# عارضه‌یابی مقررات ملی ساختمان در حوزه بهره‌مندی از نور روز در شهر قزوین

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۴
تاریخ پذیرش نهایی: ۹۲/۱۲/۱

**مجید میری* ـ محسن کمپانی سعید****

## چکیده

در این مقاله با بهره‌گیری از محاسبات اتونومی نور روز توسط نرم افزار دیسیم (Daysim) از طریق مطالعه موردی، ابتدا کمبودها و مشکلات موجود در قوانین مربوط به تأمین روشنایی طبیعی در امر ساخت و ساز (به ویژه در رابطه با مبحث چهار از مقررات ملی ساختمان) شناسایی شده و سپس ضرورت تغییر در این قوانین مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. لازم به ذکر است که مطالعه مذکور جهت اتاق‌های واقع در بخش شمالی یک ساختمان مسکونی شمالی واقع در شهر قزوین که تنها از طریق پاسیو به روشنایی طبیعی دسترسی دارند، انجام گرفته است و از آنجائی که قوانین و شرایط اقلیمی شهر قزوین مشابهت بسیاری با اکثر شهرهای ایران دارد، نتایج مطالعه مذکور به دیگر مناطق کشور نیز قابل تعمیم می‌باشد. در ساختمان مورد مطالعه، گزینه‌های مختلف در شکل پاسیو، ابعاد آن و نیز مصالح مورد استفاده در دیواره‌های آن دسته‌بندی و مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. براساس نتایج محاسبات انجام شده، بهترین حالت به منظور دستیابی به یک روشنایی مناسب جهت اتاق‌های شمالی زمانی اتفاق می‌افتد که در جدار دیواره بیرونی پاسیو از شیشه‌های مات استفاده شود.

**واژگان کلیدی:** پاسیو، مقررات ملی ساختمان، نور روز، اتونومی نور روز، ساختمان شمالی.

* کارشناس ارشد مهندسی معماری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران؛ کارشناس ارشد طراحی نورپردازی، دانشگاه صنعتی سلطنتی استکهلم (کی-تی-اچ)، سوئد (نویسنده مسئول).

Email: majid.miri@ljusarkitektur.se

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

## مقدمه

امروزه استفاده درست، بهینه و هوشمندانه از روشنایی طبیعی مورد توجه روز افزون معماران قرار گرفته و تأثیرات مهم تابش نور خورشید بر کاهش مصرف انرژی الکتریکی در قسمت روشنایی (کاهش مستقیم مصرف) و بار گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها (کاهش غیرمستقیم مصرف) (Cantin and Dubois, 2011, p. 291)، اهمیت آن را به عنوان منبعی بی‌انتها، قابل دسترس و ارزان بر همگان آشکار ساخته است.

روشنایی طبیعی دریافتی از خورشید با توجه به مکان و محل قرارگیری ساختمان، کاربری، زمان به کارگیری، شدت و میزان روشنایی دریافتی، برای هر لحظه در زمان معین می‌تواند مطلوب و یا نامطلوب باشد. به طور کلی می‌توان استفاده هدفمند از روشنایی طبیعی در داخل و خارج بنا را طراحی نور روز نامید (Reinhart and Weissman, 2011, p. 155) و زمانی که کیفیت و کمیت روشنایی در یک فضا تنها به کمک روشنایی نور روز در تعداد متناوبی از روزهای سال قابل تأمین بوده و ناراحتی و مشکلات دیداری حاصل از خیرگی در آن به حداقل رسیده شده باشد (Mardaljevic, 2009, p. 266)، آن مکان را می‌توان فضایی با روشنایی مناسب طبیعی تعریف نمود. در چنین فضایی نور طبیعی، نور غالب در طول روز بوده و ساکنین احساس آسایش بصری و دمایی مطلوبی را تجربه می‌کنند. در این حالت میزان انرژی مورد نیاز برای نور مصنوعی، گرمایش و سرمایش ساختمان نیز در مقایسه با سایر ساختمان‌های مشابه، پایین‌تر می‌باشد (Reinhart and Wienold, 2011, p. 387).

در فضایی که نور طبیعی می‌بایست منبع اصلی روشنایی باشد، با توجه به نوع کاربری، میزان و یا محدوده معینی از روشنایی مورد نیاز می‌باشد (Reinhart and Weissman, 2012, p. 155) و نیز با لحاظ تأثیرات ورود نور طبیعی به ساختمان بر آسایش حرارتی، بصری و روانی ساکنین از یک طرف و میزان مصرف انرژی در ساختمان از طرف دیگر، این مقدار مشخص نور روز نمی‌باید از حد معینی بیشتر و یا کم‌تر باشد (Reinhart and Weissman, 2012, p. 155). بنابراین هر وقت صحبت از روشنایی طبیعی در ساختمان می‌شود، باید هر سه پارامتر (میزان مناسبی از نور، آسایش ساکنین و مصرف انرژی) به طور همزمان مورد توجه مهندسین و طراحان قرار گیرد.

## ۱. واحدهای ارزیابی روشنایی طبیعی

هیچ یک از واحدهای شناخته شده ارزیابی نور روز تا کنون تضمین کافی برای نیل به کیفیت نوری مناسب را ارائه نمی‌نماید. انجام ارزیابی روشنایی بر اساس واحدهای شناخته شده موجود، شرط لازم برای رسیدن به کیفیت نوری مناسب می‌باشد، اگرچه جهت حصول نتیجه مطلوب کماکان نیازمند به دانش، تجربه و سابقه طراح در فرایند طراحی می‌باشیم.

در حالت کلی دو نوع ارزیابی نور روز در ساختمان مطرح می‌باشد که برحسب انتخاب تنها یک نوع آسمان (مثل آسمان تمام ابری) و یا مجموعه‌ای از انواع وضعیت‌های آب و هوایی (به کمک استخراج داده‌های آب و هوایی از فایل آب و هوا که نمایانگر وضعیت آب و هوایی غالب برای منطقه مورد نظر بوده) می‌توان آن را به دو نوع ایستا و پویا تقسیم‌بندی نمود.

### ۱-۱- اتونومی نور روز[1]

اتونومی نور روز جزو شاخص‌های ارزیابی نور روز پویا بوده و برای یک نقطه معین در فضای داخلی معادل است با درصدی از زمان‌های مورد استفاده ساختمان در سال که در آن سطح روشنایی مورد نیاز آن فضا که براساس نوع آن کاربری آن تعیین می‌گردد به تنهایی توسط روشنایی طبیعی قابل دسترس باشد (Reinhart and Weissman, 2012, p. 156).

### ۱-۲- عوامل و پارامترهای مؤثر در ارزیابی و دسترسی به روشنایی نور روز

مشخصات جغرافیایی محل، موانع و عوامل بیرونی ساختمان، مساحت پنجره‌ها و نورگیرها و درصد شفافیت نور مرئی برای شیشه‌ها، جهت‌گیری اصلی ساختمان، شکل بیرونی و چیدمان داخلی ساختمان، شکل، نوع و نحوه عملکرد سایه‌اندازها، ضریب انعکاس سطوح داخلی، نحوه کنترل منابع نور الکتریکی و یا سایه‌اندازها، نوع رفتار ساکنین در قبال تغییرات روشنایی، جزئیات پنجره‌ها و یا نورگیرهای سقفی از جمله پارامترهای مؤثر در ارزیابی کمیت و کیفیت روشنایی طبیعی داخل ساختمان می‌باشند.

## ۲. نور روز در فضای مسکونی

همانگونه که قبلا ذکر شد اهمیت نور روز در افزایش کیفیت و کارایی فضا، سلامتی روحی، روانی و جسمی ساکنین و نیز کاهش مصرف انرژی غیرقابل کتمان می‌باشد. هرچند که این اهمیت در فضای مسکونی و یا هر گونه ساختمانی که به نوعی برای سکونت در مدتی معین انتخاب می‌شوند (به مانند انواع پانسیون‌ها و خوابگاه‌های دانشجویی، زندان‌ها، سرباز خانه‌ها و...) به این نکته بستگی دارد که از نظر سکونت چه نوع افرادی و در چه زمان‌هایی از این فضا استفاده می‌نمایند.

در ادامه حداقل شرایط لازم برای یک فضای مسکونی جهت حصول نور طبیعی مناسب شرح داده شده است.

## ۲-۱- حداقل ملاحظات روشنایی مورد نیاز فضاهای مسکونی

ملاحظات ذیل می‌بایست توسط طراحان و مهندسان معمار و روشنایی مورد توجه قرار گیرند (Tregenza and Wilson, 2011, p. 122).

• *جهت سلامتی ساکنین:*

برای برخورداری از روشنایی طبیعی مناسب در رابطه با سلامت روحی و جسمی ساکنین ساختمان‌ها (به مانند کاهش مشکلات ناشی از افسردگی فصلی و یا تنظیم ساعت بیولوژیکی بدن که همان سیستم «سیرکادین» می‌باشد) موارد زیر باید مد نظر قرار گیرند:

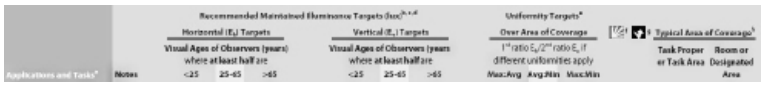
- دریافت روشنایی طبیعی به میزان لازم در ساعات اولیه روز (Veitch, 2011, p. 2) (دسترسی به روشنایی با شدت مناسب در اوایل صبح مهم‌ترین تأثیر را بر سیستم سیرکادین بدن می‌گذارد)
- دسترسی به میزان مناسبی از شدت روشنایی نور روز (Ibid)
- مدت زمان دریافت روشنایی با شدت مناسب (Ibid)
- در معرض قرارگیری تاریکی مناسب در هنگام شب (Veitch, 2011, p. 1)
- دسترسی به میزان مناسبی از طیف آبی رنگ نور و ماوراء بنفش (Veitch, 2011, 2) که معمولاً در نور طبیعی در فضای خارج به میزان کافی وجود داشته ولی در فضای داخل به دلیل ممانعت از ورود مقادیر قابل توجهی از آن توسط شیشه‌های مورد استفاده در پنجره‌ها، مقادیر آن‌ها کم‌تر بوده و در انواع نورهای مصنوعی نیز مقدار بسیار اندکی از آن‌ها موجود می‌باشد.
- امکان دسترسی به چشم‌انداز بیرون (دید) (Ibid)

علاوه بر موارد فوق، زمانی که صحبت در خصوص ساختمان‌هایی است که ساکنین آن افرادی با ناتوانایی‌های جسمی، معلولیت، سن بالا و نظایر این‌ها می‌باشند که خروج از خانه در طول شبانه‌روز برایشان مقدور نبوده و یا امکان آن کم‌تر می‌باشد، بایست فضای زندگی را به گونه‌ای طراحی نمود که امکان دسترسی به شدت بالایی از روشنایی طبیعی که برای سلامتی انسان حیاتی است، در فضای داخلی فراهم گردد.

• *رفع نیازهای عملکردی فضا:*

از مهم‌ترین کاربری‌های عملکردی در فضای مسکونی، می‌توان به خواندن و نوشتن، کار با کامپیوتر، تهیه و پخت و پز غذا، انجام فعالیت‌های آرایشی و بهداشتی و امثالهم اشاره نمود. علاوه بر این‌ها، برخی اوقات دسترسی به میزان مناسبی از روشنایی بنا به دلایل ایمنی مثلا در استفاده از پله‌ها به خصوص برای آن دسته از ساکنین که دارای مشکلات در دید می‌باشند، ضروری است.
به طور خلاصه شواهد بسیار قوی در رابطه با اهمیت نور روز در فضای مسکونی در راستای افزایش سلامتی روحی و روانی و شادابی ساکنین در دسترس می‌باشد (Veitch, 2011, p. 1). با توجه به نوع کاربری هر فضا (اتاق خواب، نشیمن، پذیرایی، آشپزخانه، انباری، دستشویی، توالت و غیره)، سن استفاده‌کنندگان از فضا (کم‌تر از ۲۵ سال، بین ۲۵ و ۶۵، و بزرگ‌تر از ۶۵ سال) و همچنین نوع فعالیت در هر فضا (به عنوان مثال در اتاق خواب نور مورد نیاز برای تخت با روشنایی لازم برای میز مطالعه و یا میز توالت خانم‌ها متفاوت می‌باشد) میزان نیاز به شدت نور کافی برای انجام فعالیت‌های مورد نظر متفاوت می‌باشد.
به علاوه ممکن است که ماهیت نیاز به روشنایی در هر عملکردی در فضا متفاوت بوده و بر حسب نوع نیاز، خواستار مقدار معینی از شدت روشنایی بر سطوح افقی و یا عمودی شود و یا میزان معینی از یکنواختی در نحوه پخش نور در فضای مورد نظر را درخواست نماید.
درجدول ۱ نمونه‌ای از عناوین و فاکتورهای تعیین‌کننده مقادیر شدت روشنایی ( لوکس ) نشان داده شده است. شدت روشنایی افقی، عمودی و درجه یکنواختی پخش نور با توجه به سن استفاده‌کنندگان غالب در فضا بر اساس نوع فضا و عملکرد داخل آن فضا رده‌بندی شده است (طبق کتاب مرجع استاندارد نور جامعه مهندسان روشنایی (IES) ویرایش دهم (DiLaura, et. al, 2011).

**جدول ۱**



در این مقاله، نور مورد نیاز در متداول‌ترین فضاها و عملکردها به جز خواب بچه‌ها در یک ساختمان مسکونی برای سنین بین ۲۵ تا ۶۵ سال و برای خواب بچه‌ها کمتر از ۲۵ سال در نظر گرفته شده و طبق جداول مندرج در کتاب مرجع IES (DiLaura, et. al, 2011, pp. 8-33, 10-33, 12-33, 14-33) به شرح زیر بر حسب لوکس تعیین شده است:

- خواب اصلی (خواب پدر و مادر): ۵۰ لوکس[۲]
- اتاق خواب بچه ها (اتاق مطالعه): ۱۵۰ لوکس[۳]
- اتاق نشیمن و پذیرایی: ۳۰ لوکس[۴]
- آشپزخانه: ۳۰۰ لوکس[۵]
- راهرو: ۳۰ لوکس[۶]

گرچه در اینجا به منظور ساده‌سازی محاسبات از میان مقادیر متفاوت برای عملکردها و سنین مختلف، تنها موارد بالا لحاظ شده ولی حتی با رعایت تمامی مسائل و پیشنهادات چنین استانداردهایی نمی‌توان به یک فضای ایده‌آل و مناسب از نظر روشنایی دست یافت. گرچه اعمال آن در بهترین حالت تنها شرط لازم برای رسیدن به نتیجه مطلوب بوده ولی کافی نیست. شرط کافی برای داشتن فضایی مناسب، تجربه طراح است که علاوه بر رفع نیازهای عملکردی فضا، در افزایش سلامت، شادابی و رضایتمندی ساکنان نیز تأثیر مستقیم دارد.

## ۷. جانمایی فضاها در یک ساختمان مسکونی

پاره‌ای از ملاحظات مهم وابسته به روشنایی طبیعی در ارتباط با شکل و نوع بازشوها که در جانمایی انواع فضاها و عملکردهای مرتبط در یک فضای مسکونی اهمیت دارند، به شرح زیر می‌باشد:

### ۱- میزان مصرف انرژی

- میزان مصرف انرژی الکتریکی (به منظور جبران کمبود شدت روشنایی طبیعی مورد نیاز در یک فضا و یا جهت انجام یک فعالیت معین در داخل فضا)
- میزان مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش ساختمان (عموماً بار سرمایشی ساختمان توسط انرژی الکتریکی و بار گرمایشی ساختمان به کمک انرژی‌های فسیلی تأمین می‌گردد)

**۲- کیفیت آسایش بصری** (عموماً منظور از آسایش بصری در یک فضا ایجاد محیطی است که فارغ از مشکلات ناشی از خیرگی و یکنواختی خسته‌کننده باشد. در چنین فضایی جهت تشخیص حجم و لبه‌های عناصر و اجزاء تشکیل‌دهنده متعلق به محیط نیازمند به وجود حدی از کنتراست می‌باشیم)

**۳- سلامت ساکنین** (سلامت روحی، روانی و جسمی)

**۴- کارایی ساکنین** (این مقوله برای ساختمان‌های تجاری، اداری و صنعتی از اهمیت بیشتری برخوردار است)

*۵- دید و چشم‌انداز*

هر یک از گزینه‌های بالا در ارتباطی تنگاتنگ با دیگر عوامل بوده و به منظور دستیابی به نتایج بهتر می‌بایست کلیه این ملاحظات به طور همزمان مد نظر قرار گیرند. البته در اینجا ذکر این نکته ضروری است که در رابطه با امکان سنجش سلامت ساکنین و نیز میزان کارایی آن‌ها هنوز اجماعی از جانب محققین و صاحبنظران در خصوص روش مطالعه و ارزیابی میزان تأثیرات فضا در زمان طراحی و پیش از ساخت صورت نگرفته است. در رابطه با دید هم گرچه به عنوان مثال در استاندارد محیط زیستی لید[۷] روشی برای ارزیابی کمّی آن معرفی شده ولی تاکنون در خصوص به کارگیری چنان روشی و حتی روش‌های مشابه (به منظور ارزیابی کیفیت دید) توافقی صورت نپذیرفته است.
می‌توان گفت که آسایش دمایی و جلوگیری از افزایش و یا کاهش بیش از حد دما در ساختمان‌های مسکونی مهم‌تر از خیرگی بوده چرا که در برخی فضاها مانند راهروها، خیرگی عامل مزاحم محسوب نشده و در برخی دیگر به مانند اتاق نشیمن و پذیرایی به راحتی با تغییر جهت دید و مکان نشستن رفع‌پذیر می‌باشد (گرچه برخورد با این موضوع همیشه به این سادگی نیست). در برخی موارد مانند زمانی که انعکاس نور مستقیم خورشید بر صفحه تلویزیون مشکلاتی را برای تماشای آن ایجاد می‌نماید، استفاده از پرده، کرکره و دیگر انواع سایه‌اندازها منطقی‌ترین گزینه محسوب می‌گردد. ورود بیش از اندازه نور مستقیم خورشید به معنای ورود گرما به ساختمان می‌باشد. این امر در فصول گرم سال مشکلات

زیادی در رابطه با آسایش دمایی ساکنین ایجاد نموده و منجر به افزایش بار سرمایشی ساختمان و مصرف بیشتر انرژی الکتریکی در ساختمان خواهد شد. در نتیجه تا حد امکان باید از ورود نور مستقیم خورشید به داخل ساختمان در فصول گرم ممانعت به عمل آورد. این درحالی است که در فصول سرد ورود نور مستقیم خورشید مطلوب و مجاز بوده و باعث کاهش مصرف انرژی فسیلی در ساختمان خواهد شد.
در جدول ۲ شدت روشنایی مورد نیاز جهت هر فضا طبق استاندارد روشنایی IES در سه رده سنی مختلف طبقه‌بندی شده است (DiLaura, et. al, 2011, pp. 8-33, 10-33, 12-33, 14-33).

**جدول ۲: شدت روشنایی مورد نیاز در هر یک از فضاهای نمونه در یک ساختمان مسکونی**

| | خواب اصلی | خواب بچه‌ها | اتاق کار | آشپزخانه (خانم شاغل) | آشپزخانه (خانم خانه‌دار) | نشیمن | پذیرایی | راهرو |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کم‌تر از ۲۵ سال | ۲۵ | ۲۵/۱۵۰ | ۱۵۰ | ۲۵/۱۵۰ | ۲۵/۱۵۰ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ |
| بین ۲۵ تا ۶۵ سال | ۵۰ | ۵۰/۳۰۰ | ۳۰۰ | ۵۰/۳۰۰ | ۵۰/۳۰۰ | ۳۰ | ۳۰ | ۳۰ |
| بیشتر از ۶۵ سال | ۱۰۰ | ۱۰۰/۶۰۰ | ۶۰۰ | ۱۰۰/۶۰۰ | ۱۰۰/۶۰۰ | ۶۰ | ۶۰ | ۶۰ |

## ۲-۲- ضوابط نور روز در مقررات و قوانین موجود

«به منظور اطمینان از ایمنی، بهداشت، بهره‌دهی مناسب، آسایش و صرفه اقتصادی، و تأمین نیازهای حداقل ساکنان و استفاده‌کنندگان از ابنیه و ساختمان‌های مشمول قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان» (Ahmadi, et.al, 2009, p. 3) رعایت مقررات مربوط به «تعیین محدودیت‌ها، ابعاد حداقل فضاها، نورگیری، تهویه مناسب، و سایر الزامات عمومی» (Ibid, p. 3) مندرج در مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان در «طراحی، محاسبه، نظارت، اجرا، بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری بناها توسط کلیه مراجع ذکر شده در ماده ۳۴ قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان در سراسر کشور الزامی است» (Ibid, p. 3) همچنین «شهرداری‌ها و سایر مراجع صدور پروانه ساختمان موظف به نظارت بر اجرای این مقررات می‌باشد» (Ibid, p. 4).
در این مقررات این گونه آمده است «هر فضای اقامت یا هر فضای دیگری که الزاماً به نور طبیعی نیاز دارد، باید حداقل دارای یک یا چند در و پنجره شیشه‌ای باشد که به طور مستقیم رو به خیابان و معبر عمومی یا حیاط (در انطباق با ضوابط شهرسازی) باز شود» (Ahmadi, et. al, 2009, p. 51).
در بخش «الزامات فضاهای باز» (Ahmadi, et.al, 2009, p. 23) به منظور اطمینان از دسترسی فضاهایی که در ارتباط مستقیم با بیرون ساختمان نبوده و تنها از طریق حیاط خلوت و یا حیاط محصور (پاسیو) به روشنایی طبیعی دسترسی دارند تنها این مساحت زمین است که بر شکل و اندازه حیاط خلوت و یا پاسیو تأثیر گذاشته و از دیگر عوامل و پارمترهای مؤثر بر میزان دسترسی به روشنایی طبیعی در فضاهای داخلی صرفنظر شده است.
به علاوه در رابطه با فضاهایی که مستقیما با بیرون در ارتباط می‌باشند در بخش «تأمین نور طبیعی» (Ahmadi, et.al,, 2009, p. 51) حداقل سطح شیشه الزامی برای یک اتاق بر اساس مساحت اتاق و نیز فاصله دیوار بیرونی تا دیوار مقابل محاسبه می‌گردد. در اینجا نیز خبری از دیگر پارامترهای تأثیرگذار بر کمیت و کیفیت نور روز در ساختمان به مانند ضریب انعکاس مصالح به کار رفته در اتاق، درصد عبور نور مرئی در شیشه‌های پنجره‌ها، نوع و کیفیت سایه‌اندازها و غیره نمی‌باشد.
به علاوه در هیچ یک از بندهای این مقررات هیچ صحبتی از دید به عنوان فرصت و مزیت و نیز از خیرگی به عنوان عاملی تهدیدکننده در رابطه با کمیت و کیفیت فضای داخلی مطرح نشده است.

## ۳. مطالعه موردی

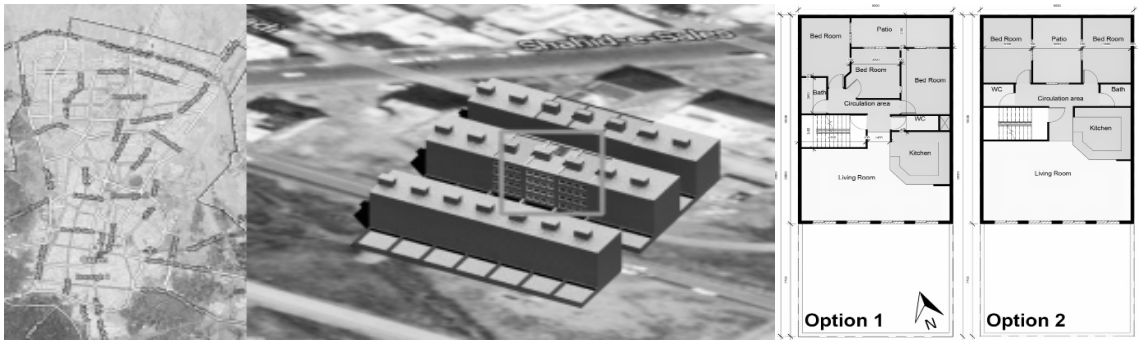
از آنجایی که که حدوداً کم‌تر از نیمی از ساختمان‌های مسکونی موجود از نوع شمالی می‌باشد و مشکلات مربوط به کمبود دسترسی به نور طبیعی و دید به بیرون در ساختمان‌های شمالی که از سه طرف محصور به همسایگی‌ها هستند، بیشتر از دیگر انواع ساختمان‌ها بوده در این مقاله سعی شده است با بررسی نمونه موردی در راستای شناسایی مشکلات روشنایی مربوط به ساختمان‌های شمالی و ارائه راهکار مناسب گام برداشته شود.
با نظر به اینکه هدف از این مقاله ارزیابی و اعتبارسنجی قوانین موجود در طراحی ساختمان‌ها می‌باشد، جهت ارزیابی در زمین مورد نظر، دو آلترناتیو در رابطه با شکل، اندازه و نحوه جانمایی پاسیو در ساختمان تعیین شده و برای هر یک،

چهار گزینه متفاوت در رابطه با مصالح پیرامونی، تخصیص داده شده است. در کلیه موارد مذکور، قوانین و ضوابط موجود در رابطه با ساخت و ساز مسکن به خصوص مبحث چهار از مقررات ملی ساختمان، رعایت شده است.

## ۳-۱- مکان ساختمان

در این مطالعه، ساختمان مورد نظر در یکی از محلات شهر قزوین قرار دارد. ساختمان از نوع شمالی بوده و جهت‌گیری اصلی آن به سمت جنوب با تمایل ۱۸ درجه‌ای به سمت غرب می‌باشد.
گرچه ساختمان مورد مطالعه در شهر قزوین واقع شده است، ولی از آنجایی که قوانین مربوط به ساخت و ساز در اقصی نقاط ایران مشابهت‌های زیادی با یکدیگر دارند به راحتی می‌توان نتایج و یافته های این مطالعه را با کمی تغییرات و ملاحظات به دیگر مناطق کشور نیز تعمیم داد.

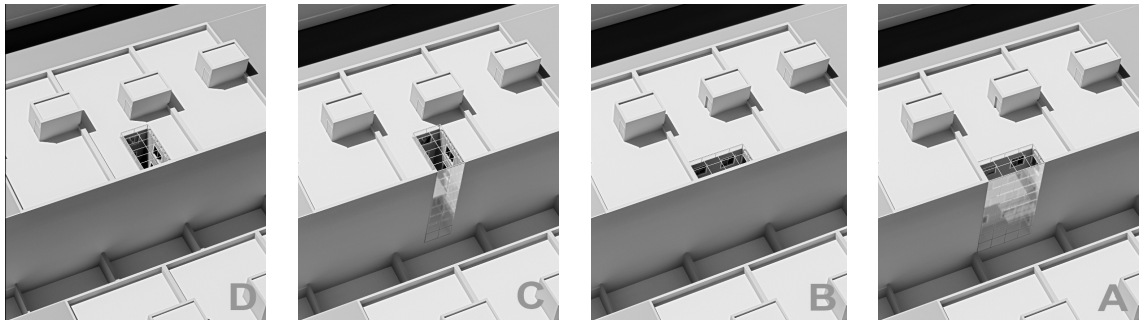
**شکل ۱: پلان طبقات نوع یک (تصویر سمت راست)، پلان طبقات نوع دو (تصویر میانی ـ راست)، تصویر سه‌بعدی از ساختمان مورد نظر و ساختمان‌های اطراف (تصویر میانی ـ چپ)، محل قرارگیری ساختمان در شهر قزوین (تصویر چپ)**




## ۳-۲- گزینه‌های تعیین شده جهت ساختمان مورد مطالعه

ساختمان مورد مطالعه از نوع آپارتمان چهار طبقه مسکونی شمالی است که کل زیربنا و زیربنای مفید، و نیز نوع مصالح داخلی و ارتفاع طبقات در هر دو آلترناتیو یکسان می‌باشد.

**شکل ۲: تصویر A، نوع ۱، گزینه ۱ (استفاده از شیشه مات برای جدار بیرونی پاسیو)**
**تصویر B، نوع ۱، گزینه ۲ (استفاده دیوار برای جدار بیرونی پاسیو)**
**تصویر C، نوع ۲، گزینه ۱ (استفاده از شیشه مات برای جدار بیرونی پاسیو)**
**تصویر D، نوع ۲، گزینه ۲ (استفاده از دیوار برای جدار بیرونی پاسیو)**

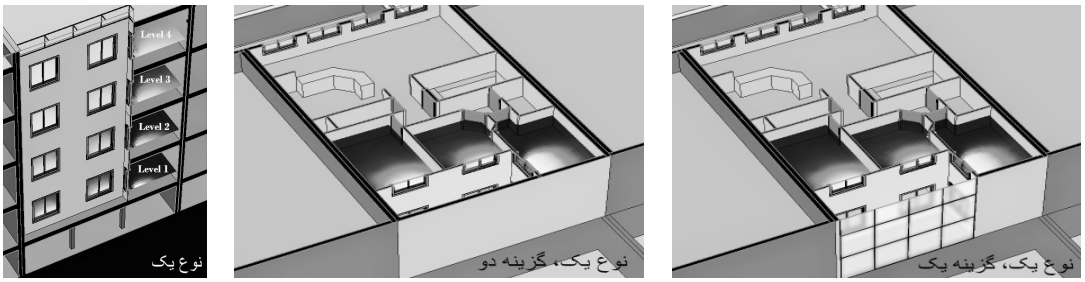



## ۳-۳- واحدهای ارزیابی نور روز مورد استفاده در این مقاله

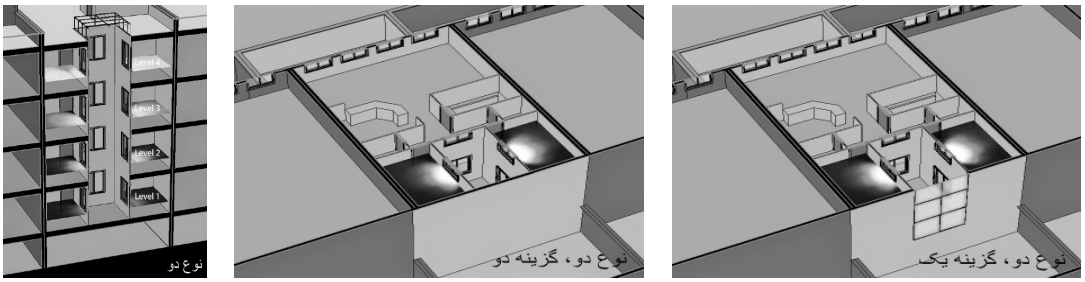
واحد ارزیابی نور روز به کار گرفته شده در این مقاله اتونومی نور روز می‌باشد چرا که اتونومی نور روز، کلیه انواع شرایط آب و هوایی را در محاسبات مد نظر قرار داده و می‌توان تمامی محاسبات آن را به زمان مورد استفاده فضا مشروط نمود. از آنجایی که اتاق‌های مورد بررسی در قسمت شمالی ساختمان قرار دارند فلذا احتمال ورود نور مستقیم خورشید در آن‌ها بسیار کم بوده و نیز احتمال ورود نور بیش از اندازه به داخل فضا بسیار پایین می‌باشد.

در این مطالعه قرار است تنها تأثیرات شکل، و اندازه پاسیو (به عنوان تنها عامل ورود نور طبیعی) و همچنین نوع مصالح به کار رفته در آن بر اتاق‌های شمالی ساختمان مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور تنها اتاق‌های خواب که در هر دو نوع پلان‌های مورد مطالعه در قسمت شمال ساختمان قرار گرفته‌اند مورد مطالعه و بررسی قرار خواهد گرفت.
از آنجایی که اصولا اتاق خواب بچه‌ها، اتاق مطالعه، بازی و کار آن‌ها نیز می‌باشد و نیز با توجه به سن استفاده‌کنندگان این اتاق‌ها که عموماً کم‌تر از ۲۵ سال است، با عنایت به جدول ۲، ۱۵۰ لوکس به عنوان یکی از مقادیر مورد استفاده در ارزیابی‌های اتونومی نور روز تعیین شده است. برای اتاق خواب پدر و مادر به دلیل اینکه در طول روز مورد استفاده زیادی نبوده و کم‌تر می‌توان برای آن عملکرد مطالعاتی ـ کاری تصور نمود، تنها میزان ۵۰ لوکس جهت انجام مطالعات اتونومی نور روز تخصیص داده شده است.
لازم به ذکر است که تنها اتاق‌های خواب متصل به پاسیو در کلیه طبقات جهت انجام ارزیابی‌ها انتخاب شده و برای هر یک از انواع و گزینه‌های طراحی مذکور، اتونومی نور روز ۵۰ لوکس و ۱۵۰ لوکس جهت ساعات بین ۶:۳۰ صبح تا ۶:۳۰ بعد از ظهر بر روی سطح مطالعه فرضی که ۸۰ سانتیمتر بالاتر از کف اتاق قرار دارد، مورد بررسی قرار گرفته است.

**شکل ۳: در این شکل سطح مطالعه فرضی برای اتاق‌های خواب اصلی و بچه‌ها در پلان و مقطع ساختمان نوع یک جهت هر دو گزینه (یک و دو) نشان داده شده است.**




**شکل ۴: در این شکل سطح مطالعه فرضی برای اتاق‌های خواب اصلی و بچه‌ها در پلان و مقطع ساختمان نوع دو جهت هر دو گزینه (یک و دو) نشان داده شده است.**




## ۳-۴- نرم افزارهای مورد استفاده برای مدل کردن و آنالیز نور روز

در این مقاله، مدل سه‌بعدی برای هر دو آلترناتیو در نرم افزار Revit ساخته شده سپس در Ecotect آماده‌سازی و نهایتا محاسبات مربوطه توسط نرم افزار Daysim انجام شده است.
از آنجایی که در حال حاضر فایل اطلاعات آب و هوایی شهر قزوین در دسترس نمی‌باشد، از فایل مربوط به شهر تهران که در فاصله ۱۲۰ کیلومتری قزوین قرار دارد و دارای آب و هوایی تقریبا مشابه با شهر قزوین است، استفاده شده است.

## ۳-۵- پارامترهای مورد استفاده در انجام محاسبات

مقادیر و مهم‌ترین پارامترهای استفاده شده در انجام محاسبات توسط نرم افزار Daysim به شرح زیر می‌باشند:

**جدول ۳: مقادیر مورد استفاده برای پارامترهای نرم افزار** Daysim

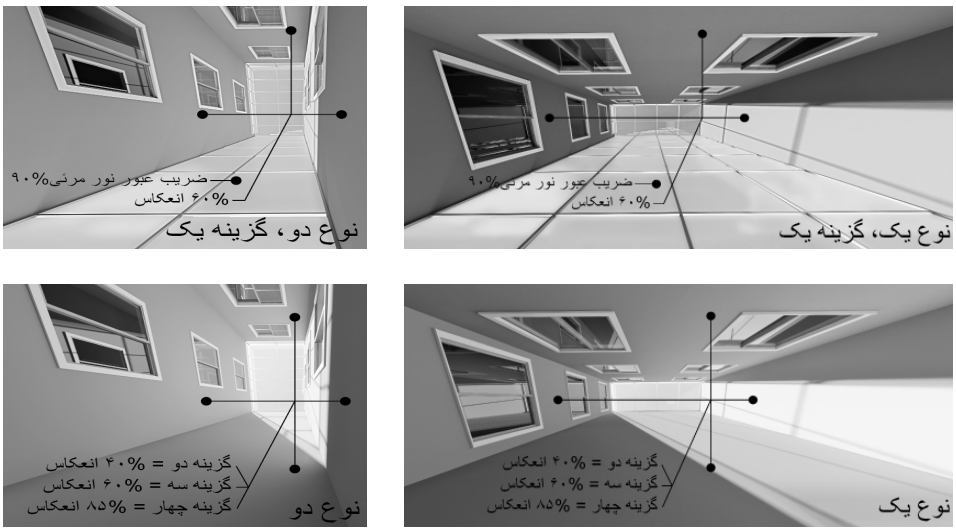
| Ambiend Bounces | Ambiend Division | Ambient sampling | Ambient accuracy | Ambient resolution | Direct threshold |
|---|---|---|---|---|---|
| ۸ | ۱۵۰۰ | ۱۰۰ | ۰,۱ | ۳۰۰ | ۰ |

در مورد ضریب انعکاس مصالح دیوارهای داخلی، کف و سقف اتاق‌ها به ترتیب مقادیر ۶۰%، ۳۰% و ۸۰% و نیز در رابطه با ضریب عبور نور مرئی برای شیشه پنجره‌های اتاق‌های خواب، مقدار ۸۰% به کار گرفته شده است.

## ۳-۶- انواع گزینه‌ها در پاسیو

گزینه‌های مربوط به هر پاسیو برای هر یک از دو نوع جانمایی به قرار زیر می‌باشند:
گزینه یک: جدار بیرونی پاسیو از یک لایه شیشه نیمه‌شفاف با میزان ۹۰% عبور نور مرئی تشکیل یافته است، در حالی که بقیه دیوارهای احاطه‌کننده آن از مصالحی با ضریب انعکاس نوری ۶۰% ساخته شده‌اند.
گزینه دو: جدار بیرونی و نیز دیوارهای داخلی پاسیو از مصالحی با ضریب انعکاس نوری ۴۰% تشکیل یافته‌اند.
گزینه سه: جدار بیرونی و نیز دیوارهای داخلی پاسیو از مصالحی با ضریب انعکاس نوری ۶۰% تشکیل یافته‌اند.
گزینه چهار: جدار بیرونی و همچنین دیوارهای داخلی پاسیو از مصالحی با ضریب انعکاس نوری ۸۵% ساخته شده‌اند.

**شکل ۵: گزینه‌های مختلف برای هر دو نوع پاسیو بر اساس نحوه پوشش و ضریب انعکاس جداره‌های تشکیل‌دهنده پاسیو**

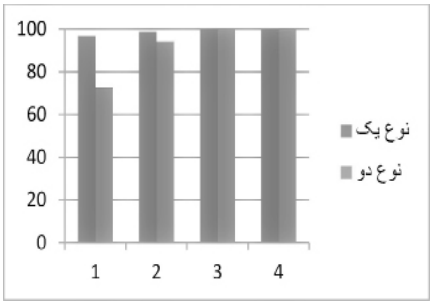



## ۳-۷- نتایج

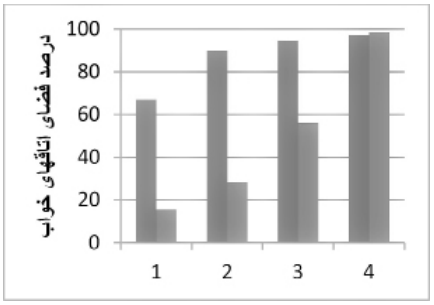
در این مطالعه علاوه بر اینکه دو نوع مدل مختلف جانمایی فضا برای ساختمان مورد نظر طراحی شده، برای هر یک از این دو نوع نیز ۴ گزینه متفاوت برای جدار خارجی پاسیو در نظر گرفته شده است. در اینجا نتایج بر اساس اتونومی نور روز ۵۰ لوکس، ۵۰% (DA50/50%) و اتونومی نور روز ۱۵۰ لوکس، ۵۰% (DA150/50%) بر روی سطح مطالعه فرضی که ۸۰ سانتیمتر بالاتر از کف اتاق می‌باشد، محاسبه شده است. نمودارهای زیر میزان درصدی از فضای اتاق‌های خواب مورد مطالعه که از دسترسی به حداقل میزان ۵۰ لوکس (برای DA50/50%) و یا ۱۵۰ لوکس (برای DA150/50%) نور طبیعی در بیش از نیمی از سال بین ساعات ۶:۳۰ صبح تا ۶:۳۰ بعداز ظهر (یعنی بیشتر از ۲۱۹۰ ساعت در سال) برخوردار می‌باشند را برای هر یک از دو نوع جانمایی بر حسب گزینه‌های مختلف، نمایش می‌دهند. نتایج به قرار زیر می‌باشند:

**نمودار ۱ الی ۸: نتایج اتونومی نور روز در هر طبقه برای گزینه‌های مختلف در هر دو نوع (یک و دو)**

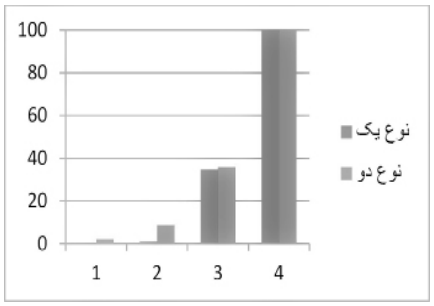
**نمودار ۱: گزینه یک، DA50/50%**



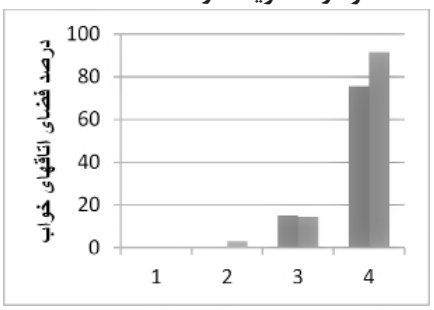

**نمودار ۲ : گزینه یک، DA150/50%**



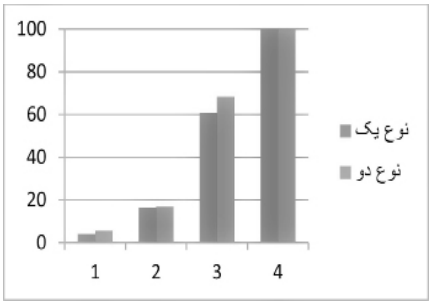
**نمودار ۳: گزینه دو، DA50/50%**



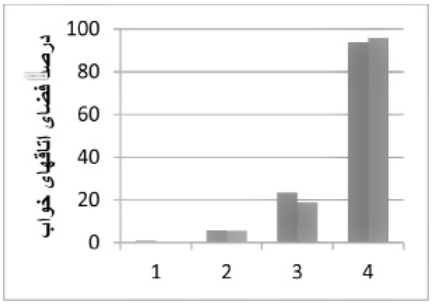

**نمودار۴ : گزینه دو، DA150/50%**



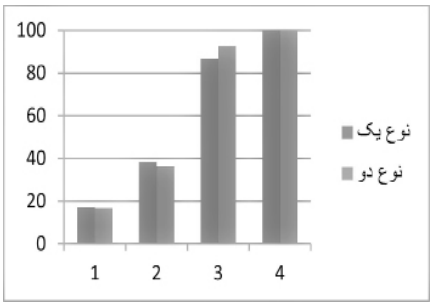

**نمودار ۵: گزینه سه، DA50/50%**



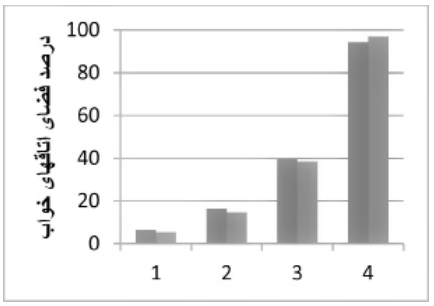

**نمودار ۶: گزینه سه، DA150/50%**




**نمودار ۷: گزینه چهار، DA50/50%**




**نمودار ۸: گزینه چهار، DA150/50%**



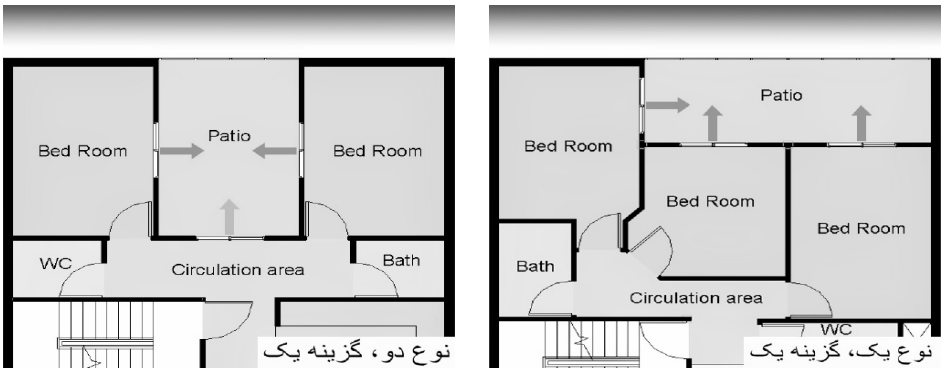

## ۴. جمع‌بندی و بحث

با توجه به نتایج حاصله از محاسبه اتونومی نور روز برای هر یک از حالت‌های بالا می‌توان به نتایج زیر دست یافت:

### ۴-۱- مقایسه نوع یک و نوع دو

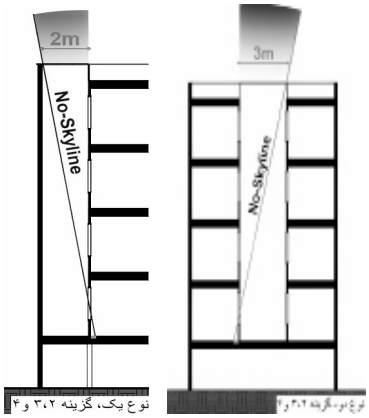
با مقایسه نتایج به دست آمده برای گزینه یک (استفاده از شیشه مات برای جدار بیرونی پاسیو) می‌توان چنین نتیجه گرفت که جانمایی فضا در نوع یک برای اتاق‌های خواب از عملکرد بهتری نسبت به نوع دو برخوردار می‌باشد. گرچه برای DA50/50% این تفاوت کم‌تر بوده ولی برای DA150/50% ( به غیر از طبقه آخر) در بقیه طبقات این اختلاف بسیار بیشتر می‌باشد. مهم‌ترین دلیل حصول چنین نتایجی اینست که جهت اصلی دو پنجره از سه پنجره اتاق‌های خواب در نوع یک به سمت جدار بیرونی پاسیو بوده که پوشیده از شیشه‌های مات می‌باشد. بنابراین امکان ورود نور طبیعی بیشتری را به داخل فضای خواب فراهم می‌آورد، در حالی که در نوع دو، پنجره‌های اتاق‌های خواب در روبروی هم قرار گرفته و به همین دلیل نور طبیعی کم‌تری وارد اتاق‌ها می‌گردد.

**شکل ۶: جهت‌گیری اصلی پنجره‌های اتاق‌های خواب به سمت دیوار داخلی و یا جدار خارجی پوشیده شده با شیشه مات برای هر دو نوع جانمایی از فضاها**




و اما برای مواردی که، دیوار از هر چهار طرف، پاسیو را احاطه نموده می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که جانمایی فضاها در نوع دو کمی بهتر از نوع یک است چرا که شکل پاسیو در نوع یک کشیده‌تر و مستطیل شکل‌تر بوده درحالی که در نوع دو شکل آن به مربع نزدیک‌تر است، فلذا در حالت مربع شکل درصد بیشتری از آسمان به خصوص در طبقات پایین از طریق پنجره داخل اتاق قابل مشاهده می‌باشد. اگرچه در طبقات بالا (طبقات ۳ و ۴) عملکرد هر دو حالت تقریبا مشابه است ولی برای طبقات پایین‌تر نوع دو برای هر سه گزینه ۲، ۳ و ۴ مؤثرتر است. از آنجایی که مثلا برای DA50/50% در گزینه دو تفاوت میان نوع یک و دو در طبقه اول تنها دو درصد می‌باشد (از صفر به ۲% رسیده است) و برای طبقه دو از ۱% به ۹% رسیده است می‌توان گفت با اینکه نوع دو بهتر بوده ولی عملا نمی‌توان آن را عملکردی قابل قبول نامید. بنابراین در هر دو حالت وقتی دیوار، چهار طرف پاسیو را احاطه نماید با افزایش ضریب انعکاس مصالح دیوار در عمل امکان ورود نور طبیعی مناسب و قابل قبولی به داخل اتاق‌های طبقات پایین فراهم نیامده و اکثر زمان‌ها در طول سال در این فضاها ناگزیر به استفاده از نور مصنوعی می‌باشیم.

**شکل ۷: استفاده از روش** No-Skyline **به منظور نشان دادن اینکه چه میزان از کف اتاق در طبقه اول امکان دید مستقیم آسمان را دارد.**




در ادامه با توجه به محاسبات انجام شده، نحوه تغییر میزان دسترسی به نور طبیعی از یک طبقه به طبقه دیگر برای کلیه گزینه‌ها، مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. از آنجایی که نتایج به دست آمده برای نوع اول را می‌توان با کمی اختلاف به حالت دوم نیز تعمیم داد در اینجا تنها نتایج حالت نوع اول را مورد ارزیابی قرار می‌دهیم.

## ۴-۲- مقایسه بین طبقات برای نوع یک

همانگونه که در نمودارهای ۱ الی ۸ مشاهده می‌نمایید، تفاوت بین میزان دسترسی به نور طبیعی میان طبقات خطی نبوده و تغییرات آن از یک طبقه به طبقه دیگر متفاوت است. همچنین این تغییرات برای DA50/50% و DA150/50% نیز یکسان نبوده و متغیر می‌باشد.

در بین گزینه‌های ۲، ۳ و ۴ (یعنی آن‌هایی که دیوار چهار طرف پاسیو را فراگرفته است) همانگونه که از ابتدا هم می‌شد حدس زد گزینه ۲ با ۴۰% ضریب انعکاس برای دیوار، بدترین گزینه محسوب شده و تفاوت مقادیر به دست آمده برای

هر گزینه در طبقات مختلف تفاوت فاحشی دارد.
در طبقه آخر (طبقه چهار) تقریبا در کلیه زمان‌ها (بین ۶:۳۰ صبح تا ۶:۳۰ بعد از ظهر) در طول سال، تمامی فضا از حداقل نور طبیعی ۵۰ لوکس بهره مند می‌باشد. همچنین در این طبقه تفاوت میان سه گزینه ۲، ۳ و ۴ برای DA150/50% بین ۸۰ درصد برای گزینه ۴ (به عنوان بهترین نمونه) و ۷۶ درصد برای گزینه ۲ (به عنوان بدترین نمونه برای زمانی که دیوار چهار طرف پاسیو را فراگرفته) در نوسان بوده که می‌توان از این تفاوت اندک در عمل چشم‌پوشی نمود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که میزان دسترسی به نور طبیعی در بالاترین طبقه تقریبا مستقل از ضریب انعکاس مصالح دیوار پاسیو است. این درحالی است که گزینه ۱ با حدود ۹۷% درصد (حدوداً ۱۷ درصد بهتر از گزینه ۴) نشان دهنده این است که با تغییر مصالح جدار خارجی از یک عامل صلب (دیوار) به عاملی شفاف (شیشه مات) به چه میزان می‌توان در بهبود کیفیت دسترسی به نور طبیعی (حتی برای طبقه آخر) گام برداشت.
برای DA50/50% به غیر از گزینه یک که تفاوت ارقام آن میان طبقه اول و آخر تنها ۳ درصد بوده، در بقیه موارد تفاوت چشمگیری دیده می‌شود. بیشترین تفاوت مربوط به گزینه ۲ می‌باشد (دیوار با ۴۰% ضریب انعکاس) که از حدود ۹۹% درصد در طبقه چهار به صفر درصد در طبقه اول تقلیل یافته است. در حالتی که چهار طرف پاسیو با دیوار پوشانیده شده است اگر دیوار از ضریب انعکاس بالایی برخوردار باشد (گزینه ۴) تفاوت میان طبقات کاهش می‌یابد (از حدود ۹۹% به ۱۷%می‌رسد). این بدین معنی است که در طبقه اول (در حالت یکه دیوارهای پاسیو از ضریب انعکاس حدود ۸۵% برخوردار بوده) تنها در۱۷% از طول زمان مورد نظر (۶:۳۰ صبح تا ۶:۳۰ بعد از ظهر در طول سال) اتاق‌های خواب دسترسی به حداقل ۵۰ لوکس نور طبیعی دارند.
و اما برای DA150/50% به مانند بالا بدترین گزینه، گزینه ۲ است زیرا که میزان دسترسی اتاق‌های خواب آن به ۱۵۰ لوکس نور طبیعی در طول سال در طبقه آخر ۷۶% بوده، در حالی که در طبقه اول این رقم صفر می‌باشد. در اینجا بهترین گزینه، گزینه شماره یک خواهد بود که تفاوت میان بالاترین و پایین‌ترین طبقه در آن از ۹۷% به ۶۷% کاهش یافته که عدد قابل قبولی می‌باشد. به غیر از گزینه اول، گزینه ۴ با دیواری با حدود ۸۵% ضریب انعکاس بهترین گزینه است ولی در این حالت هنوز هم تفاوت بین طبقات بسیار زیاد بوده و تغییرات آن از حدود ۸۰% در بالاترین طبقه به تنها ۷% در پایین‌ترین طبقه منتهی شده است.

## ۵. نتیجه‌گیری

براساس محاسبات انجام شده بر روی موارد مورد بررسی در این مقاله می‌توان گفت که برای رسیدن به یک نتیجه دلخواه و قابل قبول در تمام طبقات برای اتاق‌های واقع در بخش شمالی ساختمان که تنها از طریق پاسیو به روشنایی طبیعی دسترسی داشته، نیاز به استفاده از مصالح شفاف برای جدار خارجی پاسیو می‌باشد، اگر امکان استفاده از مصالح شفاف وجود نداشته باشد حتی‌الامکان می‌بایست حداکثر تعداد طبقات را به عدد ۳ کاهش داد. در خصوص نوع مصالح مورد استفاده در دیوارهای پاسیو، آن‌هایی که از ضریب انعکاس بالایی برخوردارند ارجح‌تر می‌باشند. باید سعی نمود که پاسیو بیشتر مربع شکل باشد تا مستطیل شکل.
باید اذعان نمود که جهت حصول به نتایج جامع‌تر، بررسی و ارزیابی دیگر موارد نیز ضروری می‌باشد. انجام مطالعات مذکور نیازمند به کارگیری تخصص‌های مختلف در زمینه صنعت ساختمان بوده و باید به صورت هماهنگ و همزمان انجام پذیرد. حصول چنین نتایجی آسان نبوده و زمان‌بر می‌باشد. از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

علاوه بر شکل، اندازه و مصالح تشکیل‌دهنده پاسیو که در این مقاله به آن‌ها پرداخته شد می‌باید دیگر پارامترهای مؤثر بر ارزیابی روشنایی طبیعی که بر میزان دسترسی به نور روز در ساختمان مؤثر بوده و در قسمت‌های قبل توضیح داده شده نیز مورد بررسی قرار گیرند.
همچنین در ارزیابی و تحلیل یک ساختمان نه تنها اتاق‌های خواب بلکه تمامی فضاهایی مفید ساختمان به مانند اتاق‌های نشیمن، پذیرایی و آشپزخانه نیز می‌بایست مورد توجه و ارزیابی قرار گیرند.
برای فضاهایی که در معرض تابش نور مستقیم خورشید قرار دارند (به مانند فضاهای جنوبی) از آنجایی که نحوه رفتار ساکنین در باز و بسته کردن پرده و کرکره و یا دیگر انواع سایه‌اندازها بر کمیت و کیفیت روشنایی فضای داخلی تأثیر بسزایی دارند می‌باید پیش‌بینی این رفتارها را نیز در بررسی‌ها لحاظ نمود.
برای فضای داخلی در ساختمان، زمان به کارگیری فضا توسط ساکنین می‌باید مد نظر قرار گرفته شود و از انجام محاسبات برای زمان‌هایی که فضای مورد نظر خالی از سکنه می‌باشد، اجتناب نمود.
برای رسیدن به تجزیه و تحلیلی دقیق‌تر و جامع‌تر می‌توان هر فضا را بر اساس عملکردهای داخل آن به قسمت‌های کوچک‌تری تقسیم‌بندی نموده و برای هر یک به طور جداگانه بررسی‌های مربوطه را انجام داد. به عنوان مثال برای اتاق خواب بچه‌ها، می‌توان قسمت مطالعه، قسمت بازی و قسمت خواب را که دارای نیازهای روشنایی متفاوتی می‌باشند به صورت مجزا مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. همچنین در این بخش می‌توان روش ارزیابی خود را به طور معکوس انجام داد

به این شکل که در ابتدا محاسبات را برای کل فضا انجام داده و سپس بر اساس نتایج به دست آمده، کاربری‌های داخل فضا را مشخص نمود.
برای نیل به یک طراحی مناسب از نظر اقلیمی که سلامت روحی، روانی و جسمی ما را نیز تضمین نماید از آنجایی که ارزیابی دسترسی به روشنایی مناسب تنها بخشی از بررسی‌های مورد نیاز بوده، نباید از دیگر عوامل مانند آسایش بصری، دمایی، شنوایی و غیره صرف نظر نمود، زیرا که در این صورت مطالعه تک‌بعدی شده و احتمال عدم حصول نتایج مطلوب زیاد می‌باشد.

در انتها می‌توان نتیجه نهایی از مقاله را به صورت زیر خلاصه نمود:

با نظر به اینکه مهم‌ترین هدف از انجام این مطالعه، ارزیابی و اعتبارسنجی قوانین موجود در امر ساخت و ساز در شهر قزوین بوده و از آنجایی که قوانین موجود در این زمینه دارای مشابهت‌های زیادی با دیگر نقاط کشور است، می‌توان نتایج به دست آمده را به دیگر مناطق نیز تعمیم داد. از آنجایی که در تمام موارد مورد بررسی، قوانین موجود رعایت شده و نتایج به دست آمده تفاوت زیادی را بین آن‌ها به نمایش می‌گذارد می‌توان چنین نتیجه گرفت که این قوانین شرط کافی برای رسیدن به شرایط مطلوب نمی‌باشند. به عبارت دیگر می‌توان مشاهده نمود که تا چه حدی دستکاری عوامل و عناصر طراحی در یک فضا می‌تواند میزان دسترسی به نور طبیعی را در آن فضا تغییر دهد در حالی که همچنان از قوانین موجود پیروی نماید. اگرچه این مطالعه برای یک ساختمان مسکونی انجام پذیرفته ولی به طور قطع می‌توان گفت که نتایج حاصله تنها منحصر به فضای مسکونی نبوده و به راحتی و با اندکی تغییر به دیگر انواع ساختمان‌ها (تجاری، اداری، صنعتی و غیره) نیز قابل تعمیم می‌باشد.

## پی‌نوشت

1. Daylight Autonomy
2. Bedrooms, General (dressing), 25-65 age → 50 lux
3. Reading and writing, 8 and 10-pt Font, 25-65 age → 300 lux
4. Living room, 25-65 age → 30
5. Kitchen, Cooktops & sinks, 25-65 age → 300 , for preparation counter → 500
6. Circulation corridors, Independent Passageways, 25-65 age → 30
7. LEED

## References


- Cantin, F., Dubois, M.C., (2011). *Daylighting Metrics Based on Illuminance*, distribution, glare and directivity, Lighting Research and Technology.
- Veitch, J.A., (2011). *The Physiological and Psychological Effects of Windows, Daylight, and View at Home*. Velux symposium, Lausanne.
- Reinhart, C.F., Weissman, D., (2012). *The Daylight Area - Correlating Architectural Student Assessments with Current and Emerging Daylight Availability Metrics*, Building and Environment.
- Mardaljevic, J., Heschong, L., Lee, E.S., (2009). *Daylight Metrics and Energy Savings*.
- Reinhart, C.F., Wienold, J., (2011). *The Daylighting Dashboard - A Simulation-Based Design Analysis for Daylight Spaces*, Building and Environment.
- Tregenza, P., Wilson, M., (2011). *Daylighting: Architecture and Lighting Design*, Routledge.
- Mardaljevic, J., Andersen, M., Roy, N. and Christoffersen, J., (2011). *Daylighting Metrics for Residential Buildings.*
- http://daysim.ning.com/page/keyword-dynamic-daylight-simulation.
- Reinhart, C.F., Mardaljevic, J., Rogers, Z., (2006). *Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design*, Leukos, 2006
- Moon, P., Spencer, D.E., (1942). *Illumination Form a Non-Uniform Sky*. Illum. Eng. (N.Y.).

- CIE 110-1994, Spatial Distribution of Daylight – Luminance Distributions of Various Reference Skies, 1994.
- Nabil, A., Mardaljevic, J., (2005). *Useful Daylight Illuminance: A New Paradigm for Assessing Daylight in Buildings*. Lighting Research and Technology , 2005
- IES LM-83-12, Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE), Illuminating Engineering Society, 2012.
- Bodart, M., De Herde, A., (2002). *Global Energy Savings in Offices Buildings by the Use of Daylighting*. Energy and Buildings.
- Dubois, M.C., Flodberg, K., (2013). *Daylight Utilisation in Perimeter Ofice Rooms at High Latitudes: Investigation by Computer Simulation*, Lighting Research & Technology.
- Krarti, M., Erickson, P.M., Hillman, T.C., (2005). *A Simplified Method to Estimate Energy Savings of Artificial Lighting Use from Daylighting*. Building and Environment.
- Reinhart, C.F., (2002). *Effects of Interior Design on the Daylight Availability in Open Plan Offices*. Report NRCC-45374. Ottawa: National Research Council of Canada, Institute for Research in Construction.
- Marie-Claude Dubois, Jiangtao Du, (2012). *Landscape Offices at High Latitude: Daylight Autonomy and Electric Lighting Savings in Relation to Key Design Features*.
- Reinhart, C.F., (2012). *Dayighting Course Lectures*, MIT.
- Cetegen, D., Veitch, J.A., Newsham, G.R., (2011). *View Size and Office Luminance Effects on Employee Satisfaction*.
- Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). (2004). *Ocular Lighting Effects on Human Physiology and Behaviour*. (CIE 158:2004). Vienna, Austria: CIE.
- David, L., DiLaura, K., Houser, W., Richard, G., Mistrick, G., Steffy, R., (2011). *Illuminating Engineering Society, The Lighting Handbook*, Tenth Edition, New York, Illuminating Engineering Society of North America.
- Ahmadi, M.T., Bazyar, M.H., et al. (2009). *National Building Regulation*, Part 4, General Building Requirements, Ministry of Housing and Urban Development, Deputy for Housing and Building.