

مقدمه‌ای بر آلودگی نور و حفاظت از محیط شب

میترا دامغانیان، محمدفرید حنیفی، زهره حساری
شرکت مهندسی مشاور روشنایی نورگستر
ایران

واژه‌های کلیدی: آلودگی نور- آسمان شب- صرفه‌جویی انرژی

چکیده

آلودگی نور سریع ولی بدون جلب توجه انسان رشد کرده و حق دیدن آسمان پر ستاره شب را از او سلب نموده است. عدم استفاده صحیح از روشنایی مصنوعی به عنوان یکی از دستاوردهای بزرگ بشر، علاوه بر اتلاف منابع پر ارزش انرژی، تأثیرات جانبی مخربی بر محیط زیست انسان نیز به وجود آورده است. از جمله این تأثیرات می‌توان به آسیب‌های روانی و بسیاری از تصادفات رانندگی که منجر به ضایعات بدنی می‌شوند اشاره نمود. برخی از کشورها ضرورت مقابله با این نوع آلودگی را درک کرده‌اند. بر همین اساس کشور ما نیز باید با استفاده از تجربیات سایر کشورها در مسیر مقابله با آلودگی نور اقدامات مؤثری را برنامه‌ریزی نماید و با فعالیت‌های جهانی برای حفاظت از محیط شب و مهمتر از آن حفظ تعادل طبیعت همگام گردد. در این مقاله تلاش شده است تا اهمیت موضوع آلودگی نور، دستاوردهای سایر کشورها در زمینه مقابله با این نوع آلودگی محیط زیست، وضعیت فعلی کشور و در نهایت با توجه به کاهش

مصرف انرژی ناشی از انجام این مهم، برنامه‌ریزی‌ها و اقداماتی که باید در این مورد انجام شود، مطرح شده و توجه کارشناسان و مسئولین مربوطه به این موضوع روز جهانی جلب شود.

۱- مقدمه

استفاده از روشنایی مصنوعی در زمان و مکان و با میزان و کیفیت مناسب، روشنایی استاندارد نام دارد و هرگونه زیاده‌روی در استفاده از روشنایی منجر به ایجاد پدیده‌ای به نام آلودگی نور خواهد شد. موضوع آلودگی نور و حفاظت از آسمان شب مدت زیادی نیست که در مجامع بین‌المللی مطرح شده است. کشورهای اروپایی و امریکا فعالیت‌هایی را برای کنترل این نوع آلودگی و حفظ تاریکی آسمان شب انجام داده‌اند. تأثیرات آلودگی نوری بر محیط زیست و گسترش روزافزون و بدون هیاهوی آن در مناطق شهری لزوم آگاهی بخشی و هشدار به جامعه و دولت را در این مورد آشکار می‌سازد. استفاده از روشنایی زیاد و نامناسب بدون توجه به حفظ محیط زیست و آسمان شب ایجاب می‌کند که در این

لاکپشت‌های دریایی در اثر درخشندگی مصنوعی سواحل در شب، اختلال در رشد و نمو گیاهان، تأثیرات درخشندگی مصنوعی شب بر روی حشرات، ماهی‌ها، گیاهان، دوزیستان و پستانداران و ده‌ها مورد دیگر [۱ و ۲].

با وجود تأثیرات فراوان زیست محیطی آلودگی نور، افزایش درخشندگی آسمان شب شناخته شده‌ترین تأثیر آلودگی نور است. امروزه درون اغلب شهرها و نقاط مسکونی و حتی تا کیلومترها دورتر از آنها و در مسیر راه‌های ارتباطی، امکان مشاهده ستارگان شب وجود ندارد و مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که حدود دو سوم مردم جهان و تقریباً ۹۹ درصد جمعیت آمریکا و اتحادیه اروپا در مناطقی زندگی می‌کنند که آسمان شب دارای آلودگی نور بیش از آستانه تعیین شده است و حدود یک پنجم کل مردم دنیا، بیش از دو سوم مردم آمریکا و بیش از نیمی از جمعیت اروپا امکان دیدن کهکشان راه شیری را با چشم غیر مسلح از دست داده‌اند [۳].

۲- استفاده صحیح از نور

دلایل غیر قابل انکاری برای استفاده از سیستم‌های روشنایی در شب وجود دارد. همگان خواستار داشتن دید کافی، امنیت و زیبایی محیط اطراف خود در شب هستند ولی موضوع مهم استفاده صحیح از نور است، به شکلی که کمترین میزان آلودگی نور و اتلاف انرژی ایجاد گردد. برخی پیامدهای استفاده ناصحیح از روشنایی در شب از این قرار است:

- ۱- خیرگی^۱: زمانیکه شعاع مستقیم نور لامپ با شدت زیاد در محور دید انسان قرار گیرد خیرگی ایجاد می‌شود. خیرگی عامل کاهش تمایز میان اشیا و زمینه پشت آنها است و در واقع تراکم نور، سطح شیء و زمینه را به یکدیگر نزدیک می‌کند. خیرگی هیچگاه به دید بهتر کمک نمی‌کند و معمولاً باعث ایجاد حوادث می‌گردد و به‌طور خاص افراد مسن را بیشتر تهدید می‌کند.
- ۲- مزاحمت نور: نور مزاحمی که در طول شب ناخواسته از بیرون وارد محیط زندگی و ساختمان‌های مسکونی شده، زندگی و خواب ساکنین را مختل می‌سازد. این

زمینه از طرف دولت هرچه سریعتر نسبت به وضع قوانین و مقررات لازم اقدام شود و متعاقب آن با آگاه سازی مردم جهت توجه به این قوانین و رعایت نکات فنی، راهکارهای مناسب برای ایجاد روشنایی استاندارد و سالم ارائه گردد.

آسمان شب علاوه بر جذابیت و زیبایی طبیعی دارای ارزش زیادی در نظر ستاره‌شناسان و رصدکنندگان است. در عین حال چرخه طبیعی حیات موجودات روی زمین نیز نیازمند برقراری سیکل شب و روز به صورت منظم و عدم دخالت در تغییر ساعات و شدت روشنایی در این چرخه می‌باشد. متأسفانه پیشرفت بشر و استفاده از دانش بشری در بهبود کیفیت زندگی تأثیرات جانبی مخربی بر محیط پیرامون او نهاده است. آلودگی آب، هوا و خاک از جمله تأثیرات مخرب ملموس و شناخته شده‌ای است که رفته رفته به معضلی برای نوع بشر تبدیل شده است.

علاوه بر آلودگی‌هایی که تا امروز بیشتر مورد توجه قرار گرفته و برای مقابله با آنها فکر شده است، آلودگی نور نیز حیات روی کره زمین را تهدید می‌کند. منظور از آلودگی نور هرگونه روشنایی مصنوعی نایجا، ناخواسته و یا بیش از حد استاندارد است که در طول شب پدید آید. آلودگی نور با دو اثر شناخته می‌شود:

- آلودگی نوری زیست محیطی^۱: روشنایی مصنوعی ایجاد شده در شب که باعث اختلال در وضعیت محیط زیست طبیعی موجودات می‌گردد.

- درخشندگی آسمان شب^۲: نور پراکنده در جو در اطراف مناطق دارای آلودگی نوری باعث می‌شود شدت روشنایی آسمان به مقادیر بیش از حد مجاز افزایش یابد و به همین دلیل دیدن ستارگان و اجرام آسمانی در این مکان‌ها غیرممکن می‌گردد کارشناسان محیط زیست^۳ به بررسی تأثیرات آلودگی نور بر موجودات زنده و محیط زندگی آنها پرداخته‌اند. از میان موارد متعدد این تأثیرات که در سراسر جهان مورد بررسی علمی قرار گرفته، می‌توان به مواردی از این قبیل اشاره کرد: مرگ و میر پرندگان دریایی و پرندگان مهاجر، مرگ و میر

¹ Ecological Light Pollution

² Night Sky Brightness

³ Ecologists

⁴ Glare

این پدیده را تجربه کرده‌اند. شکل ۱ آسمان منطقه‌ای را در حالت وجود و عدم وجود آلودگی نور برای مقایسه در کنار هم نشان می‌دهد.
در نهایت می‌توان گفت که اگر از روشنایی مصنوعی فقط در زمان‌ها و مکان‌های مورد نیاز و به اندازه و مطابق با اصول فنی مقابله با آلودگی نور استفاده شود:

- 0 بهتر خواهیم دید،
- 0 در مصرف انرژی صرفه‌جویی خواهد شد،
- 0 محیط‌زیست شبانه موجودات مورد حفاظت قرار خواهد گرفت.

۳- مراحل مقابله با آلودگی نور

برای مقابله با آلودگی نور باید مسیری طولانی پیموده شود. اندازه‌گیری و مدل سازی آلودگی نور، مطالعه تأثیرات این آلودگی در زمینه‌های زیست محیطی، اقتصادی و روانی، مطالعات فنی روی شکل مطلوب منابع نور، درک لزوم کنترل و محدود سازی و قانونمند کردن میزان و نحوه تولید و استفاده از نور و منابع نوری در شب، تدوین و اجرای قوانین مؤثر در این زمینه و آموزش و فرهنگ سازی مصرف بهینه نور در شب قدم‌هایی است که کشورهای مختلف در مسیر مقابله با آلودگی نوری در حال پیمودن هستند و یا خواهند پیمود.
امروزه آگاهی نسبت به مشکل آلودگی نور در سراسر جهان رو به افزایش است و کشورهای نظیر ایتالیا، اسپانیا، ژاپن، استرالیا، کشورهای اروپای شرقی و آمریکا دارای قوانینی در سطح ایالت یا کشور برای کنترل روشنایی

مشکل بیشتر در مناطق مسکونی نزدیک به مراکز خرید و یا سایر مراکز خدمات عمومی به چشم می‌خورد. ادامه این وضعیت در دراز مدت برای فرد اختلالات خواب و در پی آن اختلالات سلامت جسم و روان ایجاد خواهد کرد.

۳- مغایرت با اصول زیبایی شناسی: چراغ‌های بیش از حد روشن و خیره‌کننده نه تنها زیبایی ایجاد نمی‌کنند بلکه باعث ایجاد سردرگمی و ناراحتی افراد در طول شب می‌گردند. روشنایی بیش از حد استاندارد به هیچ وجه زیبا و مطلوب نیست.

۴- اتلاف انرژی: در ایران حدود یک پنجم برق تولیدی صرف ایجاد روشنایی می‌گردد. بنابراین توجه به راهکارهای کنترل کننده میزان روشنایی که از مصرف زیاده انرژی جلوگیری می‌کند، صرفه‌جویی بزرگی در پی خواهد داشت. فقط در کشور آمریکا سالانه دو میلیارد دلار به دلیل استفاده از روشنایی در مکان‌ها و زمان‌های غیر ضروری و همچنین عدم استفاده از منابع نور پر بازده به هدر می‌رود.

۵- بر هم زدن تعادل طبیعت: این مورد با عنوان تأثیرات زیست محیطی آلودگی نور در بخش اول مورد توجه قرار گرفته است.

۶- از دست رفتن آسمان شب: در مناطق دارای آلودگی نور به دلیل میزان بالای نور مصنوعی پراکنده شده در جو، امکان دیدن ستارگان و آسمان طبیعی شب وجود ندارد. تقریباً همه کسانی که در شهرهای بزرگ زندگی می‌کنند



(الف) شکل ۱ الف: تصویر آسمان شب یک منطقه بدون آلودگی نوری (ب)

ب: آسمان شب همان منطقه پس از وقوع آلودگی نوری

ایتالیاست که در سال ۲۰۰۰ تصویب گردید و به الگویی مناسب برای سایر مناطق و کشورها مبدل شد [۴]. از آنجایی که مطالعه این قانون می‌تواند آشنایی بیشتری با این موضوع ایجاد نماید، در این قسمت به بخش‌های برجسته آن اشاره می‌شود. برخی دیگر از کشورهای اروپایی و آمریکا نیز کمابیش چنین قوانینی را تصویب و اجرا کرده‌اند.

موارد زیر در تمام حوزه نفوذ این قانون باید رعایت شود:
0 همه سیستم‌های روشنایی محیط‌های بیرونی^۳ اعم از خصوصی و عمومی، در فاز طراحی یا قرارداد باید مطابق قوانین ضد آلودگی نور و با در نظر گرفتن ملاحظات مصرف حداقل انرژی، با میزان شدت نور صفر cd/klm در ۹۰ درجه و بیش از آن ساخته شوند. (شکل‌های ۲ و ۳ مثال‌هایی را ارائه می‌دهند).

اعمال قانون به همه منابع روشنایی جدید باعث جلوگیری از افزایش نمایی آلودگی نور می‌شود و این افزایش را به صفر می‌رساند.

0 سیستم‌های روشنایی باید مجهز به لامپ‌های با حداکثر بازده با توجه به فن‌آوری روز باشند.

0 سیستم‌های روشنایی باید طوری ساخته شوند که شدت درخشندگی نواحی روشن شده توسط آنها از حداقل میزان شدت درخشندگی مشخص شده به وسیله قوانین امنیتی منطقه بیشتر نباشد.

0 سیستم‌های روشنایی باید به وسیله سیستم‌هایی که قابلیت کم کردن میزان تابش نور را پس از ساعات خاموشی شبانه دارند پشتیبانی شوند.

0 در اطراف نواحی رصد منجمین از تاریخ اجرایی شدن این قانون، علاوه بر مواردی که در همه نواحی باید رعایت گردد، رعایت این مورد نیز ضروری خواهد بود: در طول ۴ سال همه سیستم‌های موجود (نه فقط سیستم‌های جدید) حداقل به وسیله پوشش دادن و یا تعویض لامپ‌ها باید با شرایط فوق تطبیق یابند.

0 مقامات دولتی باید ترویج‌کننده اصولی باشند که در این قانون به آنها اشاره شده است و اولین کسانی هستند که کاربرد صحیح این قوانین را کنترل خواهند نمود.

محیط‌های خارجی هستند و هر روز شکل‌های بیشتری در سراسر جهان برای حفاظت هرچه بهتر از محیط زیست شبانه در جهت تصویب قوانین و استانداردهایی در این زمینه تلاش می‌کنند.

از جمله گسترده‌ترین این تشکلهای می‌توان به انجمن بین‌المللی آسمان تاریک^۱ (IDA) اشاره نمود. این انجمن طی نشست‌های سالانه خود به بررسی وضعیت موجود و فعالیت‌های انجام شده در سراسر جهان در جهت کنترل آلودگی نور می‌پردازد و فعالیت‌های فرهنگی و تبلیغی وسیعی چه از طریق اینترنت و چه از طریق همکاری با سازمان‌های شناخته شده بین‌المللی نظیر UNESCO انجام می‌دهد. ایران با توجه به جدید بودن موضوع مطروحه در کشور در ابتدای این مسیر قرار دارد و امید است که به مسئله آلودگی نور و روش‌های مقابله با آن همگام با توجهات و اقدامات جهانی، عنایت ویژه‌ای نشان دهد. در این مسیر مطالعه تجربیات سایر کشورها و بررسی روند حرکت و نوع برنامه‌ریزی آنها و استفاده از الگوهای مشترک مناسب بسیار مفید خواهد بود.

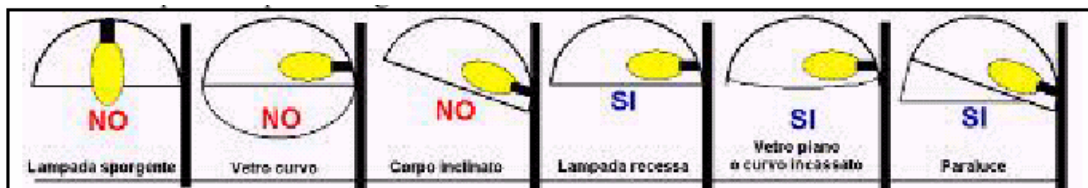
۴- قوانین اجرایی برای مقابله با آلودگی نور

اولین مطالعات در مورد آلودگی نور حدود ۳۰ سال پیش در زمینه افزایش روشنایی آسمان شب و به وسیله ستاره‌شناسان انجام شد، چراکه پیش از محسوس بودن این افزایش روشنایی برای سایر افراد، تجهیزات دقیق علم نجوم متوجه چنین شرایطی شده بود. اما توجه جدی به این مسئله و تصویب اولین قوانین در سطوح منطقه‌ای، استانی و ملی به چند سال پس از آن موکول گردید. اولین گردهمایی علمی بین‌المللی در این باره در اکتبر سال ۱۹۹۵ در ایتالیا و با موضوع "آلودگی نور: ابعاد و احتمال وقوع"^۲ برگزار شد و با فاصله ۲ سال، اولین قانون محلی مبارزه با آلودگی نوری در ایتالیا به تصویب رسید. یکی از اولین و برجسته‌ترین قوانین مقابله با آلودگی نور مربوط به ناحیه Lombardy در کشور

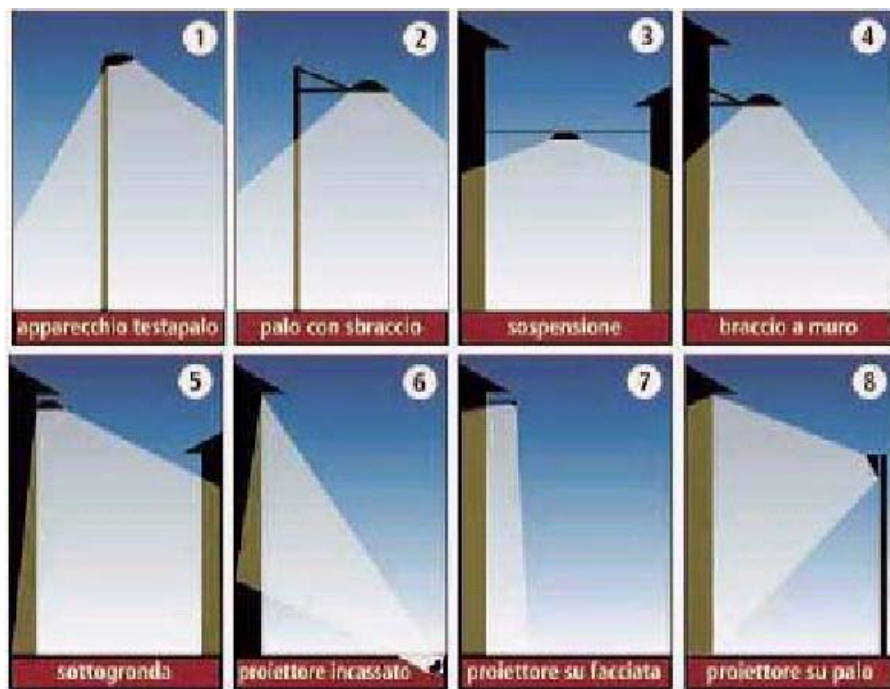
¹ International Dark-sky Association

² Light Pollution: Measures and Possibility of Action

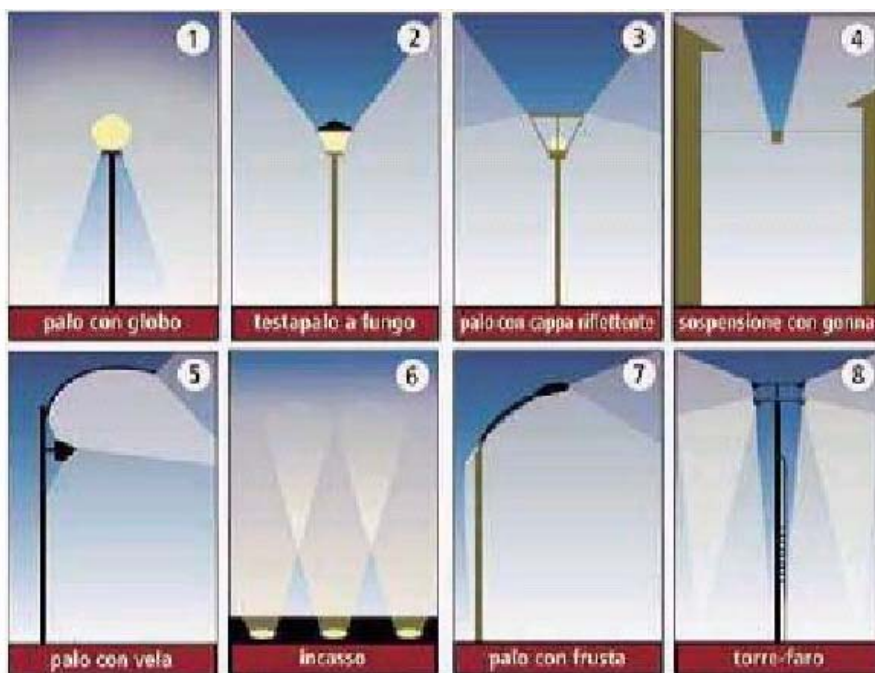
³ Outdoor



شکل ۲: سه نمونه چراغ سمت راست مطابق قانون Lombardy و سه نمونه سمت چپ مغایر قانون Lombardy هستند.



شکل ۳-الف: نمونه‌هایی از چراغ‌های مورد تأیید قانون Lombardy (موارد ۶ و ۸ فقط برای نورپردازی ساختمان‌های خاص مجاز است)



شکل ۳-ب: نمونه‌هایی از چراغ‌های ناقض قانون Lombardy

اتلاف انرژی و طراحی و ساخت پربازده‌ترین منابع نور و ... از جمله وظایف گروه‌های متخصص است که هرکدام زمینه وسیعی از مطالعه و تحقیق را شامل می‌شود.

۵-۱- اندازه‌گیری میزان آلودگی نور

اولین گام در مواجهه با مسئله آلودگی نور، اندازه‌گیری شدت روشنایی در هر مکان و در واقع شناسایی مکان‌های دارای آلودگی نور است. این اندازه‌گیری‌ها می‌تواند به صورت نقطه‌ای و یا در مقیاس عمومی^۱ انجام گیرد. اندازه‌گیری‌های انجام شده در هر دو شکل مورد توجه است. به‌طور مثال در بررسی میزان درخشندگی آسمان شب، اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای کاربردی ندارند و فقط اندازه‌گیری‌ها در مقیاس عمومی که به کمک عکس‌های ماهواره‌ای و آنالیز آنها انجام می‌شود مفید خواهند بود. در مقابل برای تنظیم روشنایی یک مکان خاص، اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای مورد نیاز است. مطالعات آماری و دراز مدت در زمینه درخشندگی آسمان شب نیازمند پایش^۲ منظم و دوره‌ای منطقه مورد نظر در طول زمان می‌باشد و به همین دلیل دسترسی به این خدمات و تجهیزات ماهواره‌ای از اولین ابزارهای کار محسوب می‌شوند. یکی از روش‌های محاسبه درخشندگی آسمان شب، اندازه‌گیری شار نور بالا رونده است که توسط منابع روی سطح زمین منتشر شده‌اند. این شار نور بالا رونده در اثر برخورد با مولکول‌های جو و ذرات معلق پخش شده و از دید ناظر زمینی پس زمینه روشنی از آسمان در طول شب به‌وجود می‌آورد که مانع دیدن آسمان حقیقی و پرستاره شب می‌گردد. اولین تصاویر نشان دهنده وضعیت زمین در شب در اوایل دهه هفتاد گرفته شده و چگونگی توزیع منابع نور روی سطح زمین را نشان می‌دهند. ولی اولین تصاویری که امکان استخراج مقادیر کمی شار نور بالا رونده منتشر شده توسط منابع زمینی را فراهم می‌آورد مربوط به سال ۱۹۹۸ می‌باشد [۳].

0 شهرداران باید در طول مدت سه‌سال از اجرایی شدن این قانون طرح‌هایی ارائه کنند که نصب همه سیستم‌های جدید مطابق با قانون مصوب انجام گیرد.

0 نصب همه سیستم‌های جدید دارای بخش‌های روشنایی شامل سیستم‌های با منظور تبلیغاتی و غیره تنها پس از تأیید و تصویب دفاتر مهندسی مبنی بر مطابقت آنها با اصول مقابله با آلودگی نور انجام گیرد.

0 تمام طراحان و تولیدکنندگان وسائل روشنایی باید گواهی تأیید صلاحیت انجام کار را داشته باشند.

0 همه وسائل روشنایی تولید شده باید مطابق با استاندارد بوده و دارای برچسب نشان دهنده تطبیق آنها با این قانون باشند.

0 نصب‌کنندگان وسائل روشنایی تنها مجاز به نصب وسائل هستند که روی برچسب آنها قید شده باشد: "مطابق قوانین مقابله با آلودگی نور، با مصرف حداقل انرژی و منطبق بر قانون منطقه Lombardy".

0 پس از نصب، گواهی نصب صحیح طبق فرم مخصوص صادر شود.

0 سازندگان، واردکنندگان و تهیه‌کنندگان باید در برگه مشخصات فنی محصول خود گواهی تطبیق محصول با قانون Lombardy و نتایج اندازه‌گیری‌های فتومتریک محصول را اضافه کنند.

توجه شود که قانون فوق تقریباً همه بخش‌های دخیل در مسئله روشنایی را مورد توجه قرار داده است و از طراحان و تولیدکنندگان تا نصب‌کنندگان، بازرسان و مصرف‌کنندگان را در برمی‌گیرد.

۵- مباحث فنی

قانونگذاران و مردم علاقمند به بهبود شرایط زندگی خود از نظر میزان روشنایی مناسب در شب، اطلاعات مورد نیاز را از متخصصینی که مطالعات علمی در زمینه روشنایی مطلوب و سالم محیط دارند بدست می‌آورند. اندازه‌گیری و مدل‌سازی آلودگی نور در یک نقطه یا کل منطقه، تعیین شدت مناسب نور، فواصل مطلوب منابع روشنایی، محاسبه میزان مصرف و

¹ Global Scale
² Monitoring

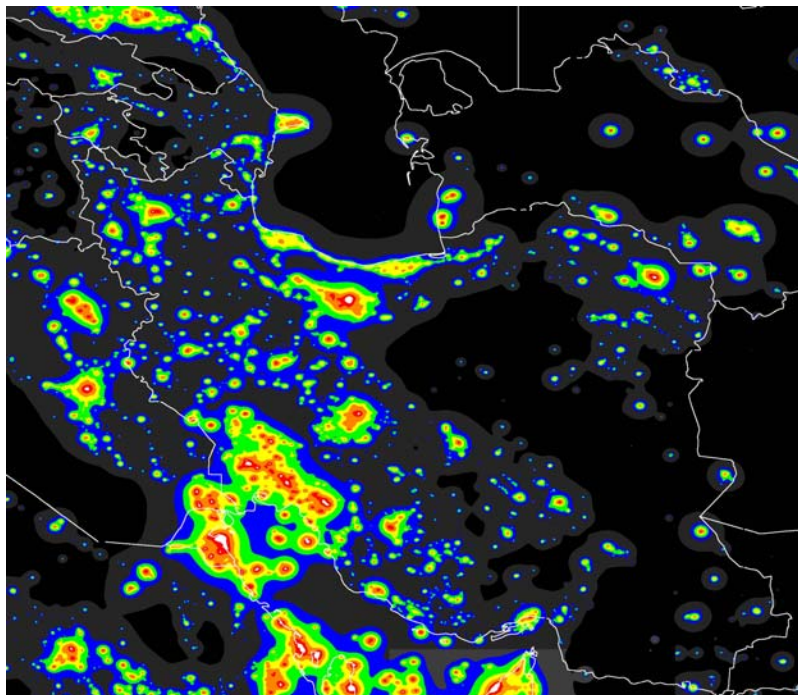
شکل ۴ بخشی از ناحیه جنوب غرب آسیا را نشان می‌دهد که کشور ایران در آن قرار دارد. رنگ‌ها نشان دهنده نسبت درخشندگی آسمان نقطه مورد نظر به درخشندگی طبیعی شب (250 mcd/m^2 به عنوان معیار مقایسه) به ترتیب زیر هستند:

آبی ۰/۳۳-۰/۱۱ سبز ۰/۳۳-۱ زرد ۱-۳
نارنجی ۳-۹ قرمز ۹-۲۷ و بزرگتر

ملاحظه می‌شود که مناطق دارای آلودگی نوری در ایران نیز وجود دارد و این در حالیست که تأثیرات زیست محیطی آلودگی نور در محدوده‌هایی بسیار وسیع‌تر از محدوده‌های دارای درخشندگی بیش از حد طبیعی در شب رخ می‌دهند. مطالعات انجام شده در سایر نقاط جهان حاکی از افزایش نمایی آلودگی نور در نواحی بدون قوانین کنترلی است. این نرخ افزایش می‌تواند با توجه به این نکته که قانونی در مورد کنترل آلودگی نور در ایران تصویب و اجرا نشده است در مورد کشور ایران نیز در نظر گرفته شود.

درخشندگی مصنوعی آسمان شب با جمع کردن تاثیر همه منابع نور تا شعاع 200 km در هر نقطه بدست می‌آید زیرا نور تا مسافت حدود 200 km هم در جو پراکنده می‌شود [۳و۵]. این مسئله مشخص می‌کند که قوانین محدود کننده شدت روشنایی و زاویه تابش چراغ‌ها در شب باید نه فقط در محدوده‌های حساس‌تر، بلکه در همه نواحی رعایت گردد زیرا تخلف از این قوانین محدوده‌های تا شعاع 200 km دورتر را نیز می‌تواند آلوده سازد و چه بسا که محدوده‌های حساس نیز در این فاصله قرار داشته باشند.

به طور کلی اندازه‌گیری میزان درخشندگی شب اگر در مقیاس وسیع و با دوره‌های منظم انجام شود، وضعیت فعلی محیط را از لحاظ روشنایی مشخص کرده و به پیش بینی شرایط آینده و امکان برنامه‌ریزی برای بهبود وضعیت آسمان شب و در نهایت بهبود محیط زندگی کمک مؤثری خواهد نمود. تصاویر ماهواره‌ای سطح زمین که نشانگر میزان آلودگی نور در مناطق مختلف زمین است را می‌توان در اولین اطلس جهانی درخشندگی مصنوعی آسمان شب مشاهده کرد [۶].



شکل ۴: تصویر ماهواره‌ای درخشندگی آسمان کشور ایران در شب

۵-۲- نوع و شکل ظاهری منابع نور

نوع لامپ می‌تواند در میزان انرژی مصرفی و روشنایی تولیدی بسیار مؤثر باشد به طور مثال لامپ‌های سدیم در مقایسه با لامپ‌های جیوه بازدهی به مراتب بهتری (حدود ۱/۷ برابر) دارند.

استفاده از پوشش شیشه‌ای تخت در مقایسه با شیشه‌های مشجر^۱ می‌تواند علاوه بر کاهش خیرگی، از پخش نور در جهت بالا نیز کم کند و همچنین شدت روشنایی روی زمین را افزایش دهد [۷]. خواص فتومتریک شیشه‌های مشجر در طول زمان تغییر می‌کند و اعداد محاسبه شده در ابتدای استفاده از این شیشه‌ها با گذشت زمانی کوتاه دیگر واقعی نخواهند بود. نتایج تحقیقی که در این مورد انجام شده مطلب را روشن‌تر می‌کند: یک سیستم روشنایی با پوشش‌های شیشه‌ای مشجر با میزان تابش رو به بالای^۲ ۵٪ از کل شار تابشی، با لامپ‌های جیوه‌ای ۲۵۰ وات که بیش از ۲۰ سال عمر دارند با فواصل پایه ۳۰ متر و شدت روشنایی متوسط ۶ لوکس در سطح پیاده‌رو به عنوان نمونه انتخاب گردید. پس از اندازه‌گیری پارامترهای روشنایی این سیستم، یکنواختی روشنایی پیاده رو به دلیل تغییر خواص فتومتریک پوشش‌ها در اثر گذشت زمان "بسیار ضعیف" ارزیابی شد. همچنین شدت روشنایی در سطح پیاده‌رو در این حالت برابر ۶ لوکس اندازه‌گیری گردید. پس از تعویض لامپ‌های جیوه ۲۵۰ وات با لامپ‌های سدیم ۱۵۰ وات و پوشش شیشه مشجر با شیشه تخت، یکنواختی روشنایی افزایش بسیاری پیدا کرده و شدت روشنایی در سطح پیاده‌رو از ۶ لوکس به ۵۰ لوکس رسید. علاوه بر این میزان انرژی مصرفی برای روشنایی ۴۰٪ کاهش یافت. در برخی سیستم‌ها تعویض پوشش پلی‌کربنات با شیشه تخت کفایت می‌کند و یک تجربه انجام شده نشان می‌دهد که شدت روشنایی در سطح پیاده رو با این کار از ۷ لوکس به ۲۵ لوکس با هزینه ۵ یورو برای هر شیشه بهبود یافته است [۷]. پوشش‌های پلاستیکی پس از مدتی کدر می‌شوند و در این حالت بیش از ۵۰٪ نور را به خود جذب می‌کنند. علاوه بر آن

در ضمن کاهش روشنایی سطح پیاده‌رو، میزان نور بازتاب شده در جهت آسمان افزایش می‌یابد زیرا پوشش کدر شده مقداری از نور را به سمت بالا بازمی‌تاباند. بسیاری از سیستم‌ها برای شار نوری رو به بالای کمتر از یک درصد طراحی می‌شوند ولی پس از گذشت کمتر از یک سال این مقدار به حدود ۳٪ و یا حتی بیشتر خواهد رسید [۷].

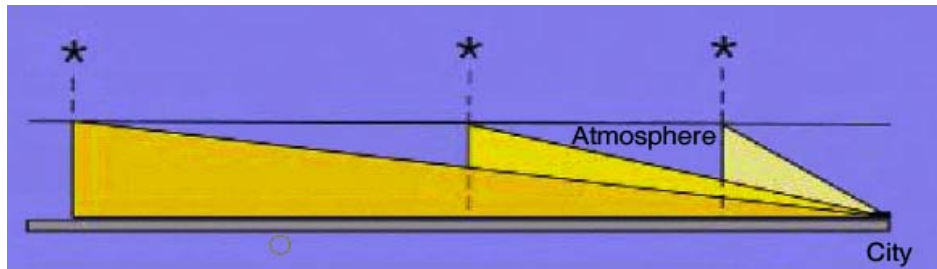
جلوگیری از تابش مستقیم نور به سمت آسمان پارامتری است که در اغلب آیین‌نامه‌های مقابله با آلودگی نور به آن اشاره می‌شود. در برخی موارد این پارامتر به تنهایی کافی نبوده و نورهای بازگشتی و بازتابیده شده نیز مدنظر قرار می‌گیرند. در این حالت نه تنها خود منبع نور نباید هیچ تابش مستقیمی به سمت آسمان داشته باشد بلکه محاسبات طوری انجام می‌شوند که نورهای بازتابیده شده از سطح نیز در حد کمینه باقی بمانند. نتایج یک تحقیق نشان می‌دهد که طراحی چراغ‌ها با در نظر گرفتن ضریب شار نوری بالا رونده ۲٪ (بدون توجه به عامل انعکاس) در عمل باعث ایجاد شار بالارونده‌ای به اندازه دو برابر میزان طراحی شده است که این میزان اضافی ناشی از نور انعکاس یافته از روی سطح زمین بوده است [۸].

یک اصل مهم در طراحی پوشش سیستم‌های روشنایی توجه به این نکته است که نورهای تابیده شده در زاویه‌های کوچک (نزدیک‌تر به افق) بسیار خطرناک‌تر از نورهای تابیده شده در زاویه‌های بزرگ هستند به این دلیل که محدوده وسیع‌تری از جو را آلوده می‌کنند [۵]. این مسئله در شکل ۵ نشان داده شده است. اهمیت این نکته تا بدان جاست که حتی می‌توان گفت حدود ۲۰٪ درخشندگی سمت الرأس^۳ آسمان شب در نقاط پرجمعیت شهری ناشی از نورهای تابشی با زاویه کم در سایر مناطق می‌باشد [۹]. در طراحی سیستم‌های روشنایی زاویه‌های تابش کم باید کاملاً شیلد شوند. در غیر این صورت شار تابیده شده به سمت آسمان در اثر پخش نور به دو تا سه برابر حدود در نظر گرفته شده در طراحی خواهد رسید.

¹ Prismatic

² Upward Flux Ratio

³ Zenith



شکل ۵: پرتوهای نور که با زاویه کوچکتر (نزدیکتر به افق) تابیده می‌شوند محدوده وسیع تری از جو را آلوده می‌سازند.

مورد دوم نیز در سطح شهرها و به‌خصوص تهران به کرات به چشم می‌خورد. شدت آلودگی در برخی نقاط به قدری زیاد است که حتی می‌توان بدون اندازه‌گیری دقیق، زیادتر بودن و یا در برخی موارد چندین برابر میزان استاندارد بودن شدت روشنایی را به راحتی تشخیص داد. به طور مثال می‌توان به استفاده از لامپ‌ها (بدون هیچ گونه پوشش یا محافظ) در مراکز فروش میوه و تره‌بار یا میداين اصلی تهران اشاره کرد. میزان شدت روشنایی که به طور متوسط در فاصله ۲ متری لامپ‌های بخار جیوه یا بخار سدیم ۴۰۰ وات بدون حباب یا شیشه محافظ به وجود می‌آید با در نظر نگرفتن اثرات سایر منابع نور، حدود ۶۵۰ و ۱۳۵۰ لوکس است که به تنهایی ۲/۶ و ۵/۴ برابر میزان استاندارد روشنایی در کارهای نیمه دقیق یعنی ۲۵۰ لوکس می‌باشد. بخشی از نور تولیدی (حدود ۲۵٪ با توجه به منحنی توزیع روشنایی) توسط این لامپ‌های بدون حباب و محافظ، یعنی به ترتیب ۱۱۷۵۰ و ۵۵۰۰ لومن، مستقیماً به سمت آسمان (با زاویه تابش بزرگتر از ۹۰ درجه) تابیده می‌شود که کاملاً ناقض مقررات مبارزه با آلودگی نور و حفظ سلامت و تاریکی آسمان شب است. استفاده از پروژکتورهای قوی برای نورپردازی ساختمان‌ها اگر با محاسبه دقیق توان مورد نیاز و میزان انعکاس نور از سطح همراه نباشد می‌تواند باعث تابش نور زیادی به آسمان گردد. اگر تنها ۳٪ از نور یک پروژکتور با لامپ بخار سدیم ۱۰۰۰ وات به سمت آسمان تابیده شود، ۳۸۴۰ لومن روشنایی مستقیماً به سمت آسمان نشانه رفته است.

پخش نور به علت برخورد پرتوهای نوری با مولکول‌های جو و ذرات معلق در اثر دو عامل تابش مستقیم و انعکاس سطح به وقوع می‌پیوندد. رعایت همه موارد فوق در قانون Lombardy تذکر داده شده است.

۶- وضعیت آلودگی نور در ایران

مقابله با آلودگی نور در ایران از چند منظر قابل بررسی است:

- ۱- درخشندگی آسمان شب که با پایش منظم و دوره‌ای و به کمک عکس‌های ماهواره‌ای قابل بررسی است، تنها به وسیله اجرای دقیق قوانین کنترل کننده میزان آلودگی نور در مقیاس وسیع قابل کنترل و بهبود است.
- ۲- بالاتر بودن میزان روشنایی برخی نقاط شهری شامل معابر، فروشگاه‌ها، پارک‌ها و... نسبت به مقادیر تعیین شده در استانداردهای روشنایی موجود که باید به سرعت برای مقابله با آن اقدام شود (آلودگی نور نقطه‌ای). روشنایی بیش از حد استاندارد مکان‌های بیرونی ناشی از طراحی نامناسب^۱ نتیجه‌ای جز ایجاد تلفات وسیع انرژی الکتریکی ندارد.

شکل ۴ مناطق آلوده از نوع اول را به خوبی مشخص کرده است. این آلودگی‌ها بیشتر در دو منطقه اطراف تهران و مناطق جنوب غربی ایران که چاه‌های نفت، منابع گاز و تأسیسات نفتی و پالایشگاهی زیادی در آنها وجود دارد به چشم می‌خورد. شهرهای اصفهان، تبریز، مشهد، شیراز و به‌طور کلی مناطقی که تمرکز جمعیت و صنایع در آنها بیشتر است دارای آلودگی نوری بیشتری نیز هستند.

¹ Over design



شکل ۶: تصویر منظره قابل رؤیت از بالای ساختمانی با ارتفاع تقریبی ۳۵ متر در یک شب عادی در تهران

جدول ۱: چند نمونه از اندازه‌گیری‌های انجام شده در شهر تهران

درخشندگی قرائت شده (cd/m^2)	موضوع مورد اندازه‌گیری	ردیف
۵۷۲	چراغ خیابانی	۱
۲۱۱	نورافکن هالوزن ساختمان اداری	۲
۷۵۰	چراغ تبلیغاتی	۳
۸۱۴	نورافکن بخار سدیم ورزشگاه	۴
۲۵	سطح خیابان	۵
۰/۰۳	نور ماه بر کف پشت‌بام ساختمان	۶

بخار سدیم پرفشار را روی هر پایه کافی می‌داند که در این صورت می‌توان گفت در حال حاضر نیمی از انرژی الکتریکی مصرفی در این سیستم یعنی حدود ۴۲ کیلووات به هدر می‌رود و یا به عبارتی ۲۳۰۰ کیلو لومن روشنایی که می‌تواند در جای خود بسیار مفید باشد، صرف آلوده سازی محیط شده است.

شکل ۶ تصویر منظره قابل رؤیت از بالای ساختمانی با ارتفاع تقریبی ۳۵ متر را در یک شب عادی در تهران نشان می‌دهد. در جدول ۱ نتایج اندازه‌گیری درخشندگی منابع نوری مختلف از بالای این ساختمان ارائه شده است. این اندازه‌گیری‌ها توسط تیم اندازه‌گیری شرکت مهندسین مشاور نورگستر و با استفاده از یک دستگاه سنسور درخشندگی مدل

به عنوان نمونه‌ای از طراحی نامناسب روشنایی و ایجاد آلودگی نوری در کنار اتلاف انرژی الکتریکی، می‌توان به مواردی از این قبیل اشاره کرد:

یک سیستم روشنایی با مشخصات زیر در یکی از راه‌های شریانی درجه ۱ شهر تهران در حال کار است.

نوع لامپ: بخار سدیم پرفشار ۲۵۰ وات
تعداد چراغ نصب شده روی هر پایه: ۴ عدد
فاصل پایه‌ها: ۴۷ متر
طول تقریبی مسیر: ۲ کیلومتر

با این اطلاعات، کل شار نوری تولیدی توسط سیستم فوق برابر ۴۶۰۰ کیلو لومن محاسبه می‌شود. طرح اصلاحی ارائه شده برای این بزرگراه وجود فقط دو عدد چراغ با لامپ‌های

۷- نتیجه‌گیری

مسئله آلودگی نور در سطح جهان مورد توجه قرار گرفته و اقدامات زیادی برای کنترل این آلاینده محیط زیست در سراسر جهان در حال انجام است. آسیب‌های جسمی و روانی برای انسان و سایر جانداران در کنار اتلاف منابع پر ارزش انرژی از اثرات نامطلوب این نوع آلودگی است. کشور ما ایران نیز از آلودگی نور رنج می‌برد و شایسته‌است قبل از فراگیر شدن آن و پیش از گسترش آثار مخرب زیست محیطی در کشور، با اهتمام به مقابله با این معضل با انجام کار کارشناسی و انجام اقدامات ساده و مؤثر در کنار آگاهی بخشی به مردم در راستای برخورداری از نور مناسب و سالم، تلاش شود تا همه مردم ضمن داشتن سلامت جسمی و آرامش روحی و روانی از آسمان زیبای شب بهره بگیرند و منابع انرژی، اکوسیستم کشور و آسمان شب برای نسل‌های آینده به بهترین وجهی حفظ شود.

مراجع

- [1] Fornasari Lorenzo, "Malpenza Airport and bird migration: a matter of light pollution," Proceeding of the IDA Regional Meeting: "Let's save the night", Venice, May 3rd, 2002 .
- [2] Symposium "Ecological Consequences of Artificial Night Lighting," University of California, Los Angeles, Feb. 23-24, 2002 , www.urbanwildlands.org .
- [3] Cinzano Pierantonio, "Light pollution and the situation of the night sky in Europe, in Italy and in Veneto," Proceeding of the IDA Regional Meeting: "Let's save the night", Venice, May 3rd, 2002 .
- [4] Bonata Diego, "The experience of Lombardy in fight to light pollution with the law n.17/2000: a law to be imitated," Proceeding of the IDA Regional Meeting: "Let's save the night", Venice, May 3rd, 2002

L1000 ساخت شرکت LMT آلمان با فاصله اندازه‌گیری قابل تنظیم از ۰/۵ متر تا بینهایت، که دارای کلاس دقت A می‌باشد، انجام شده است. در شکل ۶ سه مورد از نقاط اندازه‌گیری شده با توجه به شماره ردیف بکار رفته در جدول ۱ مشخص شده‌اند.

به طور کلی برای روشنایی کافی و سالم در شب باید به این نکات توجه داشت: دید کافی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، جلوگیری از آلودگی نوری محیط و حفظ اصول زیبایی‌شناسی. انجمن‌ها و تشکل‌های زیادی در مناطق مختلف جهان نظیر کشورهای اروپای شرقی به دنبال کشورهای پیشرو در مقابله با آلودگی نور، به ترغیب دولت‌ها برای تصویب قوانین و به موازات آن آگاهی بخشی به مردم در زمینه حق داشتن روشنایی کافی و مناسب و به دور از آلوده سازی در شب اقدام کرده‌اند و اغلب آنها دستاوردهای چشم‌گیری در این زمینه داشته‌اند. گزارش‌هایی از فعالیت‌های انجام شده در این کشورها و نتایج آنها در کنفرانس ونیز در سال ۲۰۰۲ با عنوان "آلودگی نور و حفاظت از محیط شب"^{۱۴} در بخش کارگاه‌های آموزشی آورده شده است. در اغلب گزارش‌های ارائه شده به این نکته اشاره شده است که فعالان در یک دوره ۵-۷ ساله، علاوه بر افزایش چشم‌گیر سطح آگاهی مردم، نظر سازندگان وسایل روشنایی را نیز به ارائه تولیداتی با درصد آلودگی نوری کم جلب کرده و در ضمن رایزنی با دولت را برای تصویب قوانین لازم آغاز کرده‌اند. همه این کشورها به اتفاق بالا بردن سطح آگاهی همگانی را در زمینه آلودگی نور مهمترین عامل به وجود آورنده عزم عمومی در کاهش آلودگی نور دانسته‌اند و از رسانه‌های عمومی نظیر روزنامه و تلویزیون به عنوان ابزارهای بسیار کارآمد در این امر نام برده‌اند. در هر صورت اولین قدم بالا بردن سطح آگاهی مردم و یادآوری حق آنها در برخورداری از محیط زیست سالم است.

¹⁴ Light Pollution and the Protection of the Night Environment

[5] Cinzano Pierantonio, “Technical measures for an effective limitation of the effects of light pollution,” Proceeding of the IDA Regional Meeting: “Let’s save the night”, Venice, May 3rd, 2002 .

[6] www.inquinamentoluminoso.it/worldatlas

[7] Sora Mario, “Light pollution and energy saving: axcellent results obtained in application of new regulations,” Proceeding of the IDA Regional Meeting: “Let’s save the night”, Venice, May 3rd, 2002 .

[8] Cinzano Pierantonio, “Light pollution by luminaries in roadway lighting,” Presented at CIE TC4-21 meeting ,Turin, Sep. 30, 2002

[9] Cinzano Pierantonio, Diaz Castro F.J., “the artificial sky luminance and the emission angles of the upward light flux, in measuring and modeling light pollution,” Mem. Soc. Astron. Ital.,71,251-256 (2000)