



طراحی سیستم روشنایی معابر با بازده انرژی بالاتر

زهرا شهباز طبری - بهرام سماک نرگسی

bahram_sammak@yahoo.com, zahratabari@yahoo.com

شرکت برق منطقه ای گیلان

کلید واژه ها: light pollution- بازده نوری - lighting fixtures - کاهش تلفات الکتریکی

روشنایی معابر که به عنوان بخشی جدا نشدنی از توسعه ی جامعه ی بشری و همگام با آن تحولات زیادی را پشت سر نهاده است هم اکنون با فاز جدیدی از تغییر و دگرگونی روبرو می باشد. طراحی نامناسب لوازم تامین روشنایی که سبب به هدر رفتن بخش زیادی از انرژی می شود در سالهای اخیر مورد توجه کارشناسان و محققین این بخش از صنعت قرار گرفته است. در حالیکه هدف از تامین روشنایی معابر تامین روشنایی در فضای زیرین آن یعنی سطح زمین می باشد بخشی از آن به علت روشن کردن فضای فوقانی به هدر می رود. ضعف اخیر مربوط به فیکساتورهای باشد که انواع متداول آن به گونه ای طراحی شده اند که قادر به تابش تمامی نور ساطع شده به طرف زمین نبوده و بخشی از آن در روشن نمودن فضای بالاپایه ها تلف می شود.

در بخش اول این مقاله روشنایی فضای باز و معابر از حیث چراغهای روشنایی بکار برده شده مورد بحث قرار می گیرد و توجه به این نکته که آیا لامپهای بکار گرفته شده در تامین روشنایی معابر از بهترین انواع بکار گرفته شده از جنبه Energy Efficient می باشند و یا اینکه گزینه های بهتری برای جایگزینی آن وجود دارد؟! در بخش دیگر طراحی تجهیزات بکار گرفته شده در تامین روشنایی و از جنبه Energy Efficient بررسی می شود و بخش پایانی آن جنبه ی طراحی و اجرایی شبکه ی روشنایی معابر و بررسی الترناتیوهای جایگزین بانحوه رایج طراحی روشنایی در مسیرهای ممکنه و بررسی مزیت های طرح پیشنهادی از جنبه ی بازدهی نوری بیشتر و هزینه ی اجرایی کمتر با طرح رایج می باشد

در تلاش جهت بررسی چند جنبه ی افزایش بازده روشنایی سه روش ارائه شده به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته لیکن ابعاد اقتصادی طرح ها به علت عدم وجود اطلاعات مستند و اجرایی که مبتنی بر اندازه گیری دقیق روشنایی - انرژی و بار الکتریکی مصرف شده و سایر فاکتورهای مورد نیاز که از اجزاء جدا ناپذیر تأیید مزیت یک طرح بر دیگری می باشد، به طور واقعی امکان پذیر نبوده و لذا به ذکر دلایل منطقی در اولویت دادن به طرح های پیشنهادی اکتفا می شود.

چکیده

یکی از شکل های اتلاف انرژی الکتریکی به صورت اتلاف انرژی نوری به گونه ای غیر مفید و یا غیرجهت مورد نیاز می باشد. با توجه به گسترش روز افزون تکنولوژی مرتبط با افزایش بازده نوری و تغییراتی که در ساختار چراغهای روشنایی با بازدهی بالا بعمل آمده است گام بسیار مهمی در این بخش برداشته شده است لیکن همچنان در بخشهای دیگر آن از جمله فیکساتورها و محفظه های نصب چراغها با اعمال تغییراتی میتوان میزان شارش نور به نیم کره ی فوقانی و در صفحه ی افق را تا حد قابل توجهی کاهش داده که نتیجه آن جهت دادن کامل نور تابش یافته به طرف زمین و منطقه ای که هدف تامین روشنایی آن می باشد است. با اعمال این تغییرات میتوان به میزان ۳۵~۳۰ درصد از اتلاف انرژی نورانی جلوگیری نمود که با کاهش مناسب قدرت چراغهای روشنایی منصوبه و یا ارتفاع پایه ها به میزان نسبتاً قابل توجهی انرژی مصرفی این گونه چراغها را بهینه نمود که دستاورد اقتصادی و زیست محیطی آن نیز حائز اهمیت می باشد.

مقدمه

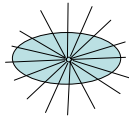
از آغاز بحران نفتی سال ۱۹۷۰ و با دریافت حقیقت مربوط به محدودیت و پایان پذیری سوختهای فسیلی ، بستر مناسبی برای تحقیق در زمینه کاهش انرژی مصرفی بر واحد فعالیت مورد نظر لوازمی که به طور مستقیم و غیر مستقیم از این انرژی ها استفاده می کنند صورت گرفته است که نتیجه ی آن تغییراتی بنیادین در بسیاری از لوازم مصرف کننده ی انرژی الکتریکی و سایر شکل های انرژی بوده است. این در حالی است که هنوز در بسیاری از زمینه ها ارقام ناشناخته ای از اتلاف انرژی به طور کلی و به طور خاص انرژی الکتریکی وجود داشته که به علت بسیاری از آنها تا کنون پی نبرده اند ولیکن علت بسیاری از آنها ضعف طراحی می باشد. یکی از نتایج طراحی ضعیف ، توان اضافی بکار رفته جهت جبران آن می باشد.

آلودگی نوری و تلفات انرژی

شاید تاکنون توجه کرده باشید هنگامی که در جاده بطرف یک شهر و حتی یک منطقه مسکونی حرکت می‌کنیم و یا بر فراز یکی از شهرها پرواز می‌کنید حتی به فاصله کیلومترها دور از آن چنین بنظر می‌رسد که صدها و یا هزاران نور از زمین بطرف آسمان روشن شده است. این پدیده که آلودگی نوری (Light Pollution) نامیده می‌شود در واقع اثر تجمعی از صدها - هزاران و شاید صدها هزار طرح ضعیف در زمینه روشنایی خیابانها - جاده ها و یا حتی پیاده روها باشد و یا به تعبیری می‌تواند به طور کلی مربوط به فضای آزاد تأسیسات، واحدهای صنعتی و یا مسکونی باشد. بر اساس تحقیقات به عمل آمده توسط International Dark-Sky Association (IDA) همان اتلاف انرژی نورانی می‌باشد آن است که تجهیزات روشنایی و چراغهای روشنایی به گونه ای طراحی شده اند که همه انرژی نورانی ساطع شده از آنها به طرف زمین تابش نکرده و بخشی از آن به طرف نیم کره ی فوقانی و در سطح افق تابانیده می‌شود (trespass lighting). بر اساس تئوری اگر چنانچه همه انرژی نورانی تولید شده توسط چراغهای روشنایی که در فضای آزاد قرار دارند فقط به طرف زمین که هدف اصلی تأمین روشنایی می‌باشد تابانیده شود می‌توان تا حدود ۳۵ درصد در توان الکتریکی مصرفی کاهش ایجاد نمود. (۱)

تئوری روشنایی

طراحی روشنایی بطور کلی دارای دو مؤلفه ۱- کمیت انرژی روشنایی مورد نیاز و ۲- کیفیت که به رنگ ساطع شده از لامپها مرتبط می‌شود. مقادیر کمی که عبارتند از شدت نور و Luminance به لحاظ طراحی ساده تر از بخش دوم آن یعنی بخش کیفی نور می‌باشد. کیفیت یک سیستم نوری یکی از فاکتورهای مهم در ارزیابی اثر بخشی طرح می‌باشد به این جهت که مستقیماً بر مقدار نور مورد نیاز اثر می‌گذارد. جهت درک بهتر مفهوم روشنایی و مفاهیم آن به یک نور ذره ای مطابق شکل زیر توجه می‌کنیم. همانگونه که در شکل دیده می‌شود نور ذره ای در تمام جهات دارای تابش نور می‌باشد که میزان انرژی نورانی در تمام جهات کره ای به مرکز نقطه ی نورانی یکسان است.



شکل ۲: منبع نقطه ای تئوریکی نور

طبق تعریف مقدار نور خروجی از یک منبع نورانی در مدت زمان داده شده لومن نامیده می‌شود که شار نوری یا Flux نامیده می‌شود. از آنجائیکه منابع واقعی نور دارای شارش یکسان در همه جهات نمی‌باشند بنابراین الگوی شعاعی آن به مقدار شارش تابانده شده در یک زاویه ی خاص و در مسیر خاص بیان می‌شود که به آن شدت نور (I) و بر حسب Lumens / Steradian بیان می‌شود. رابطه ی بین شار و شدت نور به صورت ذیل بیان می‌شود

$$F = I / \cos \theta$$

که این مقدار بیانگر مقدار نور دریافت شده توسط سطح دلخواه است که با رابطه ی زیر تعیین می‌شود:

$$E = I \cos(\theta) / R^2$$

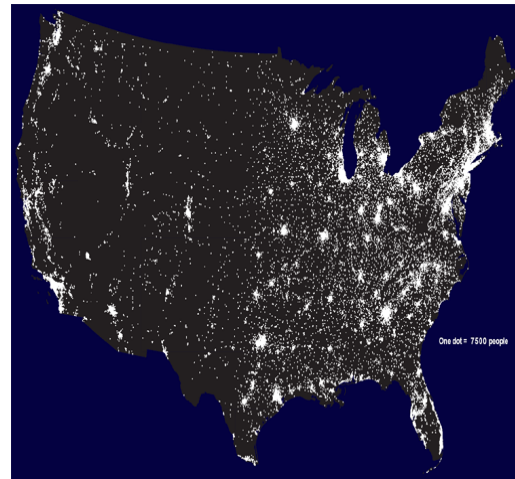
در این رابطه I فاصله ی بین منبع نور و سطح مورد نظر و θ زاویه ی بین نرمال سطح و خطی که منبع را به نقطه ای که محاسبه روشنایی در آن مورد نظر است می‌باشد. برای:

$\cos(\theta) = 1$ و $E = I / R^2$ که $E = I \rho$ و $\rho = \pi$ و بالاخره Efficacy یا بازده نورانی انعکاس دهنده ی میزان روشنایی بر کل توان ورودی به منبع است. (۲)

استاندارد روشنایی مورد نیاز برای واحد

سطح

بر اساس استاندارد اعلام شده توسط انجمن روشنایی آمریکا میزان توان بر واحد سطح جهت روشنایی خیابانها و معابر که تاکنون به میزان ۳۵ وات بر مترمربع (۳ تا ۴ w/ft²) اعلام شده بود اکنون این استاندارد به میزان ۱۰ وات بر متر مربع یعنی کمتر از ۱ w/ft² کاهش یافته است و این در حالی است که در کشور ما و در بسیاری از مناطق به علت عدم استفاده از شیوه های نوین تأمین روشنایی در سطح پایین تری از میزان استاندارد روشنایی تعیین شده قرار داریم. استفاده ی پر بازده از روشنایی معابر نه تنها در زمینه ی Energy-Efficient بلکه همچنین از حیث هزینه ی تمام شده دارای برتری هایی نسبت به سیستم موجود می‌باشد. ارتقاء کیفیت فیکساتورها در هدایت انرژی نورانی ساطع



شکل ۱: تصویر ماهواره ای تابش نوراز زمین در هنگام شب

آلودگی نور نه تنها یکی از عوامل اتلاف انرژی است بلکه همچنین دارای اثرات منفی زیست محیطی و نیز برای سلامت انسانهایی که تحت تأثیر آن قرار می‌گیرند باشد که از بحث در مورد آن در اینجا خودداری می‌شود. بحران انرژی توجه کارشناسان را به بخشهای مختلف مصرف کننده انرژی معطوف داشته است که یکی از آنها روشنایی خیابانها و معابر بوده است. با رشد فن آوری مربوط به لامپهای پر بازده و تلاشهای بعمل آمده که تا کنون بیشتر در بخش چراغهای روشنایی بوده است این بخش تا حد قابل توجهی تحول یافته است لیکن پس از مدتی توجه کارشناسان به جنبه های دیگر اتلاف انرژی که همانا فیکساتور ها و روشهای اجرایی طرحهای روشنایی می‌باشد معطوف شده است و با توجه به محدودیت تنوع چراغهای روشنایی در فضای باز (Outdoor Lighting) جنبه ی طراحی فیکساتورها و اجرایی روشنایی خیابانها در سالهای اخیر اهمیت بیشتری یافته است.

شده به طرف زمین و در مسیر دلخواه باعث افزایش بازدهی نور تامیزان ۹۰٪ می شود. تغییر در روش طراحی که منجر به تابش مستقیم تر نور به سطح جاده ها خواهد شد، می تواند در کاهش دادن قدرت مورد نیاز چراغهای روشنایی تأثیر داشته و نسبت به سیستم موجود نیز دارای برتری اقتصادی و زیست محیطی باشد. (۳)

بررسی وضعیت بار و انرژی روشنایی

معابر کشور

جهت بررسی جنبه های مختلف بهینه سازی مصرف انرژی و بار در فضای آزاد ضروری است که نگاهی به وضعیت بار و انرژی روشنایی در کشورمان داشته باشیم. جداول ذیل به ترتیب این وضعیت را برای سراسر کشور و استان گیلان که بیشترین فاکتورهای بعدی از این استان جمع آوری شده است را نشان می دهد.

انرژی کل (m kWh)	فروش انرژی معابر (m kWh)	انرژی معابر به انرژی کل (%)	بار شبکه (MW هزار)	بارروشنایی معابر (MW)	در صد به بار کل (%)
۱۴۴۵۹۸	۴۶۰۸	۳.۲	۳۲	۱۱۴۷	۳.۶

جدول 1: بار و انرژی روشنایی معابر سراسر کشور

فروش انرژی معابر (m kWh)	انرژی معابر به انرژی کل (%)	بار شبکه (MW)	بارروشنایی معابر (MW)	معا بر به بار کل (%)
۴۹۴۷.۸	۱۹۱.۶	۶.۵	۸۶۰	۴۷.۷

جدول 2: بار و انرژی روشنایی معابر استان گیلان

همان گونه که اعداد فوق نشان می دهد سهم بار روشنایی معابر از کل بار مصرفی ۳.۶ درصد کل بار محاسبه در حالیکه این رقم برای استان گیلان ۵.۵ درصد حاصل آمده است. دلیل این تفاوت با توجه به تفاوت دو درصدی این رقم با بار روشنایی سراسر کشور به علت عدم نصب کنتور جهت تعیین میزان واقعی انرژی روشنایی معابر (۴) در برخی استانهای کشور می باشد و میزان واقعی مصرف روشنایی معابر بیش از مقدار بدست آمده می باشد. جهت محاسبه بار روشنایی معابر طول مدت روشنایی چراغها با توجه به استانداردهای جهانی و تنوع آب و هوایی کشور ۱۱.۲۳ ساعت در روز در نظر گرفته شده است.

رقم به دست آمده در بار روشنایی اگر چه در مقیاس بار شبکه سراسری مقدار قابل توجهی نمی باشد ولی به ظرفیتی معادل دو نیروگاه ۱۰۰۰ مگاواتی جهت تأمین این بار می باشد. با دلایل مطرح شده در ادامه می توان نشان داد که پتانسیل بهینه سازی مصرف در این بخش نیز قابل توجه می باشد. جهت محاسبه بار روشنایی

معابر ضریب بار روشنایی معابر بر مبنای استاندارد اعلام شده (۱۱.۲۳) ساعت در روز در نظر گرفته شده است. (۵)

بحث در مورد سیستمهای روشنایی با توجه به آنکه در بسیاری از مناطق کشور بر اساس معیارهایی که از دیر زمان تحت عنوان استاندارد روشنایی مطرح شده است اجرا می شود و بازنگری در روشهای اجرایی و مهندسی آن تاکنون بطور جدی نشده است، پتانسیل مناسبی جهت مدیریت بار و انرژی در سطح کشور دارا می باشد. به طور کلی طرح سیستم روشنایی معابر از چند دیدگاه مورد بررسی قرار می گیرد:

- ۱- چراغهای روشنایی
- ۲- لوازم و تجهیزات نصب چراغها
- ۳- اجرای طرح روشنایی معابر

چراغهای روشنایی

تنوع چراغهای روشنایی به اندازه ای است که برای هر نوع هدف تعریف شده ای با توجه به زمان کارکرد و سایر فاکتور همایوتان نوعی از آن رامورد استفاده قرار دادولیکن جهت استفاده در فضای آزاد با توجه به محدودیت های کارکرد آنها در فضای بارکه در بعضی از انواع آنها در اثر تغییرات دمایی زیاد و نیز تاثیر آلودگی بر مدت عمر و بهره ی نوری آنها تا حد قابل توجهی محدود می شود. در اینجا تنها انواع متداول آن را از دو جنبه مهم یعنی توان نوری و طول عمر مورد بحث قرار می دهیم.

لامپ رشته ای متداول ترین لامپ برای فضای بسته می باشد. این نوع لامپ که در اثر عبور جریان برق از رشته ی نازکی به نام فیلامن تحریک شده تشکیل می شود که در اثر التهاب از خود نور ساطع می کند. برای این نوع لامپ ها دو فاکتور مهم بارده نوری و طول عمررا به نحو زیر محاسبه می کنیم.

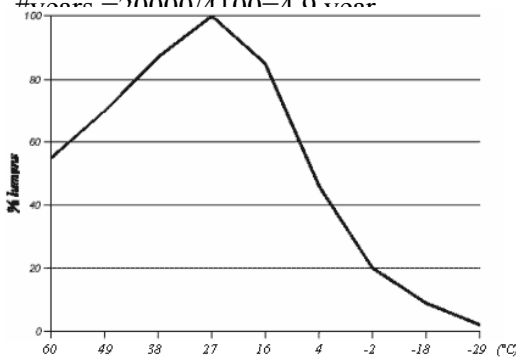
$$K=1750/100=17.5 \text{ lm/w}$$

$$\#years = life / h/y=750/4100=0.2 \text{ year}$$

این نوع لامپها به دلیل قیمت کم مورد توجه می باشند و در بعضی از مناطق حتی در روشنایی معابر نیز از این نوع لامپ استفاده می شود.

لامپهای فلوروسنت که از نوع لامپ گازی می باشند فاکتورهای ذکر شده برای آن به نحو ذیل محاسبه می گردد.

$$K=3150/(40+14)=58.3 \text{ lm/w}$$



شکل 3: تأثیر تغییرات دما بر کارکرد لامپهای فلوروسنت

لامپهای فلوروسنت علیرغم بارده نوری و قیمت تمام شده مناسب بر طول عمر با توجه به منحنی فوق در شرایط

سدیم برخوردار می باشد. استفاده از جیوه در ساختار این لامپ یکی دیگر از نقاط ضعف آن می باشد.

توان	شار نوری	بهره (نوری) لامپ +بالا (ست)	مصرف انرژی سالانه
۱۷۵	۱۰۸۰۰	۴۹	۹۰۲
۲۵۰	۱۷۰۰۰	۵۸	۱۲۱۰
۴۰۰	۲۵۶۰۰	۵۵	۱۹۰۷
۱۰۰۰	۸۸۰۰۰	۷۷	۴۶۷۴

جدول 5: بهره ی نوری لامپهای متال هالید

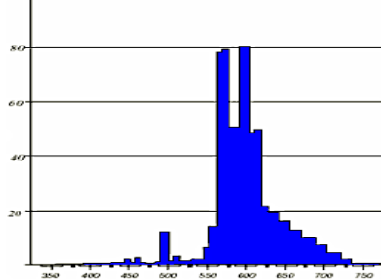
$$\# \text{ Years} = 20000/4100=4.9 \text{ years}$$

لامپهای سدیم پر فشار (HPS) همانند متال هالید و بخار جیوه جزء گروه لامپهای التهای بوده و از آنجاییکه نور تولید شده در رنج ۶۵۰-۵۵۰ نانومتر تابیده می شود نور ساصع شده به رنگ نارنجی دیده می شود.

توان	شار نوری	بهره (نوری) لامپ +بالا (ست)	مصرف انرژی سالانه
۱۰۰	۸۵۵۰	۶۶	۵۳۳
۱۵۰	۱۴۴۰۰	۷۵	۷۹۱
۲۰۰	۱۹۸۰۰	۸۰	۱۰۰۹
۲۵۰	۲۴۷۵۰	۸۴	۱۲۰۵
۴۰۰	۴۵۰۰۰	۹۷	۱۹۰۷

جدول 6: بهره ی نوری لامپهای (HPS)

$$\# \text{ Years} = 21000/4100=5.1 \text{ years}$$



شکل 5: طیف نور ساطع شده در لامپهای (HPS)

لامپهای معرفی شده دارای کاربرد زیادی در کشور ما می باشد و نوع اخیر استفاده گسترده ای در روشنایی خیابانها دارد. طول عمر نور مطلوب و رنج توانی گسترده ی آن از دیگر مزایای این نوع لامپ می باشد.

نتیجه: بررسی لامپهای مورد استفاده در کشور ما بیانگر آن است که با توجه به اینکه نوع اخیر متداول تر است بنابراین در تعویض چراغهای موجود با انواع پر بازده تر مصرف انرژی به خصوص در مسیرهای اصلی و بزرگ راه ها پتانسیل بالایی برای تغییر وجود نداشته و تنها در مناطق فرعی که در آنها به طور مشخص از لامپهای کم بازده استفاده می بود میتوان با اعمال تغییر بهره وری بیشتری را در مصرف انرژی فراهم نمود.

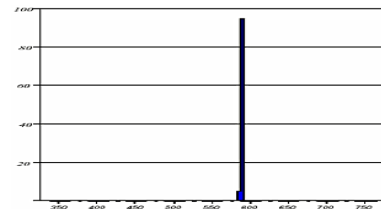
تجهیزات نصب چراغهای روشنایی

فضای باز قابل استفاده نمی باشد. همانطور که گراف فوق نشان می دهد بهترین بازدهی نوری این لامپها در دمای $F 80^{\circ}$ یعنی $C 27^{\circ}$ می باشد.

لامپهای سدیم کم فشار که بالاترین بازدهی را در میان لامپها دارا می باشد. تنوع رنج مصرف این لامپها یکی دیگر از فاکتورهای تعیین کننده در اولویت دادن به این لامپها در فضای باز می باشد.

توان	شار نوری	بهره (نوری) لامپ +بالا (ست)	مصرف انرژی سالانه
۳۵	۴۸۰۰	۸۰	۴۴۶
۵۵	۸۰۰۰	۱۰۰	۴۲۸
۹۰	۱۳۵۰۰	۱۰۸	۳۱۵
۱۳۵	۲۲۵۰۰	۱۲۶	۷۳۸
۱۸۰	۳۳۰۰۰	۱۵۰	۹۰۲

جدول 3: بهره ی نوری لامپهای بخار سدیم کم فشار



شکل 4: طیف نوری ساطع شده در (LPS)

$$\# \text{ years} = 18000/4100=4.4 \text{ years}$$

از مزایای این لامپ توان کار کردن در رنج دمایی بالا ($C 40^{\circ}$ - $C 10^{\circ}$) ولی با توجه به تابش تنها طیف نوری زرد از مطلوبیت این لامپ در برخی موارد کاسته می شود ضمن آنکه رده ی توانی محدودی را نیز دارا می باشد.

لامپهای بخار جیوه (HID) بر خلاف نوع قبلی با توجه به جدول ذیل شار نوری این نوع لامپ با توان لامپ بستگی مستقیم دارد.

توان	شار نوری	بهره (نوری) لامپ +بالا (ست)	مصرف انرژی سالانه
۱۷۵	۷۱۴۰	۳۵	۸۴۱
۲۵۰	۱۰۵۴۰	۳۷	۱۱۶۹
۴۰۰	۱۸۵۷۰	۴۱	۱۸۶۶
۷۰۰	۲۹۸۵۰	۳۹	۳۱۳۷
۱۰۰۰	۴۶۲۰۰	۴۲	۴۴۶۹

جدول 4: بهره ی نوری لامپهای بخار جیوه

$$\# \text{ years} = 20000/4100=4.9 \text{ years}$$

با توجه به رنج ۲۴۰۰۰-۱۶۰۰۰ ساعت کارکرد: $\# \text{ years} = 20000/4100=4.9 \text{ years}$ لامپهای متال هالید که دارای کارکردی مشابه لامپهای بخار جیوه می باشد. بهره نوری و همچنین طول عمر این نوع لامپ بسته به کارخانه سازنده و توان آن بسیار متفاوت است و از ۷۵۰۰ ساعت تا بیش از ۲۰۰۰۰ ساعت کارکرد می تواند تغییر نماید. طیف نور مناسب، طول عمر و بازده نوری برتری این لامپ می باشد ولی در حال حاضر از مطلوبیت کمتری نسبت به لامپ های پر فشار

یکی از راههای جلوگیری از چشم زدگی افزایش ارتفاع نصب پایه روشنایی است. (جدول زیر نحوه طراحی و تنظیم ارتفاع , جهت حذف چشم زدگی برای چراغهای نوع II و III (semi cutoff fixture) در یک طرح اجرایی نشان می دهد.

طرح مسیر با فاصله ۱.۵ متر از کنار جاده			
عرض جاده (m)	توان نامی چراغ	نوع چراغ	حداکثر فاصله پایه ها (m)
۷.۲	۲۵۰	II-M-S	۸۵
۱۰.۸	۲۵۰	III-M-S	۸۰
۱۴.۴	۲۵۰	III-M-S	۷۰
۱۴.۴	۴۰۰	III-M-S	۹۰
۱۸	۴۰۰	III-M-S	۹۰
۲۱.۶	۴۰۰	III-M-S	۵۵

جدول ۸: چراغهای نوع semi-cutoff, M_S

یکی دیگر از روشهای بکار گرفته شده جهت حذف چشم زدگی در تجهیزات روشنایی جهت دادن شار نوری در جهات مورد نظر حذف شارش نور در صفحه افق و به طرف نیمکره ی بالایی تجهیزات روشنایی می باشد. جهت در یافت اینکه چگونه پدیده های (glare) یا چشم زدگی و (light trespass) یا شارش نور در جهات غیرهدفمند و نیز (eclipsing shadows) از عوامل مهم در اتلاف انرژی الکتریکی و ایجاد آلودگی نوری (Light Pollution) هستند که همه اینها بر ضعف طراحی روشنایی دلالت داشته که مهمترین آنها چشم زدگی (glare) می باشد تعاریف ارائه شده را بررسی می نماییم .

در دانش مهندسی روشنایی چشم زدگی منجر به ضعف دید و احساس ناراحتی در تشخیص اشیا و محیط اطراف می شود.

همانطور که در شکل ۷ دیده می شود مسخه ی توزیع نور از یک فیکساتور که به طور تجربی تهیه شده است را نشان میدهد . نمودار فوق مقادیر توزیع شار نوری بیانگر درصد توان خروجی چراغ که بر حسب لومن بر محدوده ی تابیده شده می باشد با کاهش glare و light trespass میتوان بازده روشنایی بدست آمده از واحد توان الکتریکی داده شده را افزایش داد. بیشتر تجهیزات نصب چراغهای روشنایی با توجه به آمار گرفته شده از شهر رشت از نوع شکل می باشند که متداول ترین آن ریفرکتوپک های ۲۵۰ وات می باشد. شکل زیر منحنی (Horizontal isofootcandle chart) را برای یک نوع از لوازم نصب چراغ ۲۵۰ وات HPS بر اساس مشخصات داده شده توسط کمپانی تولید کننده داده شده است. در این نوع تجهیزات موقعیت قرار گرفتن چراغ در نقطه صفر مرکز دیاگرام می باشد و شماره های (۱ ۲ ۳ و غیره) نشان دهنده ی فاصله افقی از چراغ بر حسب ارتفاع نصب هر ۳۰ ft می باشد. و خطوط منحنی داخل چارت مقادیر روشنایی در اطراف پایه روشنایی با همان نسبت فاصله می باشد. بنابراین مقدار روشنایی در فاصله ی یک متری از چراغ نصب شده در ارتفاع ۱۲ متری یک footcandle است.

به سادگی می توان اظهار داشت که تنها فلسفه حاکم در تأمین روشنایی خیابانها و معابر در گذشته با توجه به امکانات و بودجه های تخصیصی تعیین می شد و طرح مباحث و دیدگاه هایی در زمینه بازده بیشتر نور و مصرف انرژی کمتر در آن نقشی نداشته است . امروزه طراحی روشنایی معابر با هدف کاهش تلفات انرژی نورانی با دیدگاه بازدهی بیشتر به منظور کاهش انرژی الکتریکی مصرف شده راهکارهای علمی و دستاوردهای تکنولوژیکی بیشتری را جهت دست یابی به این هدف در اختیار کارشناسان این فن قرار داده است. بر اساس تحقیقات انجام شده توسط انجمن بین المللی International Dark – Sky طراحی و اجرای ضعیف طرحهای روشنایی معابر و ایجاد چشم زدگی و تابش نور در جهت هایی غیراز محدوده ی مورد هدف تابش نور باعث اتلاف انرژی نورانی به میزان ۳۰ تا ۳۵ درصد می شود که بیشترین بخش آن به علت طراحی نادرست لوازم نصب چراغهای روشنایی می باشد. در حالیکه تاکنون انجمن مهندسی روشنایی آمریکا میزان توان استاندارد مورد نیاز جهت تأمین انرژی نورانی در خیابانها و مسیره های عمومی را ۳۵ وات بر متر مربع تعیین نموده بود هم اکنون با تغییراتی که در طراحی پایه ها و تجهیزات روشنایی صورت گرفته است امکان تغییر این استاندارد به میزان ۱۰ وات بر مترمربع نیز مورد تأیید و باز نگری این انجمن واقع شده است. بر اساس استاندارد تعیین شده توسط انجمن مهندسی روشنایی آمریکا شدت روشنایی برای انواع جاده ها به شرح ذیل تعریف شده است که با توجه به حجم ترافیک و سایر فاکتورها تا حدودی تغییر می نماید. جدول زیر میزان روشنایی را به طور خلاصه نشان می دهد.

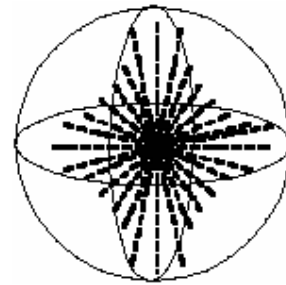
نوع خیابان	روشنایی متوسط (footcandles)	نسبت یکنواختی (متوسط به حداقل)
آزادراه / بزرگ راه	۹	۳:۱
جاده ی اصلی	۱۳	۳:۱
جاده ی فرعی	۹	۴:۱
جاده های مسیر های مسکونی	۴	۶:۱

جدول 7 : استاندارد سطح روشنایی جاده ها

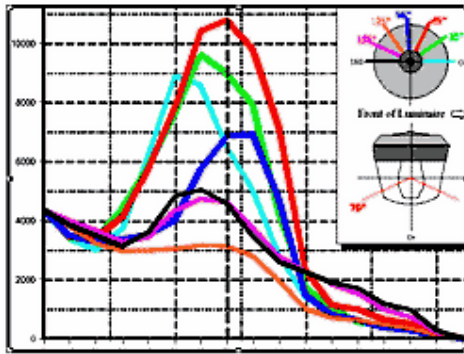
چشم زدگی (glare)

بر اساس تعریف (5) IES Lightning Handbook و انجمن مهندسان روشنایی آمریکا پدیده ی خیرگی که بر بینایی اثر می گذارد دو حالت دارد , "Blinding" و "Glare" که عبارت است از کاهش قدرت دید انسان در دریافت اشیا به دلیل تابش نور زیاد و متمرکز در فضای تاریک و به عبارت بهتر ناتوانی کامل چشم در دریافت اشیا و "Discomfort Glare" باعث ناراحتی چشم شده و سبب ندیدن اشیا در اطراف منبع نور نمی گردد. چشم زدگی نوع اول که در نتیجه طراحی و اجرای نادرست روشنایی معابر بوجود می آید مهم ترین عامل در طراحی روشنایی خیابانها با توان بیشتر الکتریکی جهت حذف این پدیده می باشد. جهت درک بهتر این پدیده شکل ...را که نشان دهنده ی نحوه توزیع نور در یک پایه ی روشنایی معمولی است بررسی می کنیم. با تابش نور در زاویه ی بیش از ۷۰ درجه نسبت به محور قائم و به عبارتی تابش نور در سطح افقی و در ارتفاع کم این پدیده حادث می شود.

عمودی اندازه گیری شده در زوایای افقی مختلف نشان می دهد. از دیدگاه محیطی محفظه هایی با زاویه ی قطع حداکثر ۷۰ درجه سی و پنج درصد نور را به بالاتر از این حد زاویه ای تابانده و باعث هدر رفتن انرژی نوری در راستای غیر ضرور می باشد. بسیاری از تجهیزات نصب چراغ که اصطلاحاً semi-cut-off نامیده شده اند اگر چه تابش کمی در زاویه ۹۰ درجه تعریف شده در فوق دارد ولی از نظر استاندارد تعریف شده توسط انجمن روشنایی آمریکا استاندارد لازم جهت حذف کامل تابش در جهت های بالا را دارا نمی باشند.



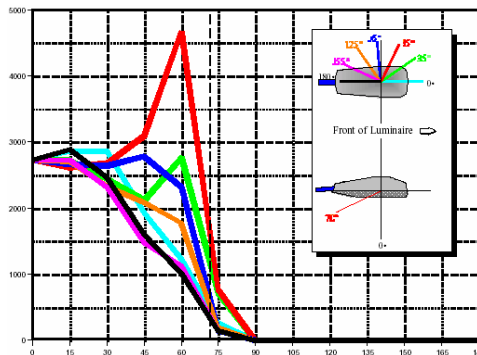
شکل 6: توزیع نور در صفحات افقی و عمودی محور لامپ



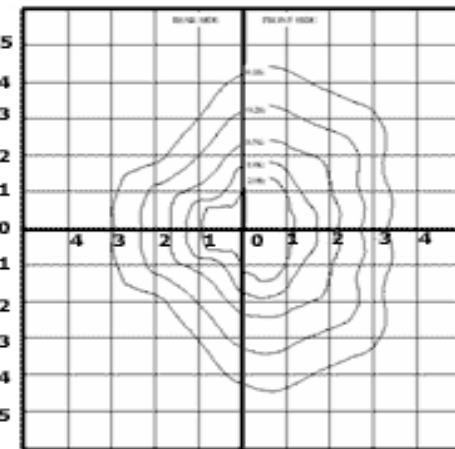
شکل 9: منحنی پخش عمودی نور برای لامپ ۲۵۰ وات (HPS)

انتخاب تجهیزات جدید نصب چراغهای روشنایی ضمن حذف پدیده های glare, light trespass, افزایش بازده نوری و بهره وری انرژی را فراهم می کند. استفاده از اینگونه محفظه ها در بعضی از مناطق امکان استفاده از لامپهای با توان ورودی کمتر و کاهش ارتفاع پایه ها جهت استفاده بهتر از شار نوری را فراهم می سازد. با جابجایی تجهیزات روشنایی موجود با انواع جدید آن که با عنوان full cutoff fixtures شناخته شده اند ضمن کاهش انرژی ورودی چراغها می توان استاندارد تعیین شده توسط IESNA را نیز فراهم نمود.

شکل زیر مشخصات فنی و روشنایی مربوط به دو نوع از تجهیزات روشنایی که توسط کمپانی سازنده آن تحت عنوان full cutoff fixtures طراحی و اجرا شده اند را ارائه می دهد. ویژگی اینگونه تجهیزات حذف کامل تابش نور در صفحه ی افق و نیمکره ی بالای منبع روشنایی می باشد در رنج ۷۰ تا ۴۰۰ وات نیز طراحی و اجرا شده اند.

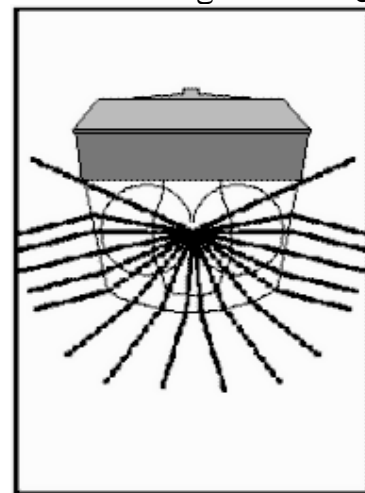


شکل 10: زاویه ی قطع نور برای چراغهای Full cutoff



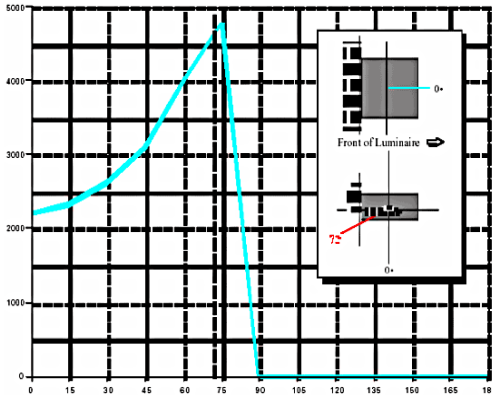
شکل 7: منحنی پخش نور برای لامپ ۲۵۰ وات سدیم پر فشار

شکل ۸ نوعی از این گونه لوازم نصب را همراه با منحنی توزیع نور آن نشان می دهد. همان طور که در این شکل دیده می شود تقریباً نود درصد از نور تابشی به اطراف محفظه ی نصب چراغ تابیده می شود ضمن آنکه زاویه ی Cut off کمی داشته است.



شکل 8: چراغ با نصب عمودی و نحوه پخش نور

این شکل که توسط کمپانی سازنده ی این نوع لامپهاکه عمدتاً به روش تجربی اندازه گیری می شود تهیه شده است بیانگر آن است که بیشترین تابش نور در زاویه ی ۵۰ تا ۱۰۰ درجه از صفحه محور قائم لامپ می باشد. منحنی رسم شده در سمت راست گراف 9 میزان تابش



شکل 14: زاویه ی قطع نور در نوعی چراغ دیواری

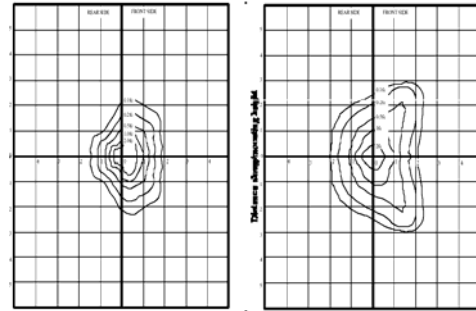


شکل 15: چراغهای روشنایی متداول در استان گیلان (۶)

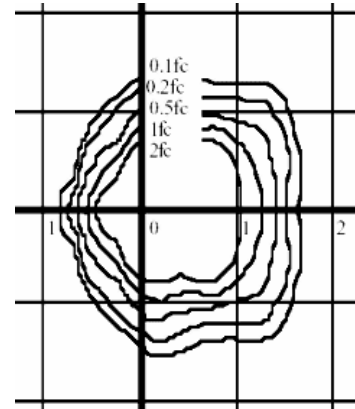
نتیجه: با بررسی و مطالعه ی تجهیزات موجود در سطح استان مشخص می گردد که این بخش از تأمین سیستم روشنایی پتانسیل بسیار بالایی در بهره وری انرژی نسبت به بحث مربوط به چراغهای روشنایی دارا می باشد.

اجرای طرح روشنایی معابر

طرحهایی روشنایی معابر در کشور ما عمدتاً از الگویی ثابت و بدون تغییر پیروی می کند. پایه های روشنایی تنها طرح استاندارد و پذیرفته شده در اجرای طرح روشنایی می باشد ولیکن در شرایطی و مکانهایی امکان استفاده از روشهای دیگر در اجرای طرح امکان پذیر می باشد. استفاده از کابل اگرچه ایده ای نو نمی باشد ولی تا کنون نتوانسته است جایگاه مناسبی در طراحی شبکه روشنایی به دست آورد. شکل زیر پل ارتباطی بین دو شهر آستانه و لاهیجان می باشد که از طرح پایه ای برای روشنایی آن استفاده شده است چنانچه طرح مذکور با طرح شکل ... و با استفاده از کابل اجرا میشد با توجه به اینکه تابش مستقیم و از موقعیت عمود بر جاده ضمن حذف پدیده های ذکر شده که خود از عوامل مهم در کاهش کیفیت درست تابش نور است باعث افزایش بهره وری در توان استفاده شده در تأمین روشنایی می شود. در مسیر اشاره شده و محاسبه میزان نور مستقیم تابیده شده بر سطح جاده نسبت به طرح موجود اگرچه در نصب تعداد پایه های بکار گرفته شده در اطراف جاده تغییر چندانی ایجاد نمی کرد ولی با کاهش ارتفاع پایه ها و توان چراغهای بکار رفته انرژی مصرفی تا میزان یک سوم کاهش به همراه خواهد داشت. این نوع طراحی در مسیرها کم عرض و دارای ساختمانهای دو طرفه با ارتفاع مناسب حتی نیاز به استفاده از پایه های روشنایی

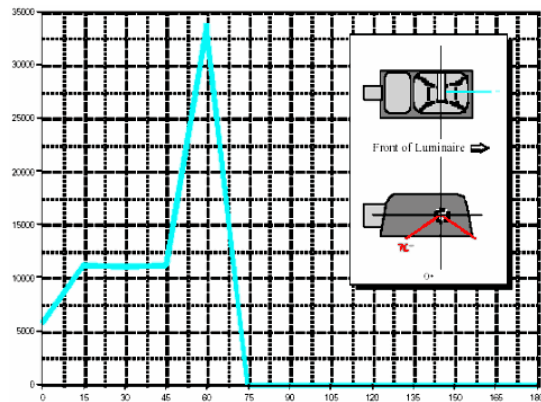


شکل 11: منحنی پخش نور برای دو نوع چراغ Full cutoff



شکل 12: منحنی پخش نور در چراغهای رایج

بر اساس مشخصات ارائه شده توسط کمپانی سازنده تقریباً تمام شار نوری به طرف زمین جهت داده شده است و هر تابشی با زاویه ی ۹۰ و بالاتر بطور کامل در این نوع تجهیزات حذف شده است که در مقایسه با انواع موجود سی و پنج درصد کاهش تلفات نوری را نشان می دهد. در بعضی از انواع زاویه ی cut off حتی از این مقدار هم کمتر و یا به عبارت بهتر تیزتر می باشد و در زاویه ی ۷۵ هیچگونه تابشی صورت نمی گیرد.

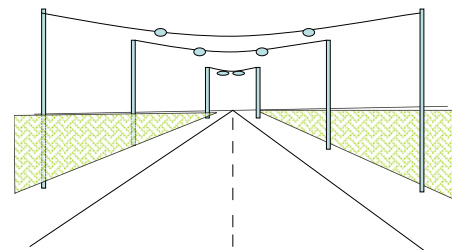


شکل 13: زاویه قطع نور در نوعی چراغ پایه ای

نداشته و با اتکا به دیواره های جانبی ساختمانها قابل اتصال می باشد.



شکل 16: طرح روشنایی پل آستانه لاهیجان با استفاده از پایه ها



شکل 17: ارائه طرح جایگزین با روشهای متداول

بخشهای درگیر این صنعت می باشد. اجرای طرحهای روشنایی معابر باید با انعطاف بیشتری نسبت به امکانات موجود انجام شود.

با تحلیل سه جنبه مختلف و مهم در تأمین روشنایی معابر و در پایان به این نتیجه خواهیم رسید که بکار بردن و یا جایابی فیکساتورهای موجود با انواع جدیدی به نام Full Cutoff Fixtures که قابلیت انتقال تمامی نور تابشی به طرف پایین را دارد مزیت بیشتری نسبت به دو جنبه دیگر از حیث بهره وری انرژی دارا می باشد زیرا که در اثر این تغییر میتوان با استفاده از لامپهای با وات کمتر انرژی الکتریکی کمتری را با حذف تلفات و بازدهی نوری بیشتر فراهم نمود. و در واقع با جایگزینی فیکساتورهای جدید و در سطح گسترده بیشترین تاثیر را در کاهش تلفات سیستم روشنایی شهری حاصل خواهد آمد ضمن آنکه اجرای طرحهای روشنایی نیز به باز نگری اساسی نیاز دارد.

مراجع

1. Communities Initiate Steps to Illuminate Streets, Not Skies; International Dark-Sky Association Information Sheet Number 60; March, 1993

۲. مهندسی روشنایی ، دکتر حسن کلهر ، بهار ۱۳۶۵

3. IES Lighting Handbook; Illuminating Engineering Society of North America, 1993 edition

۴. آمار تفصیلی وزارت نیرو سال ۱۳۸۵

5. Helms, Ronald N. and M. Clay Belcher, Lighting for Energy-Efficient Luminous Environments

۶. روابط عمومی برق گیلان

نتیجه گیری

روشنایی معابر علیرغم آنکه نسبت به سایر بخشهای طراحی و اجرای تاسیسات برقی به دلیل استاندارد و تیپ شدن طرحها و عدم نیاز به طراحی در بیشتر موارد نسبتاً ساده تر انگاشته می شود ولی با توجه به اینکه تأمین صحیح روشنایی در برگیرنده چندین فاکتور مهم از جمله استانداردهای شهرسازی ، زیست محیطی، بهره وری انرژی و ایمنی آن را از اهمیت خاصی برخوردار می سازد، در این مقاله سعی شده است که به تأمین روشنایی فضای آزاد و بویژه مسیرهای عمومی از زوایای مختلف توجه کرده و ضمن ارائه استانداردهای نوین در طراحی که هم از جنبه محیط زیست و هم از حیث بهره وری انرژی مورد نظر کارشناسان این علم در سطح جهان قرار گرفته است و با ارائه ی نمونه های واقعی از سیستم موجود به چالش گرفته و جنبه های مختلف قوت و ضعف آن را طرح و استنتاج شود..

با تغییر استانداردهای نوین شهرسازی سیستم طراحی متداول نیز نیاز به بازبینی دارد. تلاش کارشناسان این بخش از صنعت در ارائه ی طرحهای جدید و یا جایگزین باید منطبق بر استانداردهای نوین بوده و علیرغم آنکه طرحهای روشنایی معابر در کشور ما عمدتاً از الگوی ثابت و بدون تغییر پیروی می کند لیکن میتوان با ایجاد دیدگاه های جدید در این بخش از صنعت برق نیز تحولی بوجود آورد.

استقلال شرکتهای توزیع و خروج از دیدگاه های پیمانکاری به طور بنیادین نیازمند برخورد علمی با کلیه