بسمه تعالی

جمهوری اسلامی ایران

وزارت نیرو

شرکت سهامی تولید و انتقال نیروی برق ایران

(توانیر)

معاونت تحقیقات و تکنولوژی

دفتر استانداردها

استاندارد روشنایی معابر

جلد اول : مبانی محاسبات روشنایی معابر

تهیه کننده : گروه مطالعات توزیع - بخش برق - مرکز تحقیقات نیرو (متن)

دی ماه ۱۳۷۴

آدرس : تهران - میدان ونک - خیابان شهید عباسپور - ساختمان مرکزی

صندوق پستی ۶۴۶۷ - ۱۴۱۵۵ تلفن ۲۱۴۲۲۹۶ فاکس ۸۰۱۷۷۴۰

فصل اول

تعاریف و مفاهیم

مقـــدمـه

جزوه حاضر جلد اول از گزارش سه‌جلدی استاندارد روشنایی معابر که محدوده آن شامل معابر ذکر شده در آیین‌نامه طراحی هندسی معابر شهری (مصوب شورای عالی معماری و شهرسازی) است می‌باشد و به بررسی تعاریف و مفاهیم اولیه فن روشنایی و همچنین مبانی تئوریک طراحی و محاسبات روشنایی معابر اختصاص دارد و در دو فصل تهیه شده است. در فصل اول تعاریف کمیتهای اصلی روشنایی مطرح و ارائه گشته و در فصل دوم روش محاسبه و طراحی روشنایی معابر توضیح داده شده است.

این جزوه، به عنوان مبانی استاندارد روشنایی معابر محسوب می‌گردد و در حقیقت پیش نیازی جهت آشنایی با مشخصات یک سیستم روشنایی مناسب و پارامترهای موثر در این سیستم می‌باشد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
فصل اول - تعاریف و مفاهیم	
۱-۱- تعاریف کمیتهای اصلی روشنایی	۳
۱-۲- منحنی‌های مورد استفاده در محاسبات روشنایی	۴
فصل دوم - روش محاسبه و طراحی روشنایی معابر	
۲-۱- مشخصات کلی سیستم روشنایی معابر	۷
۲-۲- محاسبات روشنایی معابر	۸
مراجع	۱۴

۱-۱- تعاریف کمیتهای اصلی روشنایی

در این قسمت از گزارش تعاریف کمیتهای اصلی روشنایی را بررسی می‌کنیم.

۱- شار یا جریان نوری[1] (ϕ): کلیه تشعشات یک منبع نور توسط چشم قابل رویت نیست و با توجه به منحنی حساسیت چشم، قسمتی از تشعشات الکترومغناطیسی یک منبع نور قابل رویت است. شار نوری عبارت است از توان تشعشعات الکترومغناطیسی قابل رویت که از منبع نور خارج شده باشد. واحد اندازه‌گیری شار نوری لومن[2] (L_m)است.

۲- ضریب بهره نوری(η): ضریب بهره‌نوری یک منبع نور برابر است با نسبت شار نوری خروجی از منبع به توان الکتریکی آن. این ضریب یکی از پارامترهای مهم لامپ می‌باشد و واحد آن لومن بروات است.

$$\eta = \frac{\text{شار نوری}}{\text{توان الکتریکی}} \qquad (۱-۱-۱)$$

۳- شدت نور[3](I) : شدت نوربرابراست با تراکم شارنوری در فضا و یا نسبت شارنوری به زاویه فضایی.

$$I = \frac{d\phi}{d\omega} \qquad (۱-۱-۲)$$

واحد شدت نور، کاندل[4] است. طبق تعریف هرگاه در زاویه فضایی یک استرادیان جریان نوری یک لومن وجود داشته باشد شدت نور دراین فضا یک کاندل است. زاویه‌فضایی زاویه‌ای است که راس آن درمرکز یک کره باشد و اندازه آن برابر نسبت سطحی که از کره جدا می‌کند به مجذور فاصله سطح از مرکز کره است. استرادیان زاویه فضایی است که از سطح کره‌ای به شعاع یک متر، سطحی برابر یک مترمربع جدا می‌کند.

۴- درخشندگی یا تراکم نور[5] (L) : درخشندگی برابر است با نسبت شدت نور ساطع شده از معبر به مولفه

1- Luminous Flux
2- Lumen
3- Luminous Intensity
4- Candle
5- Luminance

سطحی که مورد تابش واقع شده است.

$$L = \frac{dI}{dA} \qquad (۳-۱-۱)$$

واحد درخشندگی، کاندل بر متر مربع یا نیت[1] است.

۵- شدت روشنایی[2] (E) : شدت روشنایی در یک نقطه واقع بر یک سطح برابر است با نسبت شار نوری به جزء کوچک سطح، که نقطه در آن واقع است.

$$E = \frac{d\phi}{dA} \qquad (۴-۱-۱)$$

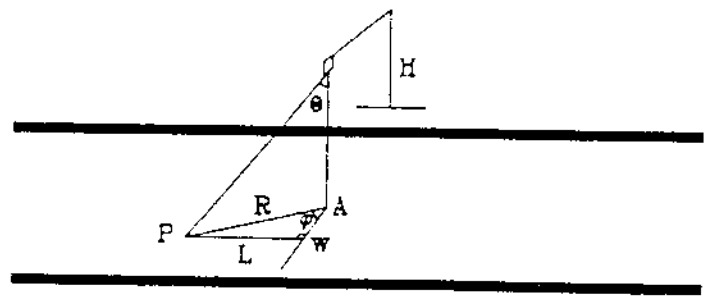
واحد روشنایی، لوکس[3] است که طبق تعریف برابر است با مقدار روشنایی که جریان نوری یک لومن بر روی سطح یک متر مربع ایجاد می‌کند

۱-۲- منحنی‌های مورد استفاده در محاسبات روشنایی

منحنی‌های قابل استفاده در محاسبات روشنایی معابر عبارتند از :

۱- منحنی ایزولوکس : این منحنی مکان هندسی نقاطی از معبر که شدت روشنایی یکسان دارند را نشان می‌دهد. موقعیت هر نقطه از معبر با مشخص بودن نسبتهای L/H و W/H تعیین می‌شود. W، L و H در شکل (۱-۱) نشان داده شده‌اند.

1- Nit
2- Illumination
3- Lux



شکل ۱-۱

۲- منحنی‌های ایزوکاندل : جهت مشخص نمودن کیفیت توزیع شدت نور در جهات مختلف فضا، از منحنی‌های ایزوکاندل استفاده می‌شود. برای هر نقطه با تعیین زوایای φ و Θ ، که در شکل (۱-۱) نشان داده شده‌اند، می‌توان شدت نوری را که به آن نقطه می‌رسد از منحنی ایزوکاندل استخراج نمود. این منحنی‌ها شدت نور به ازای شار نوری ۱۰۰۰ لومن را نشان می‌دهند.

۳- منحنی ضریب بهره[1] (cu) : درصدی از کل شار نوری که توسط لامپ تولید می‌شود در چراغ تلف شده و بقیه آن به دو بخش تقسیم می‌شود. بخش اول شامل شاری است که به سطح خیابان می‌رسد و بخش دوم شامل شاری است که به محیط اطراف خیابان می‌تابد. از آنجا که در خیابان سطوح انعکاس وجود ندارد شدت روشنایی هر نقطه تنها ناشی از تابش مستقیم نور به آن نقطه است و مقدار تابش نور به هر نقطه با محاسبه ضریب بهره به دست می‌آید. ضریب بهره در واقع نسبت شار نوری تابیده شده به یک نقطه از خیابان به کل شار نوری لامپ است. با تعیین نسبت W/H (W عرض معبر و H فاصله عمودی چراغ از سطح خیابان است) برای هر نقطه می‌توان ضریب بهره در آن نقطه را از منحنی ضریب بهره بدست آورد.

1- Utilization Curve

فصل دوم

روش محاسبه و طراحی روشنایی معابر

۲-۱- مشخصات کلی سیستم روشنایی معابر

یک سیستم روشنایی معابر باید دارای خصوصیاتی باشد که به ترتیب به ذکر آنها می‌پردازیم.

۲-۱-۱- ایجاد روشنایی کافی در سطح خیابان

شدت روشنایی لازم جهت معابر بستگی به وضعیت محل، میزان عبور و مرور عابرین، سرعت و حجم ترافیک شبانه دارد. از آنجا که در زیر چراغهای ثابت خیابانی رانندگان معمولا" اجسام را به صورت اشیاء تیره در مقابل زمینه روشنی که به علت درخشندگی خیابان و اطراف آن ایجاد می‌شود مشاهده می‌کنند درخشندگی سطح خیابان (و در نتیجه ضریب انعکاس آن) اهمیت زیادی دارد. در بعضی از استانداردها با تعریف ضرایبی برای نوع آسفالت خیابان، شدت روشنایی لازم در آنها با استفاده از ضرائب مذکور و شدت لازم با فرض استفاده از آسفالت معمولی محاسبه می‌شود.

لازم به ذکر است که در طراحی روشنایی برای محلهایی همچون تقاطعها، پلها، پیچها، شیبهای تند، میادین و دیگر نقاطی که سابقه تصادف وسایل نقلیه در آنها زیاد است شدت روشنایی متوسط باید بیش از مقادیر معمول آنها درنظر گرفته شود. در جلد سوم گزارش، جدول شدت روشنایی لازم جهت معابر مختلف با توجه به نوع معبر و نوع آسفالت آورده شده است.

۲-۱-۲- یکنواختی روشنایی در سطح خیابان

علاوه‌بر رعایت شدت روشنایی لازم، روشنایی معابر باید ازیکنواختی قابل‌قبولی نیز برخوردار باشد. دربعضی ازاستانداردها معیاریکنواختی برابر نسبت شدت روشنایی حداقل به متوسط در سطح خیابان قرارداده شده است، ولی دربعضی دیگر نسبت مذکور کافی دانسته نشده و علاوه برآن نسبت شدت روشنایی حداقل به حداکثر در سطح خیابان نیز به عنوان معیار یکنواختی تعریف و حدقابل قبول آن نیز مشخص شده است.

در جلد سوم گزارش جدول حداقل ضرایب یکنواختی در معابر مختلف آورده شده است.

۲-۱-۳- جلوگیری از چشم زدگی حاصل از نور لامپ

زمانی که اشعه مستقیم نور لامپ با شدت زیاد در محور دید رانندگان و عابرین قرار گیرد، ایجاد چشم‌زدگی می‌کند. چشم زدگی از مسائلی است که در طراحی روشنایی، به‌خصوص روشنایی معابر، باید از وقوع آن جلوگیری کرد زیرا چشم زدگی سبب کم شدن دید و ناراحتی عابرین و رانندگان گشته و خطر تصادف را به دنبال خواهد داشت. جهت جلوگیری از چشم‌زدگی حاصل از چراغهای خیابانی می‌توان با افزایش ارتفاع نصب پایه، نور زیاد را از محور دید رانندگان و عابرین خارج نمود. همچنین می‌توان با استفاده از چراغهایی که شدت نور حداکثر آنها در زوایای بزرگ نسبت به محور عمود چراغ که معمولا" در محور دید رانندگان قرار می‌گیرد اتفاق نمی‌افتد چشم زدگی را کاهش داد.

۲-۲- محاسبات روشنایی معابر

در محاسبات روشنایی معابر به‌علت فقدان سطوح منعکس کننده قابل توجه تنها روشنایی حاصل‌از تابش مستقیم منبع نور اهمیت دارد. شدت‌روشنایی متوسط‌اولیه برسطح خیابان ازرابطه (۲-۲-۱) به دست می‌آید:

(۲-۲-۱)

$$E_{av} = \frac{\varphi.CU}{L.W}$$

در رابطه فوق Φ شار نوری لامپ، CU ضریب بهره چراغ، L فاصله دوپایه متوالی و W عرض خیابان است. در محاسبات روشنایی اولیه فرض می‌شود که لامپ و چراغ طبق مشخصات نامی خود کار می‌کنند. از آنجا که با گذشت زمان روشنایی سطح خیابان براثر عواملی همچون کثیف شدن سطح چراغ و کم شدن نور لامپ کاهش می‌یابد شدت روشنایی متوسط سطح خیابان طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۲-۲-۲)

$$E_{av} = \frac{\Phi.CU.LLF}{L.W}$$

LLF ضریب کاهش نور براثر کارکردن و کهنه شدن لامپ و چراغ می‌باشد و به عوامل متعددی بستگی دارد که مهمترین آنها ضریب کاهش نور براثر کثیف شدن سطح چراغ (LDDF) و ضریب کاهش نور بر اثر فرسودگی لامپ (LLDF) هستند که به‌طور معمول به صورت منحنیهایی توسط سازندگان داده می‌شود. LDDF تابع عواملی همچون نوع محیطی که چراغ در آن نصب شده، حجم ترافیک، نوع وسایل نقلیه، نفوذ پذیری چراغ از گردوغبار و فاصله زمانی تمیز کردن چراغ است.

ضریب LLDF نسبت شار نوری لامپ در وسط عمر فعال به شار نوری اولیه لامپ است.

در طراحی روشنایی معابر ابتدا برای به دست آوردن فاصله پایه‌های متوالی جهت تامین شدت روشنایی متوسط لازم در سطح خیابان از رابطه (۲-۲-۳) استفاده می‌شود:

$$L = \frac{\varphi.CU.LLF}{E.W} \qquad (۳-۲-۲)$$

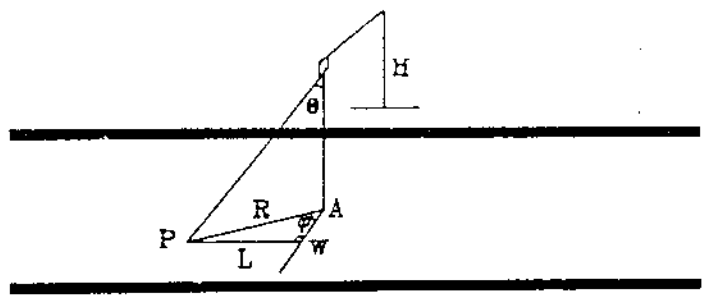
در رابطه فوق، E از جداول حداقل شدت روشنایی متوسط لازم برای معابر، که در جلد سوم گزارش آورده شده است، تعیین می‌شود و پارامترهای دیگر نیز از روی مشخصات لامپ، چراغ و خیابان تعیین می‌شوند. سپس مقدار L در صورتی که بنابه دلایلی همچون گرد کردن عدد به دست آمده تغییر داده شود، در رابطه (۲-۲-۲) قرار داده شده و مقدار شدت روشنایی متوسط محاسبه می‌شود.

در صورتی که شدت روشنایی محاسبه شده کمتر از حداقل مقدار لازم باشد، L را کمتر از مقدار اولیه آن انتخاب و مجددا"از رابطه (۲-۲-۲) استفاده‌می‌کنیم تا شدت روشنایی حاصله مساوی یابزرگتر از حداقل مقدارلازم آن به دست آید.

پس از تعیین فاصله بین دوپایه متوالی و مناسب بودن شدت روشنایی متوسط، محاسبه ضرایب یکنواختی باید انجام شود. در این محاسبه، شدت روشنایی نقاطی در سطح خیابان که می‌توانند شدت روشنایی حداکثر یا حداقل داشته باشند تعیین می‌شود که این با استفاده از منحنی پخش نور و یا منحنی ایزولوکس چراغ امکان‌پذیر است. به‌منظور محاسبه شدت روشنایی در یک نقطه از سطح خیابان مراحل زیر

انجام می‌شوند:

۱- باتوجه به‌فواصل طولی وعرضی نقطه‌ازتصویر چراغ روی سطح خیابان، زاویه φ تعیین می‌شود(شکل ۲- ۱):



شکل ۲-۱

در شکل ۲-۱، A تصویر چراغ روی سطح خیابان، P نقطه‌ای که شدت روشنایی در آن محاسبه می‌شود، L فاصله طولی و W فاصله عرضی نقطه P از A است. زاویه φ برابر است با

$$\varphi = tg^{-1} L/W \qquad (۲-۲-۴)$$

۲- از روی ارتفاع نصب پایه و فاصله نقطه P تا تصویر چراغ، زاویه Θ محاسبه می‌شود (شکل ۲-۱):

$$\Theta = tg^{-1} R/H \qquad (۲-۲-۵)$$

با مشخص شدن Φ و Θ و مراجعه به منحنی پخش نور چراغ، که شدت نور چراغ (I) در جهات مختلف را مشخص کرده است، شدت روشنایی در نقطه P از رابطه (۲-۲-۶) به‌دست می‌آید:

$$E = \frac{I(\theta,\phi)}{H^2}.Cos^3\theta \qquad (۲-۲-۶)$$

لازم به تذکر است که در محاسبه شدت روشنایی یک نقطه باید نور حاصل از چند چراغ مجاور که نقش قابل توجهی در روشنایی نقطه مذکور دارند را درنظر گرفت.

پس از محاسبه شدت روشنایی حداکثر و حداقل روی سطح خیابان، ضرایب یکنواختی محاسبه

می‌شوند. در صورتی که این ضرایب کمتر از حداقل‌های تعیین شده باشند باید پارامترهای طراحی همچون ارتفاع نصب پایه و فواصل نصب آنها را کاهش و محاسبات را با فرضیات جدید از ابتدا انجام داد. درصورتی که ضرایب یکنواختی در حد مجاز خود قرار گیرند طراحی روشنایی معبر قابل قبول و مناسب است. البته باید توجه داشت ملاحظات اقتصادی ایجاب می‌کند که ضرایب یکنواختی تا حدامکان به حداقل مقادیر آنها نزدیک باشد. پارامتر دیگری که مقدار آن پس از انجام محاسبات روشنایی باید کنترل شود خیرگی است. برای این پارامتر، که در جلد سوم گزارش به تفصیل در مورد آن صحبت شده است، حد بالایی براساس نوع معبر مشخص می‌شود. بنابراین مقدار خیرگی در یک طرح روشنایی نباید از حداکثر تعیین شده برای آن، که به نوع معبر بستگی دارد، بیشتر باشد زیرا در صورت افزایش خیرگی از حدبالایی آن، پدیده چشم‌زدگی برای رانندگان اتفاق می‌افتد که این مساله کاهش دید و قدرت تشخیص اشیا روی سطح خیابان را برای آنها به دنبال خواهد داشت. در این صورت باید با افزایش ارتفاع پایه‌ها و یا افزایش فاصله نصب دوپایه متوالی، محاسبات را از ابتدا انجام داد تا مقدار خیرگی در حد مجاز خود قرار گیرد. لازم به ذکر است که کنترل خیرگی توسط کنترل پارامتر دیگری به نام آستانه افزایش، که در جلد سوم گزارش تعریف و مفهوم آن مشخص شده است، انجام می‌شود بنابراین به منظور تنظیم مقدار خیرگی باید مقدار آستانه افزایش را در حد مجاز آن حفظ نمود.

آستانه افزایش توسط رابطه ۲-۲-۷ تعیین می‌شود:

$$T_I = \frac{V_F \cdot \varphi}{10(\bar{L}/MF)^{0.8}} \qquad (۲-۲-۷)$$

پارامترهای رابطه فوق عبارتند از:

φ : شار نوری اولیه لامپ بر حسب کیلو لومن

L : درخشندگی متوسط معبر

MF : ضریب نگهداری که برابر حاصل ضرب ضریب نگهداری چراغ و ضریب نگهداری شارلامپ است

V_F : حاصل ضرب درخشندگی ناشی از یک کیلو لومن شارلامپ و ضریب ثابت ۶۵۰

پس از انجام محاسبات روشنایی و مشخص شدن شدت روشنایی متوسط در سطح معبر، با استفاده از رابطه

$$\bar{L} = q\bar{E} \qquad (۸-۲-۲)$$

مقدار درخشندگی متوسط معبر محاسبه می‌شود. q ضریب درخشندگی سطح معبر است و به جنس و نوع آسفالت بستگی دارد. با تقسیم درخشندگی متوسط معبر به شار نوری لامپ و ضرب عدد حاصل در ضریب ثابت ۶۵۰، مقدار V_F به دست می‌آید.

بنابراین در صورتی که پس از طراحی روشنایی برای یک معبر، ضرایب یکنواختی و مقدار خیرگی در حدود مجاز خود قرار داشته باشند طرح قابل قبول است و در غیر این‌صورت باید با تنظیم مجدد پارامترها و انجام دوباره محاسبات، ضرایب یکنواختی و خیرگی را به سمت مقادیر مجاز هدایت نمود.

بنابراین طراحی روشنایی معابر مطابق مراحل زیر انجام می‌شود :

۱- انتخاب لامپ و چراغ مربوطه

۲- انتخاب پایه (ارتفاع، طول بازو، زاویه نصب).

۳- محاسبه فاصله چراغها.

۴- محاسبه شدت روشنایی متوسط براساس فاصله محاسبه شده در مرحله ۳.

۵- مقایسه شدت روشنایی محاسبه شده با مقدار استاندارد. در صورت کمتر بودن شدت روشنایی محاسبه شده از مقدار استاندارد، به مرحله ۱ می‌رویم.

۶- محاسبه ضرایب یکنواختی و مقایسه آنها با مقادیر استاندارد. درصورت کمتر بودن ضرایب محاسبه شده از مقادیر استاندارد به مرحله ۱ می‌رویم.

۷- مقایسه ضرایب آستانه افزایش با مقدار استاندارد جهت کنترل خیرگی. درصورت کمتر بودن ضریب محاسبه شده از مقدار استاندارد به مرحله ۱ می‌رویم.

۸- مقایسه درخشندگی متوسط سطح معبر با مقدار استاندارد. درصورت کمتر بودن درخشندگی متوسط از مقدار استاندارد به مرحله ۱ می‌رویم.

مراجـــع

1- BS 5489, "Road Lighting", Part 1, 1992.

2- BS 5489, "Road Lighting"., Part 2, 1992.

۳- دکتر حسن کلهر، "مهندسی روشنایی"، شرکت سهامی انتشار

۴- مهندس محمد مهدی مهدوی، "لامپها و محاسبات روشنایی فنی"