})

در اینجا برای راهکارهای ارائه شده در جهات جغرافیایی شرقی، غربی و جنوبی ، مقدار عمق بهینه‌ی اتاق بر اساس متوسط اتونومی نور روز (aDA_{300}) نقاطی که فاصله‌ی آن‌ها از دیوار بیرونی برابر است (شکل ۱۰) محاسبه می‌گردد. جهت تعیین مرز بین نقاطی که متوسط اتونومی نور روز آن‌ها کمتر و بیشتر از ۵۰ درصد است، خطی فرضی که قسمت روشن (با روشنایی طبیعی کافی) را از قسمت تاریک فضا (با روشنایی طبیعی ناکافی) جدا می‌کند، ترسیم می‌گردد. از آنجائی که در تعریف فضا با روشنایی مناسب، می‌بایستی که حداقل ۷۵ درصد کلّ فضای کاری دارای $DA_{300/50\%}$ باشد، بنابراین برای یافت عمق بهینه‌ی اتاق می‌توان فاصله‌ی خط مرزی بین نقاط روشن و تاریک فضا را از دیوار بیرونی در عدد (۱۰۰/۷۵=۱/۳۳۳۳) ضرب نمود.

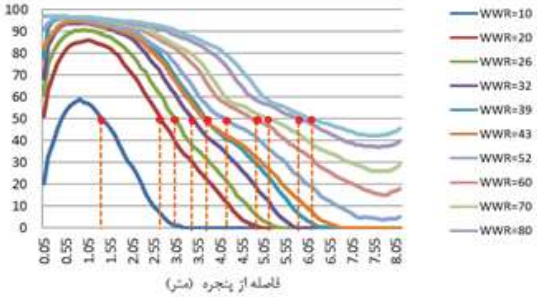
در نمودارهای ۱۲ و ۱۳ مقادیر متوسط اتونومی نور روز بر اساس استفاده از سایبان (تعیین نوع و ابعاد سایبان بر اساس مقادیر جدول ۲) و یا از طریق عقب‌نشینی سطح کاری از طرف پنجره (اندازه‌ی عقب‌نشینی مطابق با جدول ۳) برای هریک از جهت‌های جغرافیایی نشان داده شده است. بدین ترتیب با در نظر گرفتن اتونومی نور روز ۵۰ درصد به عنوان حداقل میزان قابل قبول برای هر نقطه از فضا به عنوان مکانی با روشنایی مناسب و با در نظر گرفتن ضریب ۱/۳۳۳۳ که پیش‌تر توضیح داده شد، عمق مفید اتاق حاصل می‌شود. در جداول ۵، ۶ و۷ می‌توان حداقل فاصله از پنجره، عمق مفید اتاق و عمق قابل قبول (۱/۳۳۳۳ x عمق مفید اتاق) را برای جهات شرقی، غربی و جنوبی در دو حالت یک (جدول ۵) و دو (جدول ۶) به دست آورد و برای جهت شمالی به (جدول ۷) مراجعه نمود.

شکل ۱۰: مثالی برای توضیح چگونگی محاسبه‌ی متوسط اتونومی نور روز بر روی نقاطی از سطح کاری که فاصله‌ی آن‌ها از دیوار بیرونی برابر است. نمودارهای ۱۲ تا ۱۸ بر همین اساس محاسبه و کشیده شده‌اند.

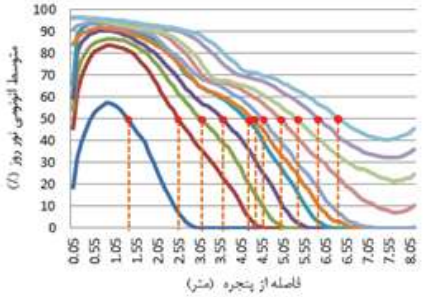


نمودارهای مرتبط با محاسبات متوسط اتونومی نور روز برای فاصله‌های مختلف از دیوار بیرونی (و یا پنجره‌ی بیرونی) در جهت‌های شرقی، غربی و جنوبی ساختمان برای راهکار اول (استفاده از سایبان) به شرح زیر ارائه شده است:

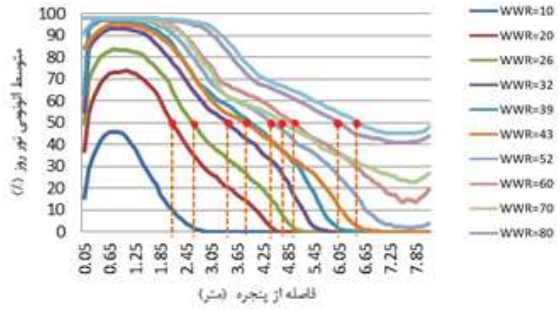
نمودار ۱۲: برای فضای اداری رو به شرق



نمودار ۱۳: فضای اداری رو به غرب

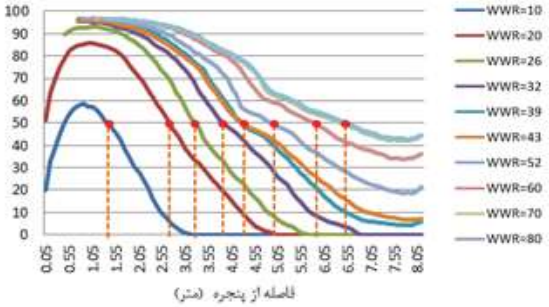


نمودار ۱۴: برای فضای اداری رو به جنوب

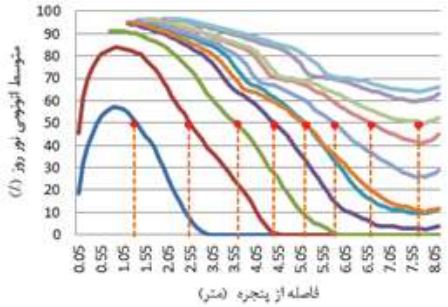


در ادامه نیز نمودارهای محاسبات متوسط اتونومی نور روز برای فاصله‌های مختلف از دیوار بیرونی (و یا پنجره‌ی بیرونی) برای اتاق‌ها با جهت‌گیری‌های شرقی، غربی و جنوبی در صورت استفاده از راهکار دوم (عقب‌نشینی سطح کاری از پنجره‌ی اتاق) و نیز اتاق با جهت‌گیری شمالی که فاقد هر گونه سایبان و یا عقب‌نشینی سطح کاری است، ارائه شده است:

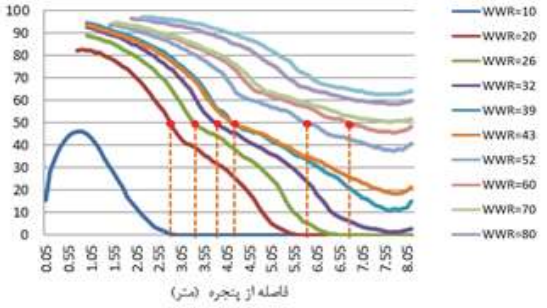
نمودار ۱۵: برای فضای اداری رو به شرق



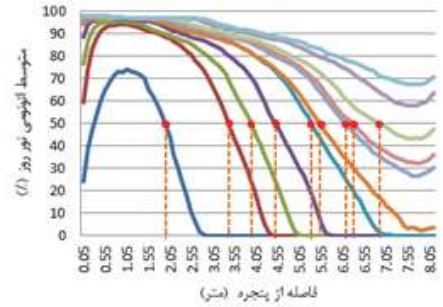
نمودار ۱۶: برای فضای اداری رو به غرب



نمودار ۱۷: برای فضای اداری رو به جنوب



نمودار ۱۸: برای فضای اداری رو به شمال



جدول ۵: محاسبه‌ی حداقل فاصله از پنجره، عمق مفید و عمق قابل قبول اتاق برای راه حل اول

		۱۰	۲۰	۲۶	۳۲	۳۹	۴۳	۵۲	۶۰	۷۰	۸۰	۸۷
شرق	حداقل فاصله از پنجره	–	–	–	–	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	حداکثر فاصله از پنجره (عمق مفید اتاق)	–	–	–	–	۳/۶۵	۳/۶۵	۴/۱۵	۴/۷۵	۵/۱۵	۵/۸۵	۶/۰۵
	عمق مفید اتاق X (۱۰۰/۷۵)	–	–	–	–	۴/۸۷	۴/۸۷	۵/۵۳	۶/۳۳	۶/۸۷	۷/۸	۸/۰۷
غرب	حداقل فاصله از پنجره	–	–	–	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	حداکثر فاصله از پنجره (عمق مفید اتاق)	–	–	–	۳/۵۵	۴/۱۵	۴/۲۵	۴/۴۵	۴/۹۵	۵/۳۵	۵/۸۵	۶/۲۵
	عمق مفید اتاق X (۱۰۰/۷۵)	–	–	–	۴/۷۳	۵/۵۳	۵/۶۷	۵/۹۳	۶/۶	۷/۱۳	۷/۸	۸/۱۵
جنوب	حداقل فاصله از پنجره	–	–	–	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	حداکثر فاصله از پنجره (عمق مفید اتاق)	–	–	–	۳/۳۵	۳/۸۵	۳/۸۵	۴/۴۵	۴/۹۵	۴/۶۵	۵/۹۵	۶/۴۵
	عمق مفید اتاق X (۱۰۰/۷۵)	–	–	–	۴/۴۷	۵/۱۳	۵/۱۳	۵/۹۳	۶/۶	۶/۲	۷/۹۳	۸/۱۵

جدول ۶: محاسبه‌ی حداقل فاصله از پنجره، عمق مفید و عمق قابل قبول اتاق برای راه حل دوم

		۱۰	۲۰	۲۶	۳۲	۳۹	۴۳	۵۲	۶۰	۷۰	۸۰	۸۷
شرق	حداقل فاصله از پنجره	–	–	–	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۸۵	۱/۰۵	۱/۱۵	۱/۲۵	۱/۳۵
	حداکثر فاصله از پنجره (عمق مفید اتاق)	–	–	–	۳/۸۵	۴/۲۵	۴/۲۵	۴/۸۵	۵/۷۵	۶/۳۵	۶/۴۵	۶/۴۵
	عمق مفید اتاق X (۱۰۰/۷۵)	–	–	–	۵/۱۳	۵/۶۷	۵/۶۷	۶/۴۷	۷/۶۷	۸/۱۵	۸/۱۵	۸/۱۵
غرب	حداقل فاصله از پنجره	–	–	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۱/۴۵	۱/۵۵	۱/۵۵	۱/۹۵	۲/۱۵
	حداکثر فاصله از پنجره (عمق مفید اتاق)	–	–	۳/۲۵	۳/۷۵	۴/۱۵	۴/۱۵	۵/۷۵	۶/۷۵	۸/۱۵	۸/۱۵	۸/۱۵
	عمق مفید اتاق X (۱۰۰/۷۵)	–	–	۴/۳۳	۵/۰۰	۵/۵۳	۵/۵۳	۷/۶۷	۸/۱۵	۸/۱۵	۸/۱۵	۸/۱۵
جنوب	حداقل فاصله از پنجره	–	–	۰/۷۵	۱/۱۵	۱/۳۵	۱/۱۵	۱/۳۵	۱/۵۵	۱/۵۵	۱/۹۵	۲/۰۵
	حداکثر فاصله از پنجره (عمق مفید اتاق)	–	–	۳/۵۵	۴/۴۵	۵/۱۵	۵/۰۵	۵/۷۵	۶/۵۵	۸/۱۵	۸/۱۵	۸/۱۵
	عمق مفید اتاق X (۱۰۰/۷۵)	–	–	۴/۷۳	۵/۹۳	۶/۸۷	۶/۷۳	۷/۶۷	۸/۱۵	۸/۱۵	۸/۱۵	۸/۱۵

جدول ۷: محاسبه‌ی حداقل فاصله از پنجره، عمق مفید و عمق قابل قبول اتاق برای فضای اداری شمالی

		۱۰	۲۰	۲۶	۳۲	۳۹	۴۳	۵۲	۶۰	۷۰	۸۰	۸۷
شمال	حداقل فاصله از پنجره	–	–	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	حداکثر فاصله از پنجره (عمق مفید اتاق)	–	–	۳/۸۵	۴/۴۵	۵/۲۵	۵/۴۵	۶/۰۵	۶/۲۵	۶/۸۵	۸/۱۵	۸/۱۵
	عمق مفید اتاق X (۱۰۰/۷۵)	–	–	۵/۱۳	۵/۹۳	۷/۰۰	۷/۲۷	۸/۰۷	۸/۱۵	۸/۱۵	۸/۱۵	۸/۱۵

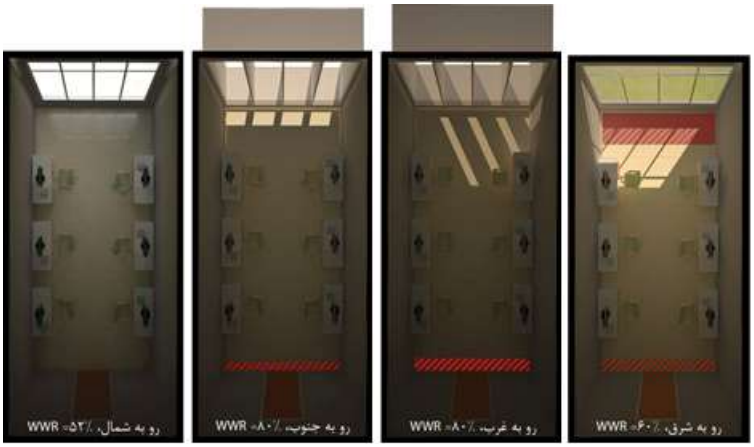
۱۲. محاسبات ساعات بسته بودن پرده و کرکره

در جداول شماره‌ی ۵ تا ۷ خانه‌هایی که با رنگ سبز مشخص شده‌اند مقدار حداکثر قابل قبول در هر یک از جهات جغرافیایی را نشان می‌دهند. حال اگر بخواهیم از میان دو گزینه‌ی استفاده از سایبان و یا عقب‌نشینی سطح کاری فضای اداری یکی را به عنوان گزینه‌ی برتر در نظر بگیریم، می‌توانیم از تعداد ساعات بسته و باز بودن پرده و کرکره‌ها که هنگام محاسبه‌ی اتونومی نور روز و یا شدت روشنایی مفید نور روز مدّ نظر قرار می‌گیرد، استفاده نماییم؛ هرچه تعداد ساعات بسته بودن پرده و کرکره کمتر باشد امکان بیشتری برای لذت بردن از مناظر بیرونی وجود دارد، بنابراین زمانی که دید به بیرون به عنوان یکی از اولویت‌های طراحی مطرح است این روش می‌تواند به طراحان کمک نماید.

جدول ۸: مقایسه‌ی ساعات بسته بودن پرده و کرکره جهت انتخاب راه حل برتر زمانی که دید به بیرون یکی از اولویت‌های طراحی است.

	حالت اول (استفاده از سایبان)				حالت دوم (استفاده از عقب‌نشینی سطح کاری از پنجره‌ی اتاق)			
	ساعات بسته بودن پرده و کرکره	حداکثر فاصله از پنجره	حداقل فاصله از پنجره	نسبت مساحت شیشه‌ی پنجره به سطح دیوار بیرونی (WWR)	ساعات بسته بودن پرده و کرکره	حداکثر فاصله از پنجره	حداقل فاصله از پنجره	نسبت مساحت شیشه‌ی پنجره به سطح دیوار بیرونی (WWR)
شرق	۱۴۲۴	۷/۸	۰	۸۰ درصد	۱۳۵۳	۷/۷۰	۱/۰۵	۶۰ درصد
غرب	۱۰۰۹	۷/۸	۰	۸۰ درصد	۱۰۸۹	۷/۷۰	۱/۴۵	۵۲ درصد
جنوب	۸۵۷	۷/۹۵	۰	۸۰ درصد	۱۲۰۴	۷/۷۰	۱/۳۵	۵۲ درصد

شکل ۱۱: نتایج نهایی در زمینه‌ی تعیین نوع، ابعاد سایبان و یا عقب‌نشینی سطح کاری برای ایجاد فضایی با روشنایی طبیعی مناسب در اتاق اداری مرجع



۱۳. نتیجه‌گیری

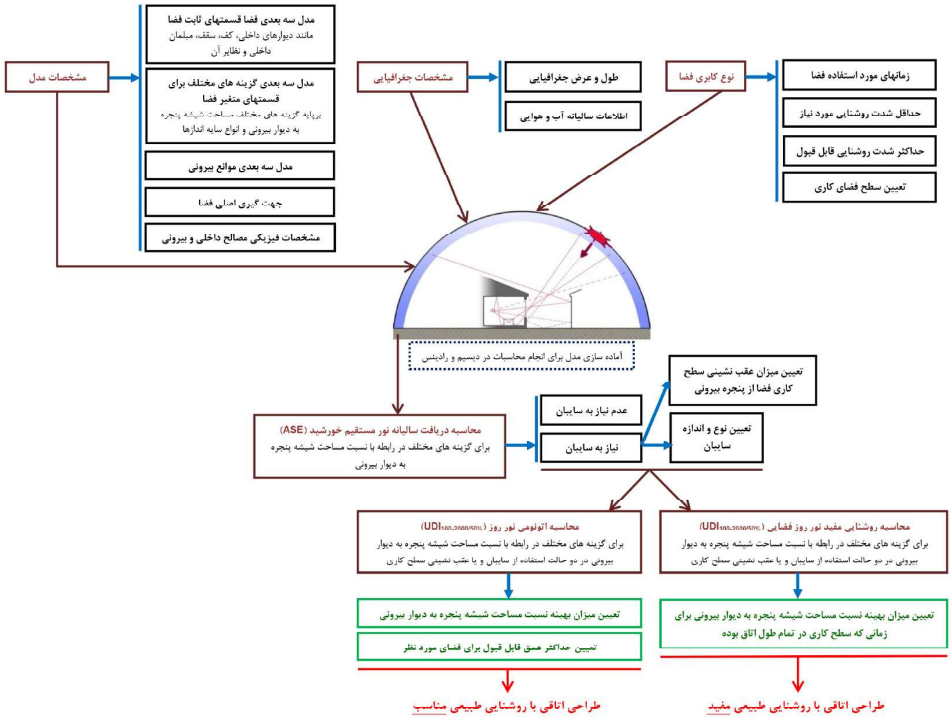
ـ مقادیر به دست آمده در جداول ۵ تا ۸ تنها بر اساس محاسبات روشنایی طبیعی جهت اتاق اداری مرجع که تعریف آن در بخش یک این مقاله آمده، حاصل شده‌اند ولی برای رسیدن به نتایجی جامع‌تر، واقعی‌تر و قابل قبول‌تر نیازمند به بررسی دیگر موارد به مانند تأثیرات گزینه‌های مختلف بر بار گرمایش و سرمایش، آلودگی صوتی، خیرگی و نیز تأثیرات بر سلامتی روحی و روانی ساکنین و نظایر آن‌ها نیز می‌باشیم. گرچه انجام این محاسبات برای خلق فضایی با کیفیت، لازم بوده ولی کافی نمی‌باشد و به کارگیری دیگر روش‌ها به منظور حصول اطمینان از سلامت روحی، روانی و آسایش بصری و دمایی ساکنین ضروری است.

ـ به منظور طراحی یک ساختمان با دسترسی مناسب به روشنایی طبیعی انجام محاسبات و روش‌های ذکر شده در مقاله در مراحل اولیه و آغازین پروسه‌ی طراحی، به خصوص زمانی که در حال تصمیم‌گیری در رابطه با ابعاد، اندازه‌ی اتاق‌ها و

پنجره‌های آن‌ها و نیز امکان استفاده از سایه اندازها هستیم، توصیه می‌شود. این به این دلیل است که در مراحل پایانی طراحی بسیاری از تصمیمات در رابطه با شکل و ابعاد پنجره‌ها، اتاق‌ها، نوع سایه اندازها، مصالح داخلی و خارجی و دیگر عوامل مؤثر بر کمیت و کیفیت روشنایی طبیعی فضای داخل اخذ شده است و امکان اصلاح و ارتقاء روشنایی طبیعی فضا با محدودیت‌های بیشتری مواجه می‌باشد.

ـ هرچند که کلیه‌ی محاسبات مندرج در این مقاله جهت فضاهایی با چهار جهت اصلی انجام پذیرفته است ولی هدف اصلی آن آگاهی از نوع و روند محاسبه و ارزیابی است؛ بنابراین نتیجه‌ی نهایی این مقاله که می‌تواند به طراحان و مهندسان در یافتن اندازه‌ی بهینه‌ی پنجره‌ها، عمق مفید اتاق و نیز نوع سایه اندازی نورگیرها در مراحل آغازین طراحی یک بنا کمک نماید در فلوچارت صفحه‌ی بعد به صورت شماتیک نمایش داده شده است.

شکل ۱۲: فلوچارتی جهت یافتن نسبت بهینه‌ی مساحت شیشه‌ی پنجره به دیوار بیرونی و عمق بهینه‌ی اتاق بر اساس نوع، جهت، مشخصات جغرافیایی، محلّ قرارگیری ساختمان و موانع بیرونی فضا



پی‌نوشت

1. Window to Wall Ratio : نسبت مساحت پنجره به دیوار
2. Side Lighting
3. Top Lighting
4. Daylight Autonomy
5. Spatial Daylight Autonomy
6. Useful Daylight Illuminance

۷. در برخی منابع به جای ۲۰۰۰ لوکس از ۲۵۰۰ لوکس (Mardaljevic et al., 2008, p. 11) یا ۳۰۰۰ لوکس (Mardaljevic et al., 2011, p. 5) به عنوان حداکثر شدن روشنایی طبیعی قابل قبول برای یک فضای داخلی نام برده شده است.

8. Spatial Useful Daylight Illuminance
9. Annual Sunlight Exposure
10. Discomfort Glare
11. Daylit

12. Non-Daylit
13. ”Favorably” or “Preferred”
14. Unsatisfactory Visual Comfort
15. Nominally Acceptable
16- Clearly Acceptable

References

- Ander, G., Andersen, M., Ashmore, J., et al. (2013). IES RP-5-13 – Recommended Practice for Daylighting Buildings, Illuminating Engineering Society.
- Andersen, M., Ashmore, J., Beltran, L., et al. (2012). IES LM-83-12, Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE), Illuminating Engineering Society.
- http://daysim.ning.com/page/keyword-dynamic-daylight-simulation
- Mardaljevic, J., Andersen, M., Roy, N., & Christoffersen, J. (2011). *Daylighting Metrics for Residential Buildings*
- Mardaljevic, J. (2008). Climate-Based Daylight Analysis for Residential Buildings, Impact of various window congurations, external obstructions, orientations and location on useful daylight illuminance, Technical report, IESD, De Montfort University, Leicester.
- Miri, M., & Kompani Saeed, M. (2013). Assessing Daylight Access Requirements in Iranian National Building Code (Case Study in Qazvin). *Armanshahr Journal of Architecture, Urban Design & Urban Planning, Special Issue of the 1st Iran Lighting Design Conference Selected Articles*, 109-121.
- Nabil, A., & Mardaljevic, J. (2005). Useful Daylight Illuminance: A New Paradigm for Assessing Daylight in Buildings. *Lighting Research and Technology.*
- Reinhart, C.F., Mardaljevic, J., & Rogers, Z. (2006). *Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design*, Leukos.
- Reinhart, C.F., & Weissman D. (2012). The Daylit Area - Correlating Architectural Student Assessments with Current and Emerging Daylight Availability Metrics. *Building and Environment*, 155-164.
- Reinhart, C.F., Jakubiec, J.A., & Ibarra, D. (2013). Definition of a Reference Office for standardized Evaluations of Dynamic Façade and Lighting Technologies. 13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France, 3645-3652.
- Reinhart, C.F. (2014). *Daylighting Handbook 1*, Fundamentals, Designing with the Sun. Tregenza, P., & Wilson, M., (2011). *Daylighting: Architecture and Lighting Design*, Abingdon: Routledge.
- Veitch, J.A. (2011). The Physiological and Psychological Effects of Windows, Daylight and View at Home. *Velux Symposium*, Lausanne, 1-6.