

استانداردهای آلودگی نوری

داود جلالی

پژوهشکده برق - پژوهشگاه نیرو

اسفند ماه ۱۳۸۹



تعریف آلودگی نوری

ایجاد مزاحمت توسط سیستمهای روشنایی مصنوعی برای مردم ، ستاره‌شناسان ، گیاهان و یا جانوران عموماً بعنوان آلودگی نوری شناخته می‌شود. این آلودگی ناشی از طراحی ضعیف سیستم روشنایی و یا انتخاب و نصب نامناسب تجهیزات آن بوده بطوری که باعث می‌گردد تا قسمتی از نور و گاهی بخش اعظم آن ، بر جایی که نباید ، بتابد. در این حالت ممکن است مردم از خیرگی آن دچار رنجش شده و یا اینکه این نور مزاحم موجب از بین رفتن تاریکی مورد نیاز آنها در زمان و مکان استراحت گردد. همچنین ممکن است گیاهان و جانوران از نور اضافی در شب دچار آزار شده و یا اینکه چنین نوری باعث اختلال در کار رصد ستارگان گردد.



تقسیم‌بندی آلودگی نوری در استاندارد

در استاندارد ، آلودگی نوری در دو بخش مجزای زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد:

▪ "نور مزاحم" (Obtrusive Light)

▪ "برافروختگی آسمان" (Sky Glow)



تعريف نور مزاحم

- نوري كه به دليل ويژگيهاي كمي ، جهتي و طيفي در يك محيط معين شده ، موجب آزار ، ناراحتي ، پرت شدن حواس يا کاهش توانايي ديد مي گردد.



تعریف برافروختگی آسمان

روشن شدن آسمان شب در اثر بازتابش امواج (مرئی و غیر مرئی) و پخش نور ناشی از ذرات تشکیل دهنده‌ی جو (ملکول‌های گاز ، ذرات معلق و...) در جهت رصد نجومی است که شامل دو بخش جداگانه است:

الف- برافروختگی طبیعی آسمان: بخشی از برافروختگی آسمان که قابل نسبت دادن به تشعشعات اشیاء سماوی و اجرام درخشان در بالای جو زمین است.

ب- برافروختگی مصنوعی آسمان: آن بخش از برافروختگی آسمان که قابل نسبت دادن به پرتو افشانی منابع نوری مصنوعی است (مانند روشنایی‌های بیرونی) که شامل نورهایی است که مستقیماً به بالا تابانده می‌شوند و یا نورهایی که در اثر انعکاس از سطح زمین به بالا می‌تابند.



آثار نامطلوب نور مزاحم بر محیط نصب سیستم روشنایی

- تأثیر نامطلوب سیستم روشنایی در محیط طبیعی
- تأثیر نامطلوب سیستم روشنایی روی ساکنین منطقه



تأثیر نامطلوب سیستم روشنایی در محیط طبیعی

در صورت وجود دشت ، کوه ، جنگل ، رودخانه ، دریاچه و یا ساحل در نزدیکی تاسیسات روشنایی ، بسته به فصل ، ممکن است روشنایی روی حشرات ، گیاهان و حیوانات موجود در منطقه تأثیر منفی داشته باشد.

■ **حشرات:** بعضی مانند پروانه ، نورگرا و بعضی مانند کرم شب تاب ، نورگریز هستند.

■ **ماهی ها:** ماهی ها نیز همانند حشرات بعضی نورگرا و بعضی نورگریزند.

راه حل:

الف: استفاده از منابع نوری با طول موجی با جذابیت کم برای حشرات و یا ماهی ها

ب: نتاباندن مستقیم نور به سمت محل اصلی زندگی حشرات و یا ماهی ها



تأثیر نامطلوب سیستم روشنایی در محیط طبیعی

پستانداران ، دوزیستان و خزندگان:

حیوانات فعال در شب به خصوص تغذیه کننده از حشرات در اطراف روشنایی جمع می شوند.

پرندهگان:

وجود روشنایی شب در جابجایی محل زندگی پرندگان شکاری تأثیر زیادی دارد.

راه حل: انتخاب روشنایی با توجه به محل زندگی این نوع جانوران صورت پذیرد.



تأثیر نامطلوب سیستم روشنایی در محیط طبیعی

حيوانات اهلي:

وجود نور نامناسب در شب باعث آثار زیان بار همچون مختل کردن فرآیندهای فیزیولوژیک و متابولیک شده و باعث کاهش ظرفیت تولید محصولات دامی و یا رفتار غیر طبیعی آنها می گردد.

گياهان:

وجود نور نامناسب در شب باعث آثار زیان بار روی فیزیولوژی فتوسنتز ، رشد ، فصول بیولوژیکی گیاه ، گرده افشانی گیاه توسط حشرات و فرآیند تشکیل جوانه میشود (همانند برنج).

راه حل:

انتخاب تاسیسات روشنایی شب در مکان های مناسب ، با طول موج و شدت نور مناسب ، در فصل و زمان روشنایی مناسب ، بسته به نوع گیاهان و جانوران موجود در منطقه ، صورت پذیرد.



تأثير نامطلوب سيستم روشنايي بر روى ساكنين منطقه:

الف- روشنايي ناشي از نور مزاحم ، به خصوص در جايي كه نور وارد اتاق هايي از منازل شود كه در حالت عادي تاريك هستند ، مانند اتاق خواب ها.

شدت روشنايي عمودي روي سطوح پنجره ها (E_V) ، معياري براي اندازه گيري اين اثر است.

ب- امكانديد مستقيم چراغ هاي روشن از جهت هايديد معمول كه اين امر باعث آزار ، پرت شدن حواس و حتي ناراحتي مي شود.

شدت نور (I) يك چراغ ، در يك جهت مشخص معياري براي اندازه گيري اين اثر است.

تعريف ساعت خاموشي:

بين ساعت ۲۳ تا ۶ صبح روز بعد بوده كه در آن زمان مي بايست کنترل هاي سخت گيرانه تري بر روي نور مزاحم اعمال گردد.



تأثیر نامطلوب سیستم روشنایی بر روی ساکنین منطقه:

تفکیک حوزه‌های محیطی:

حوزه	بافت اطراف	محیط روشنایی	مثال‌ها
E1	طبیعی	به طور طبیعی تاریک	پارک‌های جنگلی و مناطق حفاظت شده
E2	روستایی	منطقه دارای روشنایی پایین	نواحی صنعتی و مسکونی روستایی
E3	حومه شهری	منطقه دارای روشنایی متوسط	نواحی صنعتی و مسکونی حومه شهری
E4	شهری	منطقه دارای روشنایی بالا	مراکز شهری و نواحی تجاری



تأثیر نامطلوب سیستم روشنایی بر روی ساکنین منطقه:

مقادیر حداکثر مجاز شدت روشنایی عمودی در املاک مجاور

شدت روشنایی حوزه‌های محیطی (lux)				شرایط استفاده	پارامتر فنی روشنایی
E4	E3	E2	E1		
۲۵	۱۰	۵	۲	قبل از خاموشی	شدت روشنایی عمودی (E_v)
۵	۲	۱	۱	بعد از خاموشی	

مقادیر حداکثر مجاز شدت نور چراغ‌ها، تابیده شده به پنجره املاک مجاور

شدت نور چراغ‌ها تابیده شده در جهت معین در حوزه‌های محیطی (kcd)				شرایط استفاده	پارامتر فنی روشنایی
E4	E3	E2	E1		
۲۵	۱۰	۷.۵	۲.۵	قبل از خاموشی	شدت نور منتشر شده توسط چراغ‌ها (I)
۲.۵	۱	۰.۵	۰.۵	بعد از خاموشی	



اندازه‌گیری پارامترهای نور مزاحم:

در صورت دریافت شکایت از مردم در خصوص نور مزاحم ناشی از روشنایی معابر، میزان E_v و I در صفحه عمودی پنجره ملك مجاور اندازه‌گیری و با مقادیر حدی استاندارد مقایسه می‌گردد.

این اندازه‌گیری می‌بایست پس از گذشتن حداقل ۳۰ دقیقه از زمان روشن شدن لامپ‌ها، با لوکس‌متر استاندارد بر روی نقاط واقع در صفحه عمودی پنجره صورت پذیرد.

در این صفحه، فاصله افقی نقاط حداکثر ۵ متر و فاصله عمودی آنها حداکثر ۱ متر بوده و سنسور لوکس‌متر در راستای عمود بر سطح افق بر روی هر یک از نقاط قرار داده می‌شود تا E_v اندازه‌گیری و سپس شدت نور تابیده به هر نقطه اندازه‌گیری، با استفاده از شدت روشنایی عمودی اندازه‌گیری شده در آن نقطه بدست می‌آید.



محدودیت درخشندگی نمای خارجی ساختمانها و تابلوهای تبلیغاتی

مقادیر حداکثر مجاز درخشندگی متوسط سطوح روشن شده با نور مصنوعی

درخشندگی متوسط سطوح روشن شده در حوزه‌های محیطی cd/m^2				شرایط استفاده	پارامتر فنی روشنایی
E4	E3	E2	E1		
۲۵	۱۰	۵	۰	قبل و بعد از خاموشی	درخشندگی نمای خارجی ساختمان (Lb)
۱۰۰۰	۸۰۰	۴۰۰	۵۰	در حوزه‌های محیطی E2 تا E4 برای قبل و بعد از خاموشی، در حوزه محیطی E1 فقط قبل از خاموشی، در این حوزه بعد از خاموشی می‌بایست مقدار درخشندگی صفر باشد.	درخشندگی تابلوهای تبلیغاتی (Ls)



عوامل ایجاد برافروختگی طبیعی آسمان

قسمتی از برافروختگی طبیعی آسمان مربوط به تابش نور از ستارگان بوده و قسمتی دیگر ناشی از فرایند تولید نور در دماهای پایینی است که در لایه‌های بالاتر اتمسفر ایجاد می‌گردد. قسمت سوم از برافروختگی طبیعی آسمان ناشی از نور پراکنده شده خورشید توسط ذرات معلق موجود در فضای خارج از جو زمین است که به نور دایره‌البروج معروف است. مجموعه این نورها بصورت نور پس زمینه در تلسکوپ‌ها ظاهر شده و باعث اخلاص در کار رصد آسمان می‌گردد.



محدوده توصیه شده برافروختگی مصنوعی آسمان

نور موجد برافروختگی مصنوعی ، به مجموعه نورهای موجد برافروختگی طبیعی اضافه شده و باعث افزایش نور پس زمینه تلسکوپها و نتیجتاً اخلاص بیشتر در کار رصدخانهها می گردد. در طی دهه های گذشته ، در اکثر نواحی شهری ، افزایش بسیار وسیعی در روشنایی بیرونی رخ داده که موجب افزایش سهم برافروختگی مصنوعی در میزان برافروختگی آسمان در اطراف این شهرها گردیده است.

در این خصوص ، انجمن بین المللی نجوم (IAU) توصیه نموده که برافروختگی مصنوعی آسمان روی بهترین سایت های رصدی ، زیر ۱۰ درصد میزان طبیعی نگه داشته شود. میزان برافروختگی مصنوعی علاوه بر میزان نور به طول موج آن نیز بستگی دارد. این طول موج تابعی از نوع عناصر بکار گرفته شده در منابع نوری بوده ، بهمین دلیل انتخاب نوع منبع نور یکی از راههای کاهش یا کنترل برافروختگی مصنوعی آسمان می باشد.



عوامل ایجاد برافروختگی مصنوعی آسمان

برافروختگی مصنوعی آسمان شب نتیجه نوری است که به بالا تابیده و سپس به سمت سطح زمین پخش می‌گردد. دلیل آنکه نورهای مصنوعی در آسمان پخش می‌شوند، وجود اتمسفر زمین است. هر مولکول یا ذره خاك یا ذرات معلق در هوا که در مسیر پرتوهای نور مصنوعی ساطع شده از زمین قرار دارند موجب تغییر مسیر نور شده و آن را بر زوایه دید تلسکوپ رصدخانه می‌فرستند.

منابع اصلی نورهای پراکنده که برای رصدهای نجومی مزاحمت ایجاد می‌کنند عبارتند از:

- تابلوهای تبلیغاتی

- روشنایی محوطه‌ای مراکز خرید، پارکینگ‌ها، ایستگاه‌های راه‌آهن و ...

- نور افکن‌های ساختمان‌ها، بناهای یادبود و آثار تاریخی

- روشنایی بیلبوردها

- روشنایی گلخانه‌ها

- روشنایی اماکن صنعتی، فرودگاه‌ها و ...

- روشنایی مراکز ورزشی

- روشنایی معابر و خیابان‌ها



تخمین آلودگی نوری مصنوعی شهرها

با توجه به تناسب آلودگی نوری مصنوعی با جمعیت شهری که در حد ۱۰٪ برافروختگی مصنوعی می باشد، معیار زیر جهت تعیین فاصله احداث رصدخانه از شهرهای مجاور پیشنهاد می گردد.

حداقل فاصله مجاز شهر از محل رصدخانه

۱/۰۰۰/۰۰۰	۱۸۰/۰۰۰	۳۱/۰۰۰	۳/۲۰۰	جمعیت شهر (نفر)
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	فاصله مستقیم شهر از محل رصدخانه (Km)



معیارهای محدود نمودن برافروختگی مصنوعی آسمان

یکی از راههای محدود نمودن برافروختگی مصنوعی آسمان، جلوگیری از تابش شعاعهای نوری مستقیم به طرف آسمان می باشد. بدین منظور می بایست از چراغهای مناسبی استفاده گردد به نحوی که درصد شار نوری تابیده شده به بالای سطح افق چراغ از حدود مجاز قید شده در جدول زیر تخطی نکرده باشد.

مشخصه چراغهای روشنایی مناسب جهت برآوردن محدودیت های برافروختگی مصنوعی آسمان

دامنه فعالیت های نجومی	$ULOR_{inst}$ (%) قابل قبول برای چراغ های روشنایی معابر در هر حوزه	حوزه محیطی قابل قبول برای محل رصدخانه
رصدخانه های ملی و بین المللی	۰	E_1
مطالعات آکادمیک و دانشگاهی	۰-۵	E_2
مطالعات آماتور و غیر حرفه ای	۰-۱۵	E_3
رویت آسمان شب	۰-۲۵	E_4



کمترین فاصله مجاز روشنایی از محل رصدخانه

کمترین فاصله مجاز روشنایی از محل رصد خانه با توجه به حوزه‌های محیطی از جدول زیر به دست می‌آید.

کمترین فاصله مجاز بین حدود مرزی نواحی تا نقطه مرجع (km)

E3-E4	E2-E3	E1-E2	حوزه محیطی نواحی اطراف رصدخانه
			حوزه محیطی محل رصدخانه
۱۰۰	۱۰	۱	E1
۱۰	۱		E2
۱			E3
بدون محدودیت			E4



تدابیر اصلاحی برای محدود کردن برافروختگی مصنوعی

بهترین راه برای پرهیز از ایجاد اختلال در مشاهدات نجومی یا حداقل کاهش آن ، پرهیز از روشنایی‌های غیرضروری است. مقدار نورهای مزاحم ناشی از تاسیساتی که وجود آنها ضروری می‌باشد را نیز می‌توان توسط چند راه حل اصلاحی کاهش داد.

الف- خاموشی

به غیر از سیستم روشنایی معابر ، خاموش نمودن سایر نورهایی که دیگر احتیاجی به آنها نباشد ، پس از زمان خاموشی الزامی است.

ب- استفاده از نورهای تک رنگ

یکی از مؤثرترین راه‌ها برای کاهش مزاحمت نوری استفاده از منابع نوری تک‌رنگ همچون لامپ‌های بخار سدیم کم‌فشار در نزدیکی رصدخانه‌های نجومی می‌باشد.



تدابیر اصلاحی برای محدود کردن برافروختگی مصنوعی

ج- فیلترینگ نور

اکثر منابع نوری هم در داخل و هم در خارج از محدوده‌ی مرئی، نور منتشر می‌کنند. امواج خارج از طیف مرئی ارزشی برای روشنایی خیابانی نداشته و تنها برای کار ستاره‌شناسان مضر است. بنابراین در روشنایی معابری که نتوان از لامپ‌های بخار سدیم کم‌فشار استفاده کرد، فیلتر نمودن تشعشعات نزدیک به کرانه‌های بالا و پایین گستره طیف مرئی می‌تواند موجب کاهش مزاحمت‌های نوری در اطراف رصدخانه‌ها گردد.

د- کنترل نور

کاهش نورهای پخش شده از طریق کنترل نحوه توزیع نور چراغ باعث می‌گردد که از نورهای تابیده شده در بالای سطح افق جلوگیری شود. بدین منظور تعبیه حفاظ بر روی چراغ‌ها یکی از راهکارهای مناسب می‌باشد. چنین حفاظی باید به گونه‌ای باشد که لبه‌های آن هم سطح لامپ یا پایین‌تر از آن باشد. استفاده از چراغ‌های روشنایی معبر با حباب تخت و یا با مشخصه **Cut-off** خیلی شدید نیز می‌تواند چنین نیازی را برآورده سازد.



توصیه‌هایی برای روشنایی بیرونی در اطراف رصدخانه‌ها

- در مورد همه انواع روشنایی‌های بیرونی به جز معابر و مناطق امنیتی ، سودمندی و جذابیت آنها تنها به مدت کوتاهی از شب و آن هم به اول شب محدود می‌گردد. بنابراین بعد از زمان خاموشی که بین ساعات ۲۳ الی ۶ صبح روز بعد می‌باشد ، این نوع روشنایی‌ها که عمدتاً مشتمل بر روشنایی تابلوهای تبلیغاتی و نورافکن‌های تزئینی است ، می‌بایست خاموش گردند.

- در نورپردازی‌های موضعی ، برای روشن نمودن سطح موردنظر ، حدالمقدور از نور مستقیمی که از بالا به پایین می‌تابد استفاده شود نه نوری که از پایین به سمت هدف مورد نظر تابانیده می‌شود. در صورت نبود راه حل جایگزین برای روشنایی رو به بالا ، استفاده از حفاظ و تیغی نورگیر لامپ موجب حداقل شدن نور پخش شده می‌گردد.

- در روشنایی بیرونی ، می‌بایست از تجهیزات روشنایی که به طور خاص برای آن کار و آن محل طراحی شده باشند ، استفاده گردد تا نورهای پراکنده شده در بالای سطح افق کاهش یابد.



توصیه‌هایی برای روشنایی بیرونی در اطراف رصدخانه‌ها

- دقت گردد که از روشنایی بیش از حد نیاز استفاده نشود ، زیرا عامل آلودگی نوری و هدر رفتن سرمایه است.
- برای داشتن حداقل خیرگی ، اطمینان حاصل شود که زاویه هر اشعه نوری تابیده شده از چراغ که به طور مستقیم به يك ناظر فرضي مي‌رسد زیر ۷۰ درجه باشد. بدین منظور یکی از راهکارها ، افزایش ارتفاع نصب بوده که باعث کاهش زاویه‌ی تابش می‌گردد.
- در نورپردازی‌های موضعی سعی گردد تا از نورافکن‌های دارای پرتو نامتقارن استفاده شود زیرا رفلکتور داخلی آن‌ها نور را تقریباً به صورت دسته‌های موازی به سمت هدف تابانده و نتیجتاً از پراکندگی نور در آسمان جلوگیری می‌گردد.
- وسایل سرگرمی عمومی که در محیط‌های باز مستقر هستند نباید بعد از ساعت خاموشی روشن گردند مگر آنکه در حال استفاده باشند.
- روشنایی بیرونی ساختمانها که به منظور تزیین آنها صورت پذیرفته و از نورافکن‌هایی رو به سمت بالا استفاده می‌کنند ، بعد از ساعت خاموشی می‌بایست خاموش گردند.



با تشکر

