بسم الله الرحمن الرحیم

کفایت نور روز

روشنایی و معماری

استاد:رقیه قاسمی
معماری انرژی

فهرست مطالب

مقدمه
- اهمیت نور طبیعی در معماری و طراحی ساختمان
- نقش نور روز در صرفه‌جویی انرژی و آسایش دیداری
- معرفی شاخص‌های ارزیابی نور روز

تعریف مفاهیم اصلی
- تعریف Daylight Autonomy
- واحدهای اندازه‌گیری و مبنای محاسبه
- تفاوت DA با شاخص‌های مشابه

روش محاسبه
- حد آستانه روشنایی (Lux threshold)
- مدت‌زمان مورد نیاز برای دستیابی به آستانه روشنایی
- مدل‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی دینامیک نور روز
- نحوه محاسبه درصد ساعات سال با نور کافی

ابزارهای مورد استفاده
- Radiance
- ClimateStudio
- DIVA for Rhino
- Honeybee + Ladybug
- سایر ابزارهای BIM و CAD

فهرست مطالب

استانداردها
- استاندارد LEED v4 (sDA 300/50%)
- WELL Building Standard
- EN 17037
- معیارهای ASHRAE و IES

مطالعات موردی
- نمونه ساختمان‌های با امتیاز LEED/WELL
- تحلیل پروژه‌های معماری موفق در بهره‌مندی از نور روز

عوامل موثر
- شدت و زاویه تابش خورشید
- جهت‌گیری ساختمان
- اندازه و نوع پنجره‌ها
- نوع شیشه و ضریب عبور نور
- طراحی نورگیرها، سایه‌بان‌ها و عمق فضا
- درصد بازتاب سطوح داخلی

ارتباط آن بامصرف انرژی
- کاهش نیاز به روشنایی مصنوعی
- اثر بر بار سرمایشی و گرمایشی
- بهینه‌سازی سیستم‌های کنترل روشنایی هوشمند

جمع بندی و نتیجه گیری
- جمع‌بندی اهمیت DA در طراحی پایدار
- پیشنهادات برای بهبود کفایت نور روز در معماری معاصر

مقدمه:

نور طبیعی یکی از اساسی‌ترین عناصر در معماری و طراحی ساختمان است و از گذشته تاکنون نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل‌دهی به فضاهای داخلی داشته است. حضور نور روز نه‌تنها کیفیت ادراک فضا را ارتقا می‌دهد، بلکه احساس پویایی، سلامت و ارتباط با محیط بیرونی را در ساکنان تقویت می‌کند. به همین دلیل، معماران و طراحان همواره تلاش کرده‌اند تا با استفاده از راهکارهای مختلف، بیشترین بهره را از نور طبیعی در طراحی بناها ببرند.

اهمیت نور طبیعی

استفاده بهینه از نور روز علاوه بر ارتقای کیفیت بصری فضا، تأثیر چشمگیری بر کاهش مصرف انرژی نیز دارد. با تأمین روشنایی طبیعی در ساعات روز، نیاز به روشنایی مصنوعی کاهش یافته و در نتیجه هزینه‌های انرژی برق به حداقل می‌رسد. همچنین نور طبیعی موجب بهبود آسایش دیداری کاربران می‌شود؛ زیرا طیف نور خورشید با سازوکارهای بینایی انسان سازگارتر بوده و خستگی چشم را کاهش می‌دهد. از این رو، توجه به کیفیت، شدت و یکنواختی نور روز از مهم‌ترین عوامل در طراحی ساختمان‌های کم‌مصرف و انسانی‌محور به شمار می‌رود.

برای سنجش و بهینه‌سازی عملکرد نور روز در فضاهای داخلی، شاخص‌های گوناگونی معرفی شده‌اند که امکان ارزیابی کمی و کیفی شرایط روشنایی را فراهم می‌کنند. شاخص‌هایی مانند «ضریب روشنایی روز» (Daylight Factor)، «نسبت نور روز» (Daylight Ratio)، «خودبسندگی روشنایی روز» (Daylight Autonomy)، «روشنایی مفید روز» (UDI) و سایر شاخص‌های مبتنی بر شبیه‌سازی پویا، ابزاری کلیدی برای تحلیل و مقایسه گزینه‌های طراحی هستند. این شاخص‌ها به طراحان کمک می‌کنند تا تصمیمات دقیق‌تری در زمینه جانمایی پنجره‌ها، انتخاب مصالح، کنترل تابش و بهینه‌سازی مصرف انرژی اتخاذ کنند.

مفاهیم اصلی

مبانی نظری نور روز بر فهم ویژگی‌های فیزیکی نور طبیعی و تأثیر آن بر رفتار انسان و محیط بنا استوار است. نور روز نه‌تنها عامل روشنایی فضاست، بلکه کیفیت ادراک بصری، خوانایی فرم‌ها و تجربه فضایی را تعیین می‌کند. در معماری، هدف اصلی از بهره‌گیری نور طبیعی، ایجاد تعادل میان کارایی روشنایی، آسایش بصری و کاهش انرژی مصرفی است.

Daylight Autonomy

کفایت نور روز یا خودبسندگی نور روز، یکی از شاخص‌های پویا در ارزیابی عملکرد روشنایی طبیعی ساختمان است که میزان اتکای فضا به نور روز را در طی یک سال نشان می‌دهد.

DAبیان می‌کند که یک نقطه مشخص در فضا، در چه درصدی از ساعات کاری سال به‌طور کامل روشنایی موردنیاز را فقط از طریق نور طبیعی دریافت می‌کند، بدون آنکه نیاز به روشنایی مصنوعی باشد.

به‌عبارت دیگر:
DA = درصد ساعات سال که روشنایی طبیعی ≤ مقدار روشنایی هدف (lux)
این شاخص به‌صورت درصد (%) بیان می‌شود و مقدار آن هرچه بیشتر باشد، وابستگی فضا به نور مصنوعی کمتر و کارایی طراحی نور روز بیشتر است.

واحدهای اندازه گیری

•**واحد پایه محاسبه:** لوکس Lux
•مقدار هدف روشنایی Target Illuminanceبسته به نوع فضا تعیین می‌شود. برای مثال:

- کلاس درس: 300-500 لوکس
- دفتر کار: 300-500 لوکس
- فضاهای مسکونی: حدود 150-300 لوکس

مبنای محاسبه DA

محاسبه DAنیازمند شبیه‌سازی پویا ((Dynamic Simulationاست که شامل موارد زیر است:

1.اطلاعات آب‌وهوایی واقعی سالانه ((EPW
2.مدل سه‌بعدی ساختمان و مصالح
3.مقدار هدف روشنایی
4.محاسبه روشنایی نقطه‌ای در هر ساعت از سال

نتیجه این محاسبه یک درصد است.

مثال:

اگر یک نقطه در 3000 ساعت از مجموع 4380 ساعت کاری سال با نور طبیعی به روشنایی موردنیاز برسد:

DA = 3000 / 4380 = **68%**

تفاوت DAبا شاخص‌های مشابه

تفاوت DAو sDA (spatial Daylight Autonomy)

- DAیک شاخص *نقطه‌ای* است و برای هر نقطه از فضا محاسبه می‌شود.
- sDAنسخه *فضایی* DAاست و معیار ASHRAE/IESبرای سنجش نور روز محسوب می‌شود.

sDA (300 lux, 50%)بیان می‌کند که چه درصدی از کل مساحت فضا، حداقل در 50% ساعات سال به 300 لوکس نور طبیعی می‌رسد.

به‌طور ساده:

- DA = عملکرد نور در یک نقطه
- sDA = عملکرد نور در کل فضا

تفاوت DAو UDI

UDIشاخصی پیشرفته‌تر است که نه‌تنها کفایت نور روز را ارزیابی می‌کند، بلکه کیفیت و مناسب‌بودن آن را نیز مشخص می‌کند.

UDIنور روز را به سه بخش تقسیم می‌کند:

- UDI-low (<100 lux): نور ناکافی
- UDI-useful (100–2000 lux): نور مناسب و مفید
- UDI-high (>2000 lux): نور بیش از حد و احتمال خیرگی/گرمایش

تفاوت اصلی:

- DAفقط بررسی می‌کند روشنایی ≤ مقدار هدف هست یا نه.
- UDIمحدوده مناسب نور را بررسی کرده و خطر خیرگی یا کمبود نور را نیز نشان می‌دهد.

تفاوت DA و DF (Daylight Factor)

تفاوت DA و DF (Daylight Factor) DFیک شاخص **ایستا** و قدیمی بر پایه **آسمان کاملاً ابری CIE**است.

DF = نسبت روشنایی داخلی به روشنایی بیرون × 100%

ویژگی‌های DF:

- مستقل از شرایط آب‌وهوایی واقعی
- مستقل از جهت‌گیری بنا
- نشان‌دهنده عملکرد متوسط نور روز در شرایط آسمان ابری ثابت

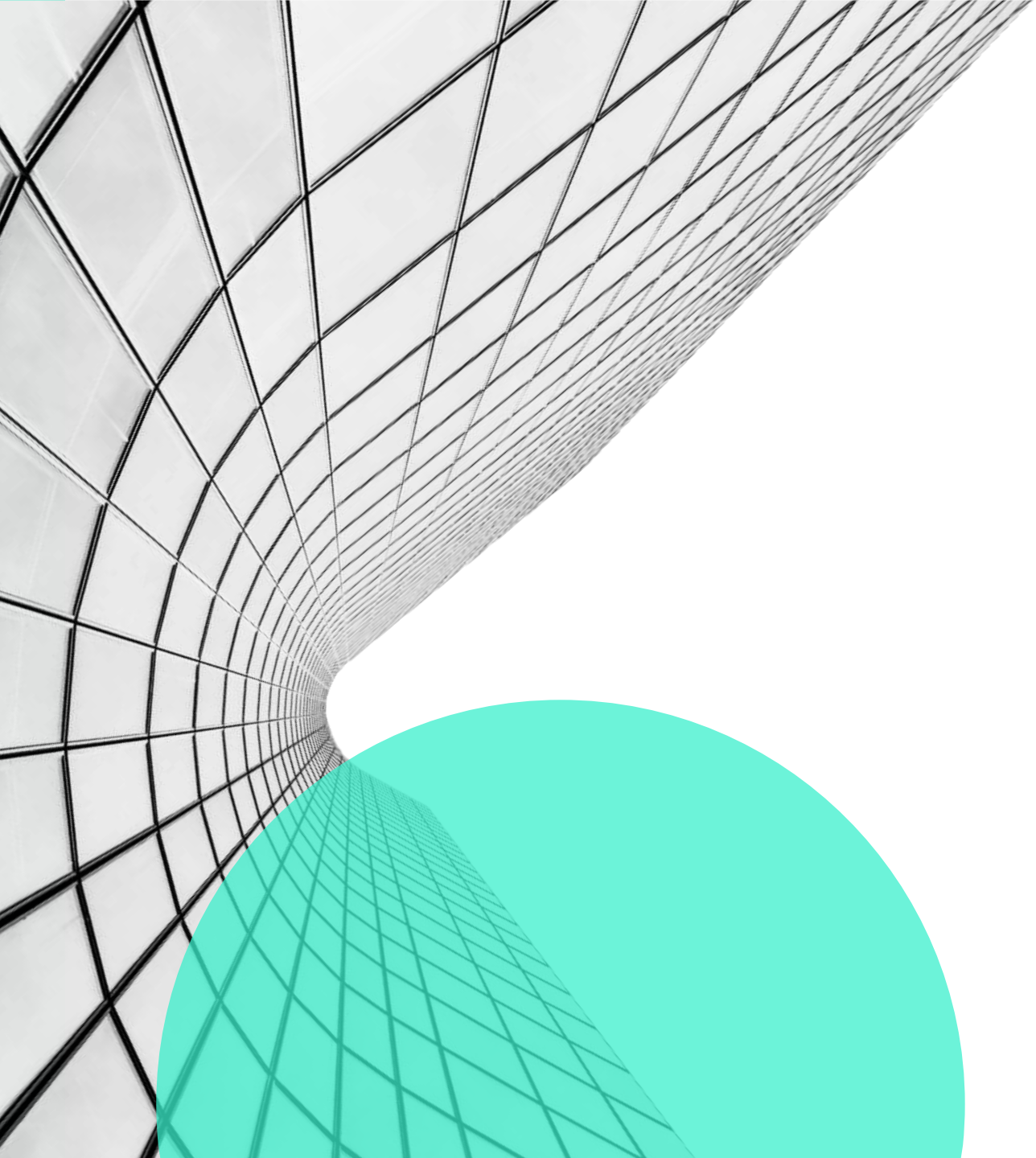
در مقابل، **DAیک شاخص پویا و واقعی** است و با توجه به:

- ساعات سال
- تغییرات فصل
- آسمان واقعی محل

محاسبه می‌شود.

تفاوت کلیدی:

- **DF** ساده و غیرواقعی ← فقط مناسب مقایسه اولیه
- **DA** دقیق، مبتنی بر داده‌های واقعی ← مناسب طراحی حرفه‌ای و استانداردهای انرژی



روش های محاسبه

حد استانه روشنایی

در محاسبه DAاولین پارامتر تعیین‌کننده، حد آستانه روشنایی یا *Target Illuminance*است.
این مقدار همان سطح روشنایی موردنیاز برای انجام فعالیت‌های بصری در یک فضا است و معمولاً بر اساس استانداردهای روشنایی مانند IESیا EN 12464تعیین می‌شود.
نمونه مقادیر معمول آستانه روشنایی:

- کلاس درس: 300-500 lux
- دفتر کار: 300 lux
- خانه مسکونی: 150-300 lux

در فرمول DA، هر ساعت از سال که سطح روشنایی طبیعی در نقطه‌ای از فضا بیشتر یا مساوی آستانه تعیین‌شده باشد، یک ساعت *کفایت نور روز* محسوب می‌شود.

مدت زمان مورد نیاز برای دستیابی به استانه روشنایی

پس از تعیین آستانه روشنایی، لازم است بررسی شود که در **هر ساعت از ساعات سال** آیا این حد تأمین می‌شود یا خیر.

محاسبات معمولاً بر پایه:

- **ساعات کاری استاندارد سال** (مثلاً 8:00-18:00)
- یا **ساعات روشنایی طبیعی پس از فیلتر کردن ساعات شب**

انجام می‌گیرد.

مثال:

اگر سال شامل **4380 ساعت کاری** باشد، و در یک نقطه روشنایی طبیعی در **2700 ساعت** ≤ 300 لوکس باشد:

DA = 2700 / 4380 × 100 = **61.6%**

مدل سازی مبتنی بر شبیه سازی دینامیک نور روز

محاسبه DAیک فرآیند پویا Dynamicاست و برای محاسبه دقیق آن باید تغییرات واقعی نور روز در طول سال بررسی شود. این کار با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی نور انجام می‌شود مانند:

- Radiance
- DIVA for Rhino
- Honeybee / Ladybug (Grasshopper)
- Relux evo
- IES VE

مراحل مدل‌سازی

1.ساخت مدل سه‌بعدی دقیق شامل پنجره‌ها، مصالح، ضرایب بازتاب و هندسه فضا

2.انتخاب فایل آب‌وهوای سالانه ((EPWمخصوص شهر موردنظر

3.تعریف شبکه نقاط اندازه‌گیری (معمولاً در ارتفاع 0.8 متر برای فضاهای کاری)

4.تعیین مقدار آستانه روشنایی ((lux

5.اجرای شبیه‌سازی ساعتی برای کل ساعات سال

6.ثبت روشنایی به‌دست‌آمده در هر ساعت برای هر نقطه

این فرآیند مقدار روشنایی طبیعی در هر ساعت از سال و در هر نقطه از فضا را تولید می‌کند.

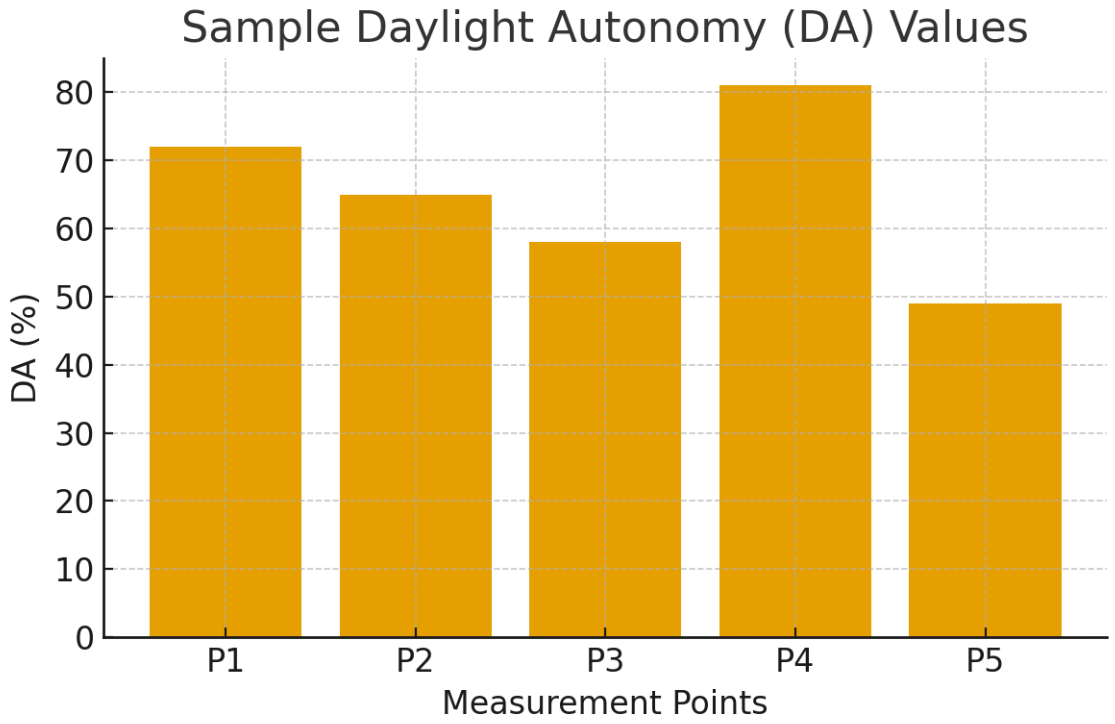
نحوه محاسبه درصد ساعات سال با نور کافی

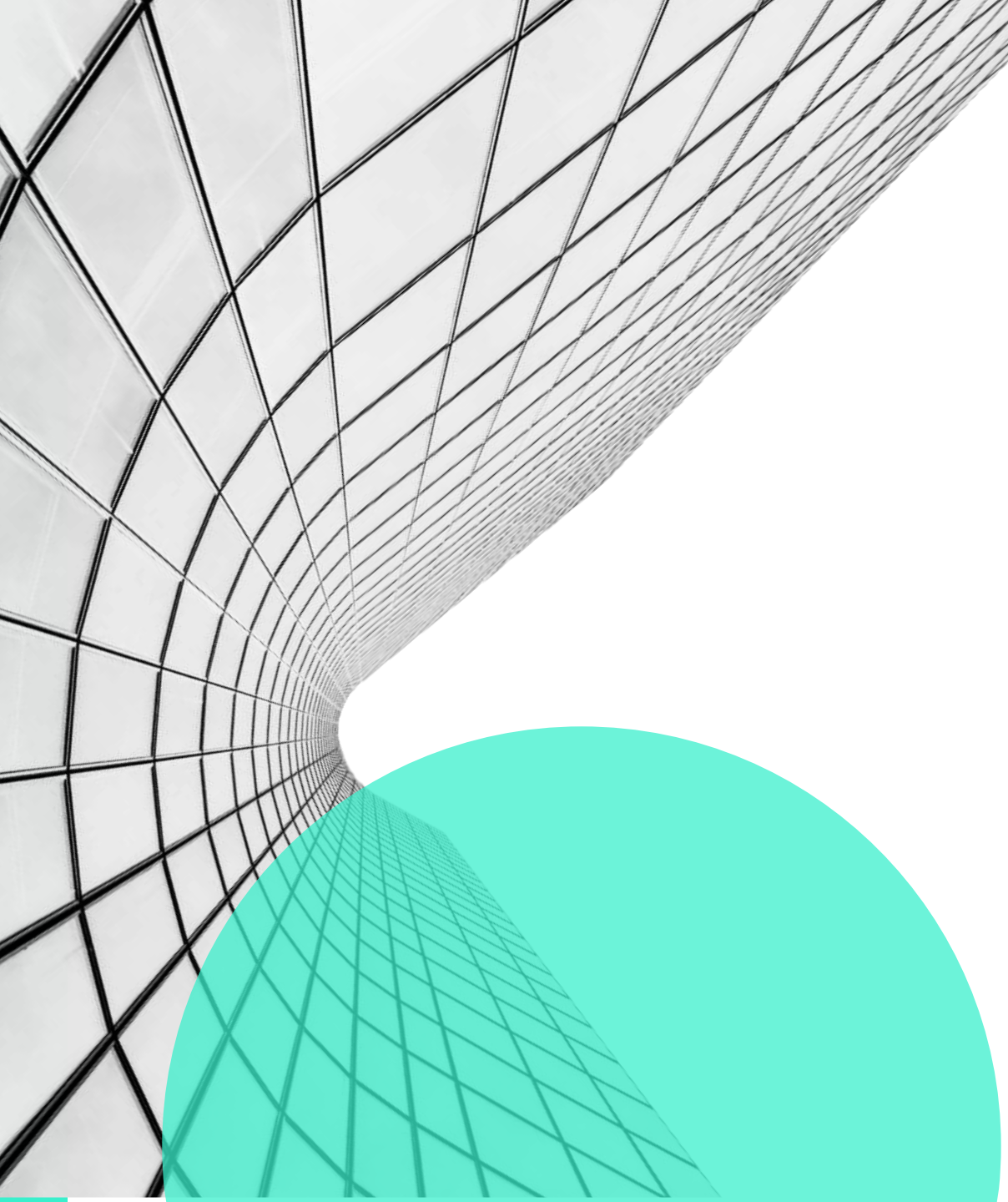
پس از انجام شبیه‌سازی:
1.برای **هر نقطه** تعداد ساعات سال که روشنایی ≤ آستانه است شمارش می‌شود.
2.مقدار به‌دست‌آمده بر مجموع ساعات روشنایی طبیعی سال تقسیم می‌شود.
3.نتیجه × 100 شده و به‌صورت درصد بیان می‌گردد.

جمع بندی

Point	DA (%)
P1	72
P2	65
P3	58
P4	81
P5	49

جمع بندی


Sample Daylight Autonomy (DA) Values
DA (%)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
P1
P2
P3
P4
P5
Measurement Points



ابزارهای مورد استفاده

Radiance

Radianceیکی از قدرتمندترین و معتبرترین موتورهای شبیه‌سازی روشنایی در جهان است. این نرم‌افزار بر پایه ردیابی پرتو ((Ray Tracingعمل کرده و نتایج آن توسط استانداردهای جهانی و مقالات علمی تأیید شده است.

ویژگی‌های Radiance:

- شبیه‌سازی پویا و دقیق نور روز
- پشتیبانی از آسمان‌های واقعی و مدل‌های CIE
- محاسبات ساعتی برای DA، UDIو sDA
- قابل ادغام با ابزارهای CADو Grasshopper
- متن‌باز ((Open Sourceو قابل توسعه

Radianceبه‌عنوان «موتور اصلی» بسیاری از نرم‌افزارهای دیگر مانند **DIVA, Honeybee, ClimateStudio**استفاده می‌شود.

Climate Studio

ClimateStudioنسل جدید ابزارهای شبیه‌سازی محیطی است که بر پایه Radianceساخته شده و رابط کاربری ساده و قدرتمندی روی پلتفرم **Rhino**ارائه می‌دهد.

قابلیت‌ها:

- محاسبه DA، sDA، UDI، DF
- تحلیل انرژی، آسایش حرارتی و تابش
- پشتیبانی مستقیم از فایل‌های EPW
- گزارش‌دهی سریع، بصری و مناسب برای اتود طراحی

ClimateStudioیکی از ابزارهای استاندارد برای محاسبات LEEDو WELLنیز محسوب می‌شود.

DIVA

DIVAیک پلاگین پیشرفته برای Rhino/Grasshopperبود که نقش مهمی در ورود شبیه‌سازی‌های دینامیک به جریان طراحی معماری داشت.

مزایا:

- محاسبه DA، DF، UDIو Glare
- اتصال مستقیم به Radianceو Daysim
- مناسب برای تحلیل‌های زودهنگام طراحی

نکته: توسعه DIVAمتوقف شده اما همچنان در بسیاری از پروژه‌های دانشگاهی استفاده می‌شود.

HB - LB

مجموعه پلاگین‌های Ladybug Toolsیکی از قدرتمندترین و انعطاف‌پذیرترین محیط‌ها برای شبیه‌سازی عملکرد ساختمان است.

Honeybee:

- مسئول شبیه‌سازی‌های نور روز و انرژی
- محاسبه DA، UDI، DF، sDA
- مبتنی بر Radianceو OpenStudio

Ladybug:

- تحلیل اقلیم، تابش خورشید، نمودارهای انرژی
- مدیریت داده‌های EPWو آفتاب‌سنجی

مزایا:

- کاملاً بصری و پارامتریک
- مناسب پژوهش، مدلسازی پیچیده و طراحی بهینه‌سازی‌شده

سای ابزارها

علاوه بر نرم‌افزارهای تخصصی نور، ابزارهای CADو BIMنیز نقش مهمی در آماده‌سازی مدل سه‌بعدی برای شبیه‌سازی‌ها دارند:

Autodesk Revit

- مدل‌سازی BIM•
- امکان شبیه‌سازی نور روز با افزونه‌هایی مانند **Insight**•
- ارتباط‌پذیری با Radiance، Honeybeeو ClimateStudio•

Autodesk 3ds Max

- رندرهای واقع‌گرایانه با Arnold•
- امکان استخراج روشنایی فیزیکی اما کمتر تخصصی برای DA•

SketchUp + Plugins

- مدل‌سازی سریع•
- پلاگین‌های V-Ray، LightUpیا افزونه‌های مخصوص daylight•

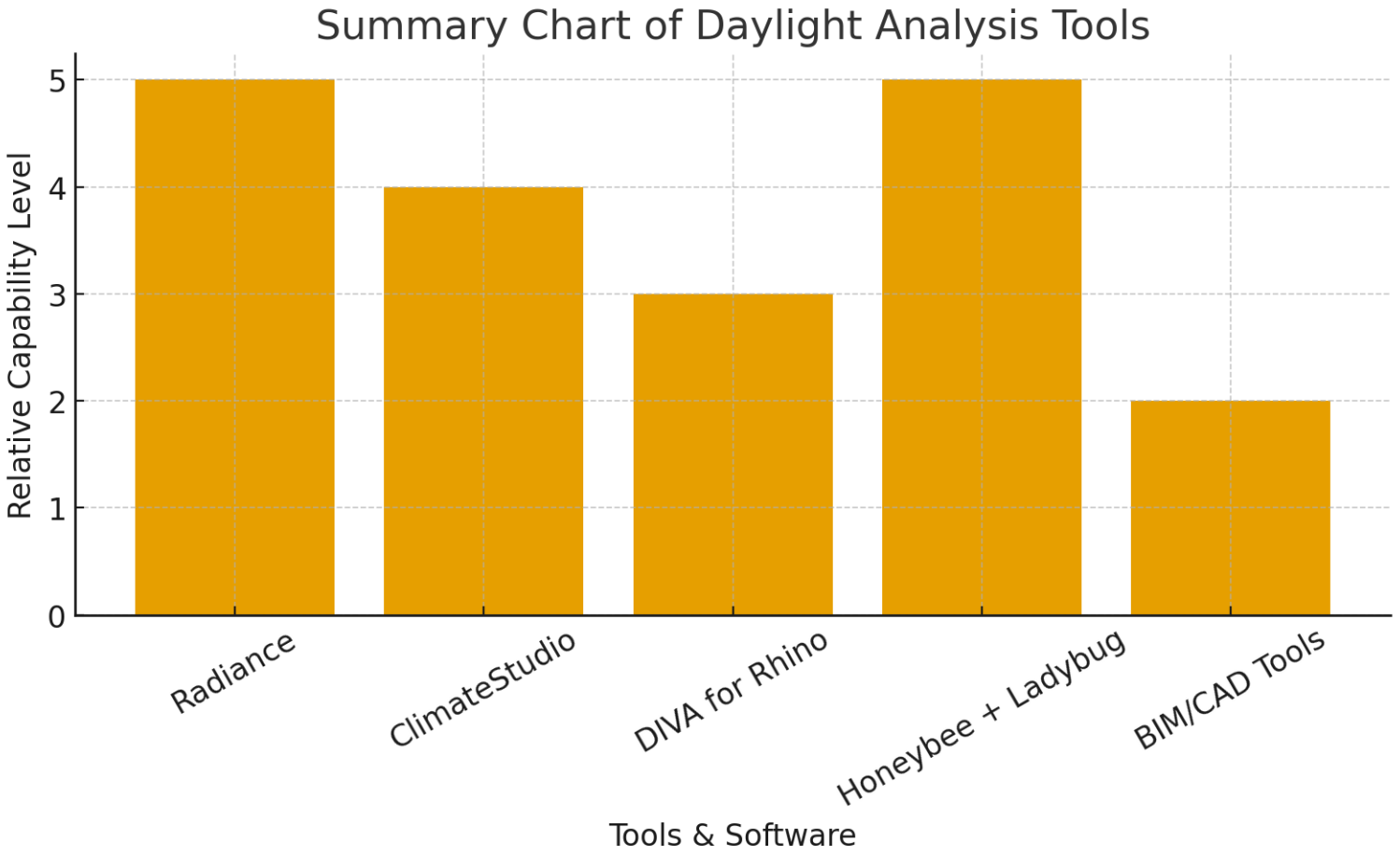
OpenStudio

- پلتفرمی برای انرژی و نور روز•
- قابل اتصال به Radiance•

IES VE

- نرم‌افزار تحلیل انرژی با ماژول‌های daylight•
- قابلیت محاسبه DFو DA•

جمع بندی


Summary Chart of Daylight Analysis Tools
Relative Capability Level
0
1
2
3
4
5
Radiance
ClimateStudio
DIVA for Rhino
Honeybee + Ladybug
BIM/CAD Tools
Tools & Software

کفایت نور روز یا DAشاخصی پویا است که تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل محیطی، معماری و مصالح قرار می‌گیرد. این عوامل تعیین می‌کنند که چه مقدار نور طبیعی در طول سال وارد فضا شده و تا چه اندازه نیاز به روشنایی مصنوعی کاهش می‌یابد.

عوامل موثر بر کفایت نور روز

شدت و زاویه تابش خورشید

میزان انرژی خورشیدی و زاویه برخورد نور نقش اساسی در تأمین روشنایی طبیعی دارد.

- **زاویه تابش خورشید در طول سال تغییر می‌کند** و این تغییر، شدت نور ورودی به فضا را تحت تأثیر قرار می‌دهد.
- در زمستان زاویه تابش پایین‌تر است و نور عمیق‌تر وارد فضا می‌شود، در حالی‌که در تابستان نور مایل‌تر و پراکنده‌تر است.
- مناطق جغرافیایی با **شدت تابش بالا** (مثلاً مناطق گرم و خشک) نور بیشتری برای دستیابی به DAبالا فراهم می‌کنند، اما چالش خیرگی نیز افزایش می‌یابد.

جهت گیری ساختمان

جهت‌گیری یا *Orientation* یکی از مهم‌ترین عوامل در تحلیل نور روز است.

- **جهت جنوب** (در نیمکره شمالی) بیشترین پتانسیل برای نور یکنواخت و کنترل‌پذیر دارد.

- **شرق و غرب** نور شدید و زاویه‌دار تولید می‌کنند که به خیرگی و افزایش حرارت منجر می‌شود.

- **جهت شمال** نور ملایم و یکنواخت دارد اما شدت روشنایی کمتر است.

انتخاب جهت مناسب می‌تواند DA فضا را به‌طور چشمگیری افزایش دهد.

اندازه و نوع پنجره

ابعاد بازشوها و سطح شفاف ساختمان تعیین می‌کنند که چه مقدار نور به داخل نفوذ می‌کند.

- **افزایش سطح پنجره** → افزایش DA، اما احتمال خیرگی و اتلاف انرژی نیز بیشتر می‌شود.
- ارتفاع پنجره نیز مهم است:
پنجره‌های بلندتر نور را در عمق بیشتری توزیع می‌کنند و DAنقاط دورتر از پنجره افزایش می‌یابد.
- **نسبت پنجره به دیوار ((WWR**یکی از شاخص‌های مهم در طراحی نور روز است.

نوع شیشه و ضریب عبور نور

جنس شیشه و میزان عبوردهی آن به‌طور مستقیم در DAمؤثر است.

- **ضریب عبور نور یا Visible Transmittance (VT)** بیان می‌کند چه درصدی از نور قابل‌دیدن از شیشه عبور می‌کند.

- شیشه با VTبالا → DAبیشتر اما کنترل تابش کمتر
- شیشه‌های دوجداره یا کم‌گسیل
  - عبور نور کمتر از تک‌جداره
  - کنترل انرژی بهتر
- شیشه‌های رنگی یا بازتابی کاهش DAبه دلیل کاهش عبور نور

طراحی نورگیرها سایه بان ها و عمق فضا

عمق فضا یکی از پارامترهای کلیدی است:

•هرچه عمق فضا بیشتر باشد، نور روز سخت‌تر به نقاط دورتر می‌رسد و DA کاهش می‌یابد.

•نورگیرها می‌توانند به‌طور چشمگیری DAرا بهبود دهند، مخصوصاً در فضاهای عمیق.

•سایه‌بان‌ها مانند لوور، آفتاب‌گیر افقی و عمودی، نقش دوگانه دارند:

- کاهش خیرگی و تابش مستقیم
- کاهش DAدر برخی ساعات سال

طراحی بهینه سایه‌بان‌ها باید با استفاده از شبیه‌سازی پویا انجام شود تا تعادل بین کنترل تابش و تأمین نور برقرار گردد.

درصد بازتاب سطوح داخلی

جنس و رنگ سطوح داخلی (کف، دیوار، سقف و مبلمان) نقش مهمی در توزیع نور روز دارد.

•سطوح با **بازتاب بالا** (مثلاً رنگ سفید یا روشن):

- افزایش توزیع نور
- کاهش شدت سایه‌ها
- افزایش DAدر نقاط دورتر

•سطوح با **بازتاب پایین** (رنگ‌های تیره و مات):

- جذب شدید نور
- کاهش روشنایی مفید
- کاهش DA

به‌طور معمول:

•بازتاب سقف: ۷۰-۹۰٪

•بازتاب دیوارها: ۵۰-۷۰٪

•بازتاب کف: ۲۰-۴۰٪

مقادیر مناسبی برای ارتقای DAمحسوب می‌شوند.

جمع بندی بصورت مقایسه

نکات طراحی	تأثیر بر DA	توضیح	عامل
توجه به تغییرات فصلی، تنظیم زاویه تابش با سایه‌بان‌ها	↑ افزایش نور ورودی (در نقاطی) / ↓ احتمال خیرگی	میزان انرژی و زاویه ورود نور خورشید در طول سال و ساعات مختلف روز تغییر می‌کند.	شدت و زاویه تابش خورشید
تنظیم جهت در طراحی اولیه، بهینه‌سازی نسبت پنجره‌ها	جنوب ↑ یکنواخت / شرق-غرب ↑ شدید و زاویه‌دار / شمال ↓	جهت قرارگیری نما و پنجره‌ها نسبت به خورشید (N/S/E/W).	جهت‌گیری ساختمان
انتخاب بهینه WWR، پنجره‌های قدی برای افزایش عمق روشنایی	اما ↑ DA پنجره بزرگ ↑ خیرگی / پنجره کوچک ↓	ابعاد افقی و عمودی بازشوها و نسبت پنجره به دیوار (WWR).	اندازه و نوع پنجره‌ها
انتخاب شیشه با VT مناسب و کنترل تابش مستقیم	شیشه‌های VT ↑ / DA بالا ↓ DA بازتابی	عبوردهی نور در انواع شیشه‌های ساده، Low-E، رنگی یا بازتابی.	نوع شیشه و ضریب عبور نور (VT)
طراحی همزمان کنترل تابش و تأمین نور یکنواخت	در فضاهای DA نورگیر ↑ عمیق / سایه‌بان‌ها ↓ نور مستقیم	نورگیر سقفی، لوور، سایه‌بان افقی و عمودی، عمق فضا.	طراحی نورگیرها و سایه‌بان‌ها
استفاده از رنگ‌های روشن در دیوار و سقف (70-90٪)	بازتاب بالا ↑ توزیع نور / بازتاب پایین ↓ نور	میزان روشنایی بازتابش شده از دیوار، سقف، کف و مبلمان.	درصد بازتاب سطوح داخلی

استانداردها و معیارهای بین المللی

- WELL Building Standard
- EN 17037
- معیارهای ASHRAE و IES
- استاندارد LEED v4 (sDA 300/50%)

ارتباط کفایت نور روز با مصرف انرژی

کاهش نیاز به روشنایی مصنوعی

افزایش DAبه معنای آن است که در درصد بیشتری از ساعات سال، روشنایی مورد نیاز فضا تنها توسط نور روز تأمین می‌شود.

نتایج اصلی:

- **کاهش مصرف انرژی روشنایی** به‌طور مستقیم
- **طولانی‌تر شدن مدت خاموش بودن لامپ‌ها**
- **افزایش بازده سیستم‌های (Dimming**کم‌نور شدن تدریجی)
- **کاهش هزینه‌های عملیاتی ساختمان در بلندمدت**

مقدار تأثیر:

- در پروژه‌های معمول، افزایش DAمی‌تواند **10 تا 40٪** مصرف روشنایی مصنوعی را کاهش دهد.

اثر بر بار سرمایشی و گرمایشی

نور روز علاوه بر روشنایی، **بار حرارتی** نیز وارد فضا می‌کند—گاهی مثبت و گاهی منفی.

اثر مثبت (سودمند):

•در زمستان، ورود نور باعث **گرمایش غیرفعال:**

→ کاهش مصرف انرژی گرمایشی

اثر منفی (چالش):

•در تابستان، نور مستقیم خورشید می‌تواند بار سرمایشی را افزایش دهد:

→ نیاز بیشتر به تهویه مطبوع

→ افزایش مصرف انرژی سرمایشی

نکته کلیدی:

افزایش DA همیشه به معنای کاهش انرژی نیست؛

باید همراه با:

•سایه‌بان مناسب

•شیشه با ضریب عبور نور (VTو گین حرارتی (SHGCکنترل‌شده)

•کنترل خیرگی

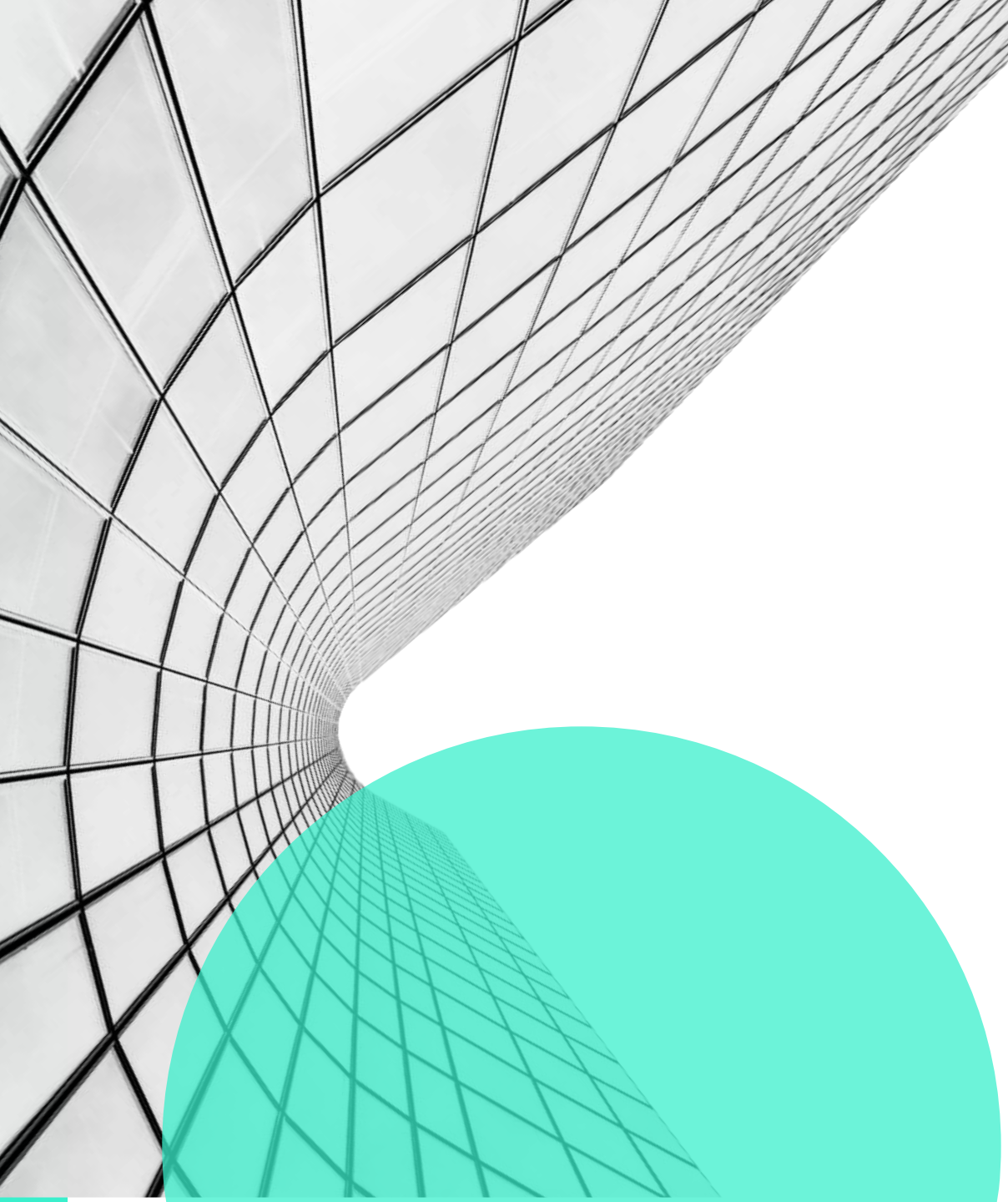
طراحی شود تا هم نور کافی باشد و هم بار سرمایشی افزایش نیابد.

بهینه سازی

سیستم‌های کنترل هوشمند روشنایی بیشترین هم‌افزایی را با DA دارند.
مهم‌ترین ابزارها:
• Photosensor-based dimming (کم‌نور شدن بر اساس نور روز)
• Occupancy sensors (حضور/عدم حضور افراد)
• Curtain/Shade Automation (سایه‌بان هوشمند)
• Integrated Building Management Systems (BMS)
نتایج:
•مصرف روشنایی مصنوعی کاهش چشمگیر پیدا می‌کند.
•سایه‌بان‌ها به‌طور خودکار نور مفید را حداکثر و بار سرمایشی را حداقل می‌کنند.
•سیستم‌ها تعادل بین روشنایی-آسایش-انرژی را برقرار می‌کنند.

جمع بندی

نکات کلیدی	تأثیر بر مصرف انرژی	توضیح	موضوع
در این DAبیشترین اثر مثبت بخش دیده می‌شود	↓ کاهش 10-40٪ انرژی روشنایی	افزایش ساعات تأمین روشنایی مورد نیاز توسط نور روز	کاهش نیاز به روشنایی مصنوعی
به‌ویژه در اقلیم‌های سرد مفید است	↓ کاهش بار گرمایشی	نور روز در زمستان بخشی از گرمایش غیرفعال را تأمین می‌کند	بار گرمایشی
نیازمند سایه‌بان، کنترل تابش، شیشه مناسب	↑ افزایش مصرف انرژی سرمایشی	تابش مستقیم خورشید در تابستان باعث افزایش حرارت داخلی فضا می‌شود	بار سرمایشی
کنترل نور برای بهره‌برداری از ضروری است DA	غیرمستقیم باعث استفاده از پرده و افزایش روشنایی مصنوعی	نور بیش از حد باعث خیرگی و ناراحتی بصری می‌شود	خیرگی و کیفیت نور
، سنسور حضور، dimming پرده خودکار کارایی را دوچندان می‌کنند	↓ کاهش قابل‌توجه مصرف انرژی	هماهنگی نور مصنوعی با نور روز از طریق حسگرها	سیستم‌های هوشمند کنترل روشنایی
بهترین عملکرد انرژی وقتی و DAحاصل می‌شود که طراحی حرارتی توأم باشند	بهینه‌سازی دوگانه روشنایی و حرارتی	استفاده همزمان از سایه‌بان، شیشه مناسب، کنترل‌های هوشمند	با طراحی DAهماهنگی حرارتی



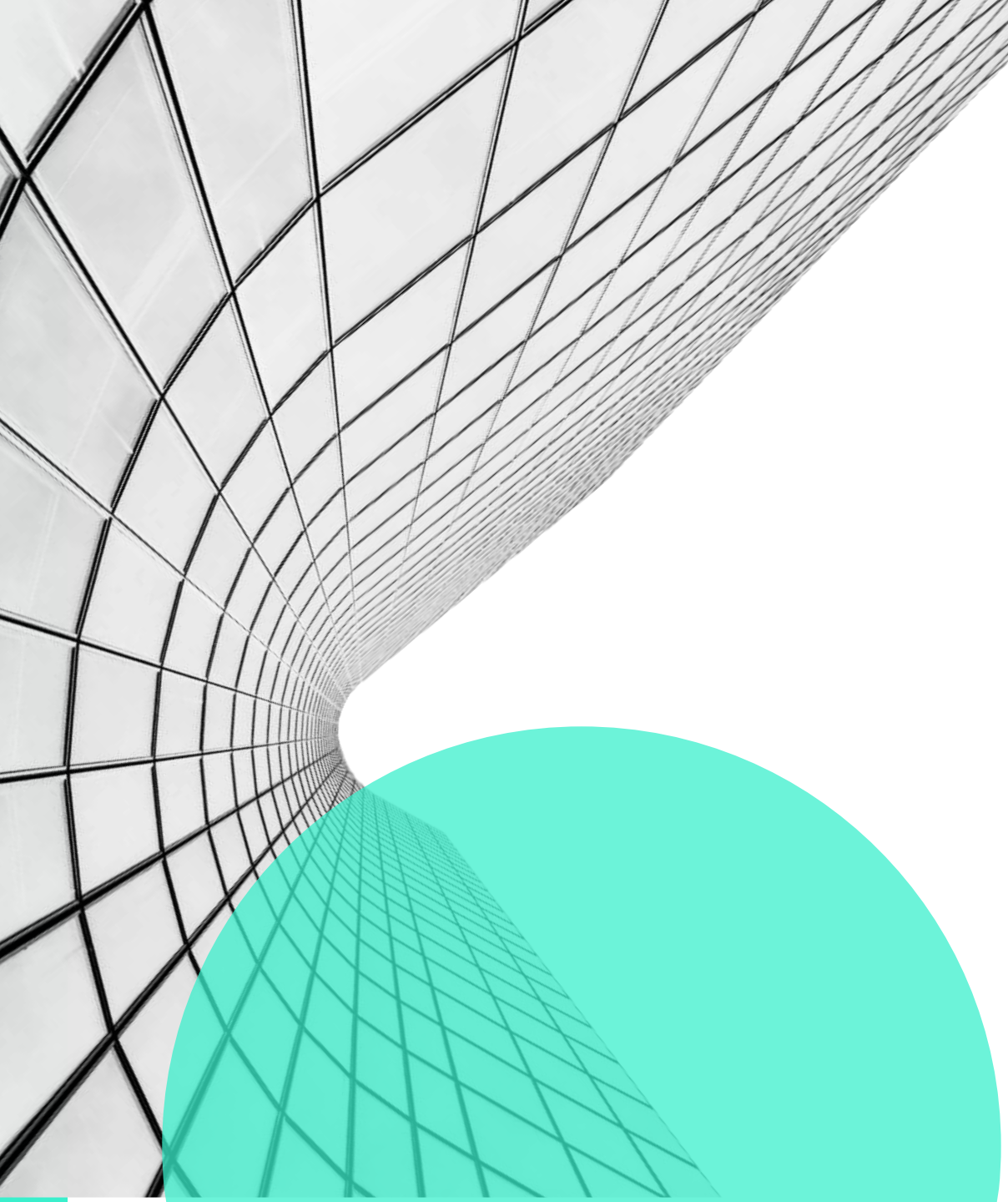
مزایا و محدودیت ها

مزایا

توضیح	مزیت
شرایط نوری واقعی و تغییرات روزانه و فصلی را در نظر DA تنها یک وضعیت آسمان ثابت را بررسی DFمی‌گیرد، در حالی که می‌کند.	Daylight Factorواقع‌گرایی بیشتر نسبت به
استفاده می‌کند و EPWاز فایل‌های اقلیمی واقعی مثل DAتحلیل دقیق‌تر از روش‌های ایستا است.	Climate-Basedاستفاده از داده‌های واقعی اقلیمی
نشان می‌دهد چند درصد از ساعات سال نور کافی در فضا وجود دارد، بنابراین نتایج به بهره‌برداری واقعی نزدیک است.	ارزیابی عملکرد واقعی در طول سال
مستقیماً با کاهش روشنایی مصنوعی و بهینه‌سازی انرژی DAنتایج مرتبط است.	کاربرد مفید در تحلیل مصرف انرژی و طراحی پایدار
تغییرات طراحی (پنجره، سایه‌بان، شیشه) را با دقت بالا قابل DA ارزیابی می‌کند.	امکان مقایسه گزینه‌های طراحی

محدودیت ها

محدودیت	توضیح
نیاز به شبیه‌سازی پیشرفته	Radiance ، DA) بدون روش‌های شبیه‌سازی دینامیک ClimateStudio، Honeybee) قابل محاسبه نیست.
وابستگی به داده‌های آب‌وهوایی	دقت نتایج کاملاً وابسته به صحت فایل اقلیمی شهر است؛ داده ضعیف ← نتیجه نامعتبر.
نیاز به زمان و قدرت پردازش بالا	محاسبات سالانه و نقطه‌به‌نقطه پرحجم هستند و در پروژه‌های بزرگ زمان‌بر می‌شوند.
پیچیدگی برای کاربران مبتدی	نیازمند مهارت تخصصی در تنظیم مدل، انتخاب DAتحلیل پارامترها و درک نتایج است.
حساسیت به جزئیات مدل‌سازی	DAکیفیت مدل‌سازی (بازتاب‌ها، مواد، هندسه) به‌شدت بر خروجی تأثیر می‌گذارد.



مطالعات موردی

ساختمان های دارای گواهی لید

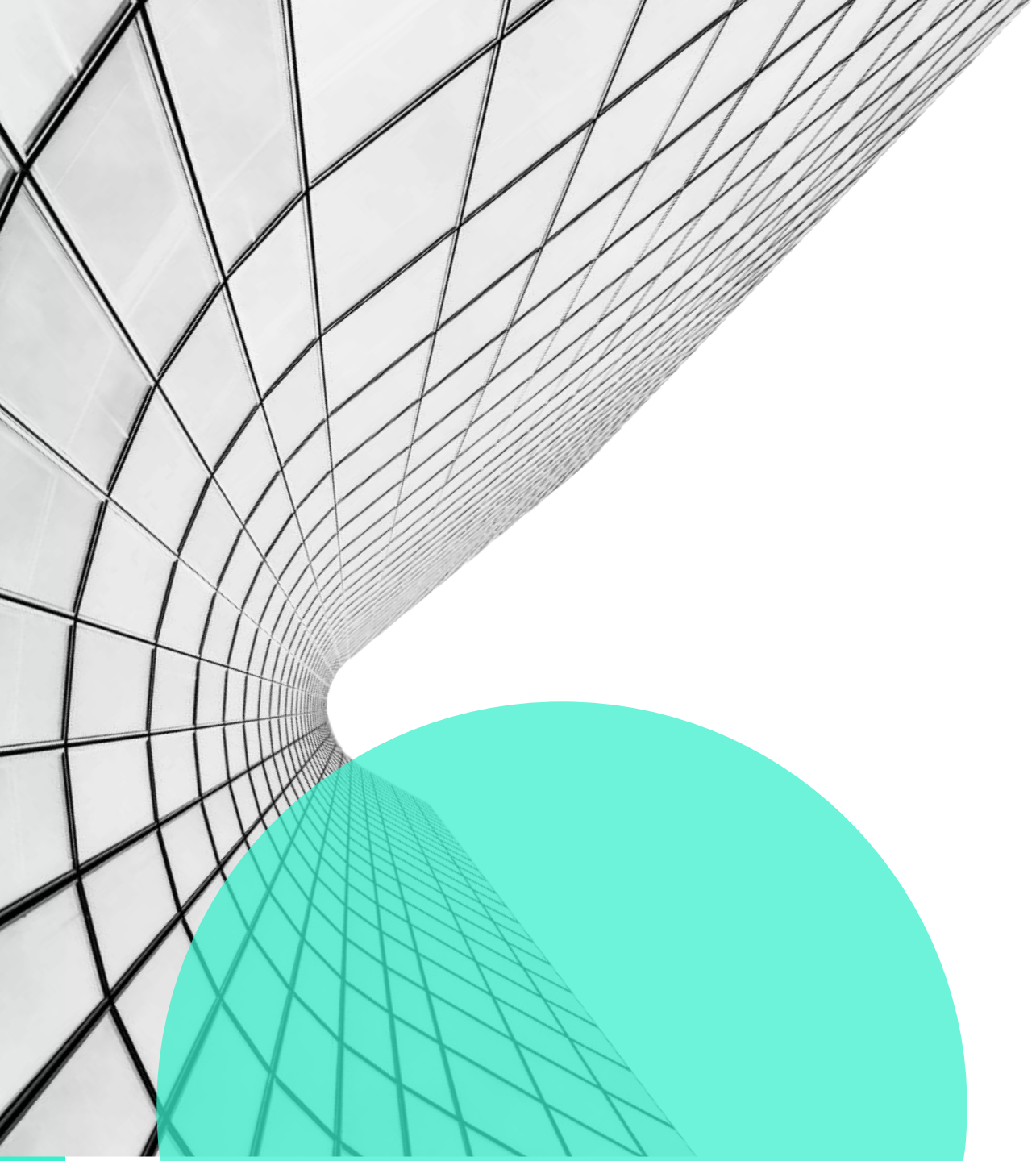
نام پروژه	موقعیت	گواهینامه	روش‌های استفاده از نور روز	نتایج عملکردی
NREL Research Facility	کلرادو، آمریکا	LEED Platinum	نورگیر سقفی، دیوارهای بازتاب‌دهنده، کنترل روشنایی هوشمند	sDAبالا، کاهش 40٪ مصرف روشنایی
Bullitt Center	سیاتل، آمریکا	LEED Platinum / WELL	پنجره‌های قدی، VTبالا، سایه‌بان هوشمند	DAبیش از 80٪، استفاده بسیار کم از نور مصنوعی
Cleveland Clinic Complex	ابوظبی، امارات	WELL Gold	حیاط‌های میانی، فیلتر نور، شیشه Low-E	بهبود آسایش بصری، کاهش خیرگی، کیفیت نور پایدار

پروژه های معماری موفق در زمینه نور روز

نام پروژه	معمار یا طراح	روش‌های کلیدی نور روز	نتایج و نکات طراحی
30 St Mary Axe (Gherkin)	نورمن فاستر	پلان بیضوی، دهلیزهای مارپیچ برای هدایت نور	افزایش عمق نفوذ نور، کاهش 30٪ مصرف روشنایی
Jewish Museum Berlin	دانیل لیبسکیند	شکاف‌های نور، جهت‌گیری کنترل‌شده	ایجاد تجربه فضایی قوی با استفاده مفهومی از نور
Glass House	فیلیپ جانسون	دیوار تمام‌شیشه‌ای، ارتباط کامل با بیرون	نور طبیعی 100٪، چالش حرارتی قابل توجه

جمع بندی مطالعات موردی

تأثیر اصلی	نمونه‌هایی که از آن بهره بردند	عامل کلیدی
افزایش DAدر عمق فضا	NREL	نورگیر سقفی
نور مفید بیشتر، کاهش نیاز به نور مصنوعی	Glass House ،Bullitt Center	شیشه با عبور نور بالا ((VT High
کاهش خیرگی و کنترل بار سرمایشی	Bullitt Center	سایه‌بان هوشمند
توزیع بهتر نور روز	اکثر پروژه‌های موفق	عمق پلان کم
کیفیت فضایی و هویت معماری	Jewish Museum	استفاده مفهومی از نور
توزیع نور طبیعی در فضاهای عمیق	Cleveland Clinic	حیاط میانی



پیشنهادات

پیشنهادات

طراحی سازه و فرم ساختمان با درنظرگرفتن نور روز

•انتخاب جهت‌گیری بهینه بر اساس اقلیم

•جلوگیری از پلان‌های بسیار عمیق که نفوذ نور را محدود می‌کنند

۲. استفاده هوشمندانه از پنجره‌ها و نورگیرها

•به‌کارگیری نورگیرهای سقفی در فضاهای بزرگ و عمیق

•تعیین نسبت پنجره به دیوار (WWR) در محدوده بهینه

۳. انتخاب شیشه مناسب با ضریب عبور نور (VT) مطلوب

•استفاده از شیشه‌های Low-E با VT بالا جهت افزایش DA و کاهش بار حرارتی

•جلوگیری از شیشه‌های رنگی یا بازتابی با انتقال نور کم

۴. افزودن عناصر کنترل تابش و جلوگیری از خیرگی

•سایه‌بان‌های افقی و عمودی

•پرده‌های هوشمند و لوورهای قابل تنظیم

۵. به‌کارگیری مصالح داخلی با بازتاب مناسب

•رنگ روشن برای سقف (۰/۷ تا ۰/۹)

•دیوارهای با انعکاس بالا برای توزیع یکنواخت نور

۶. استفاده از سیستم‌های هوشمند کنترل روشنایی

• Dimming بر اساس شدت نور روز

•ترکیب سنسور حضور با سنسور روشنایی

•هماهنگی پرده‌ها و سایه‌بان‌ها با سامانه BMS

۷. بهره‌گیری از شبیه‌سازی دینامیک برای تصمیم‌گیری طراحی

•استفاده از Radiance، Honeybee، ClimateStudio و DIVA

•تحلیل سناریوهای مختلف جهت یافتن بهترین راهکار از نظر انرژی و آسایش

پایان

روشنایی و معماری