

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

دی ماه ۱۳۷۴

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

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

صندوق پستی ۶۴۶۷ - ۱۴۱۵۵ تلفن ۲۱۴۲۴۹۶ فاکس ۸۰۱۷۷۴۰

فصل اول

تعاريف و مفاهيم

مقدمه

جزوه حاضر جلد اول از گزارش سه جلدی استاندارد روشنایی معابر که محدوده آن شامل معابر ذکر شده در آیین نامه طراحی هندسی معابر شهری (مصوب شورای عالی معماری و شهرسازی) است می باشد 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 می گردد و در حقیقت پیش نیازی جهت آشنایی با مشخصات یک سیستم روشنایی مناسب و پارامترهای موثر در این سیستم می باشد.

فهرست مطالب

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

۱-۱- تعاریف کمیتهای اصلی روشنایی

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

۱- شار یا جریان نوری (Φ) : کلیه تشعشعات یک منبع نور توسط چشم قابل رویت نیست و با توجه به منحنی حساسیت چشم، قسمتی از تشعشعات 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 (L_m) است.

۲- ضریب بهره نوری (η) : ضریب بهره نوری 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.

$$\eta = \frac{\text{شار نوری}}{\text{توان الکتریکی}} \quad (1-1-1)$$

۳- شدت نور (I) : شدت نور برابر است با تراکم شارنوری در فضا و یا نسبت شارنوری به زاویه فضایی.

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} \quad (2-1-1)$$

واحد شدت نور، کاندل^۴ است. طبق تعریف هرگاه در زاویه فضایی یک استرادیان جریان نوری یک لومن وجود داشته باشد شدت نور در این فضا یک کاندل است. زاویه فضایی زاویه‌ای است که راس آن در مرکز 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^۵ (L) : درخشندگی برابر است با نسبت شدت نور ساطع شده از معبر به مولفه

1- Luminous Flux

4- Candle

2- Lumen

5- Luminance

3- Luminous Intensity

سطحی که مورد تابش واقع شده است.

$$L = \frac{dI}{dA} \quad (3-1-1)$$

واحد درخشندگی، کاندل بر متر مربع یا نیت است.

۵- شدت روشنایی (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.

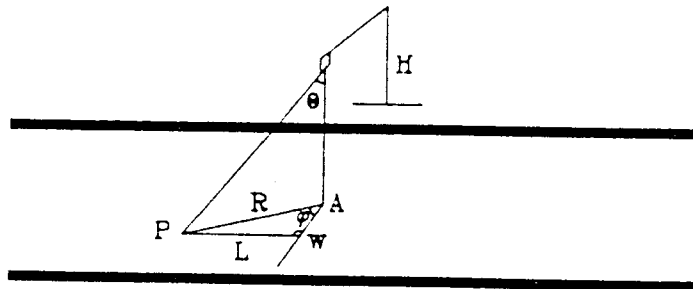
$$E = \frac{d\phi}{dA} \quad (4-1-1)$$

واحد روشنایی، لوکس است که ضیق 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.

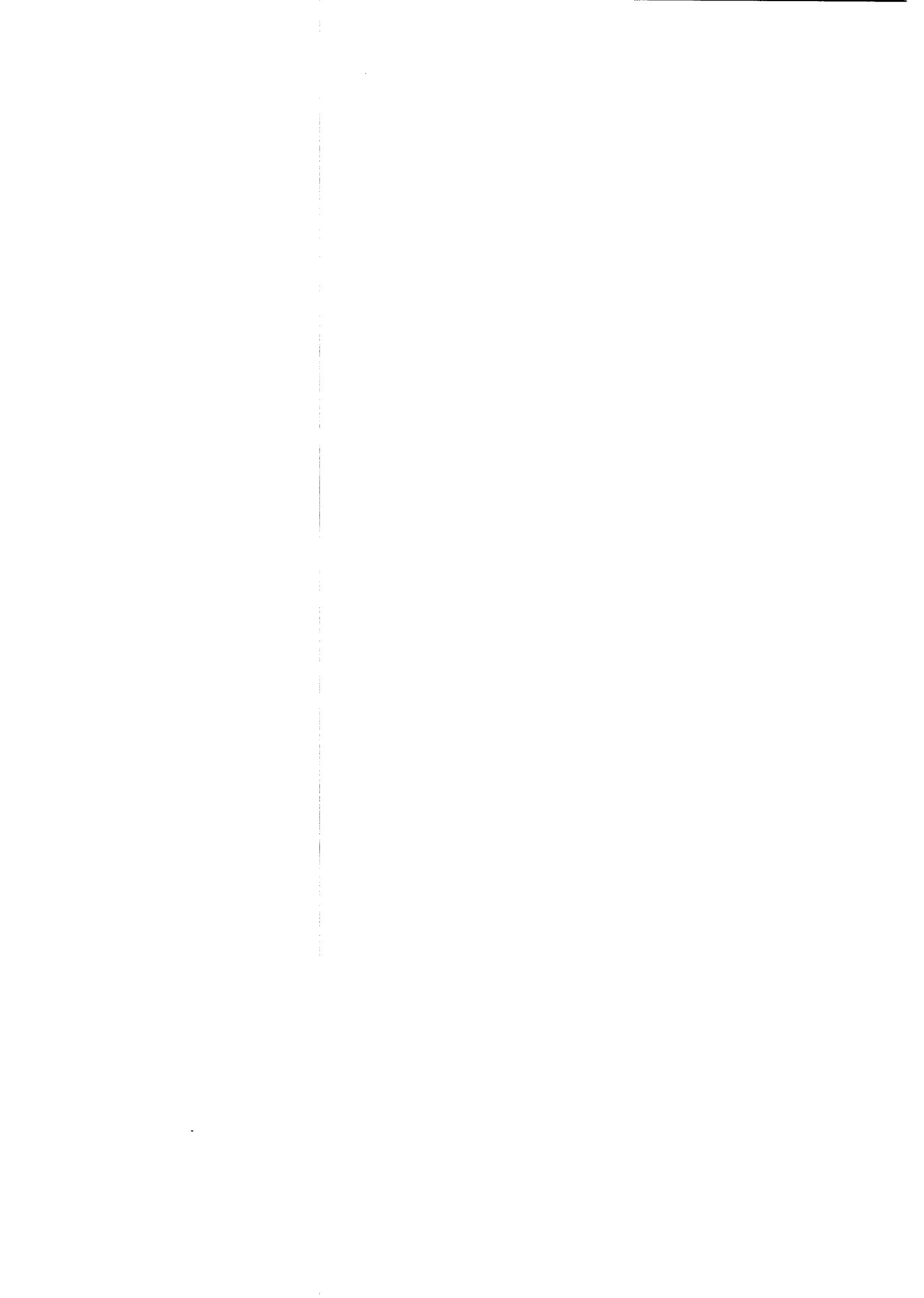


شکل ۱-۱

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 θ و φ ، 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.

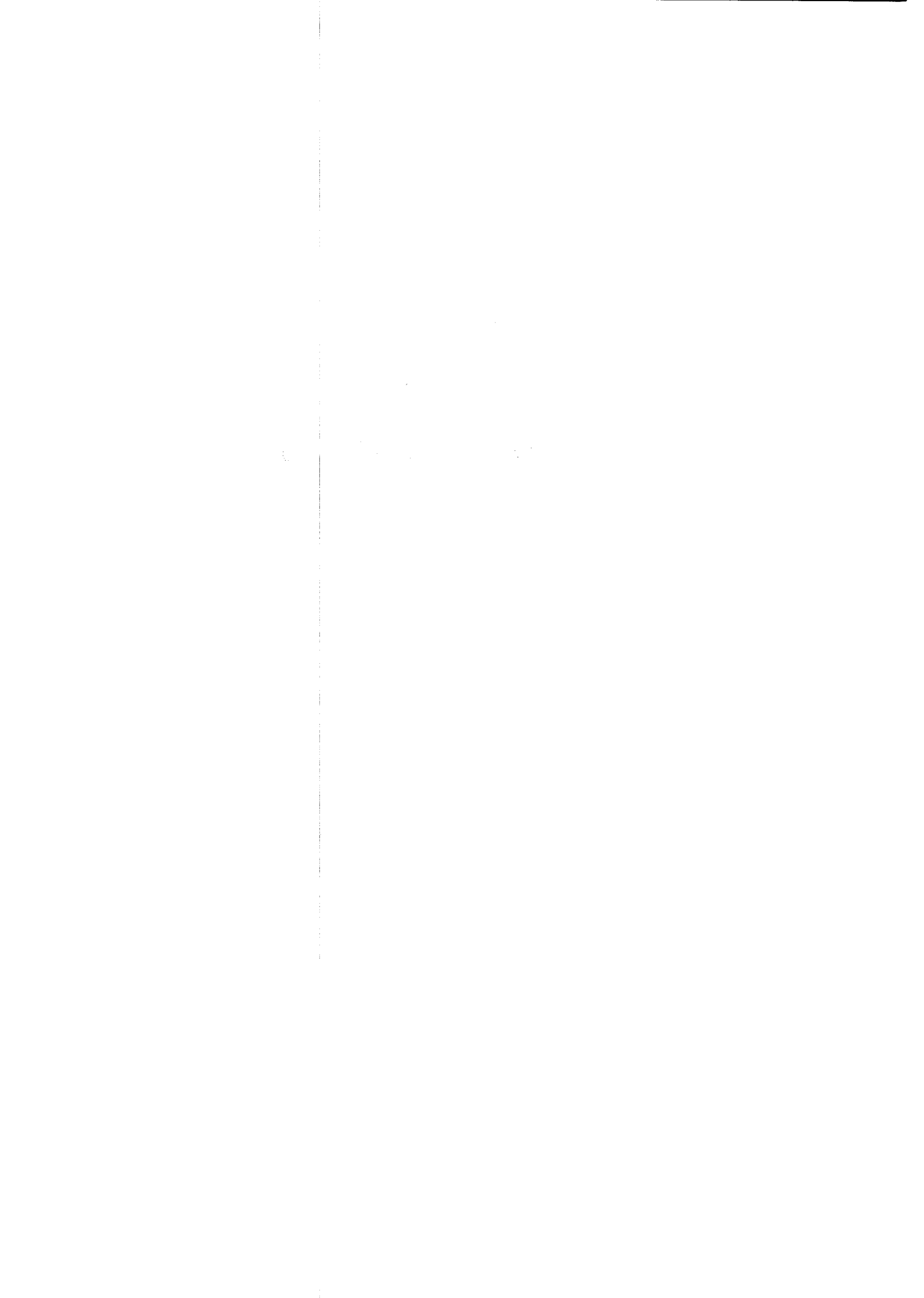
۳- منحنی ضریب بهره^۱ (CU) : درصدی از کل شار نوری که توسط لامپ تولید می‌شود در چراغ تلف شده و بقیه آن به دو بخش تقسیم می‌شود. بخش اول شامل شاری است که به سطح خیابان می‌رسد و بخش دوم شامل شاری است که به محیط اطراف خیابان می‌تابد. از آنجا که در خیابان سطوح انعکاس وجود ندارد شدت روشنائی هر نقطه تنها ناشی 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 (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.

۱- Utilization Curve



فصل دوم

روش محاسبه و طراحی روشنایی معابر



۱-۲- مشخصات کلی سیستم روشنایی معابر

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

۱-۱-۲- 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 معمولاً 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 در نظر 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

علاوه بر رعایت شدت روشنایی لازم، روشنایی معابر باید از یکنواختی قابل قبولی نیز برخوردار باشد. در بعضی از استانداردها معیار یکنواختی برابر نسبت شدت روشنایی حداقل به متوسط در سطح خیابان قرارداد شده است، ولی در بعضی دیگر نسبت مذکور کافی دانسته نشده و علاوه بر آن نسبت شدت روشنایی حداقل به حداکثر در سطح خیابان نیز به عنوان معیار یکنواختی تعریف و حداقل 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 چشم زدگی می کند. چشم زدگی از مسائلی است که در طراحی روشنایی، به خصوص 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 چشم زدگی حاصل از چراغهای خیابانی می توان با افزایش ارتفاع نصب پایه، نور زیاد را از محور دید رانندگان و عابرین خارج نمود. همچنین می توان با استفاده از چراغهایی که شدت نور حداکثر آنها در زوایای بزرگ نسبت به محور عمود چراغ که معمولاً "در محور دید رانندگان قرار می گیرد اتفاق نمی افتد چشم زدگی را کاهش داد.

۲-۲- محاسبات روشنایی معابر

در محاسبات روشنایی معابر به علت فقدان سطوح منعکس کننده قابل توجه تنها روشنایی حاصل از تابش مستقیم منبع نور اهمیت دارد. شدت روشنایی متوسط اولیه بر سطح خیابان از رابطه (۲-۲-۱) به دست می آید:

(۲-۲-۱)

$$E_{av} = \frac{\phi \cdot CU}{L \cdot W}$$

در رابطه فوق ϕ شار نوری لامپ، CU ضریب بهره چراغ، L فاصله دو پایه متوالی و W عرض خیابان است. در محاسبات روشنایی اولیه فرض می شود که لامپ و چراغ طبق مشخصات نامی خود کار می کنند. از آنجا که با گذشت زمان روشنایی سطح خیابان بر اثر عواملی همچون کثیف شدن سطح چراغ و کم شدن نور لامپ کاهش می یابد شدت روشنایی متوسط سطح خیابان طبق رابطه زیر محاسبه می شود:

(۲-۲-۲)

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

LLF ضریب کاهش نور بر اثر کارکردن و کهنه شدن لامپ و چراغ می‌باشد و به عوامل متعددی بستگی دارد که مهمترین آنها ضریب کاهش نور بر اثر 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 (۳-۲-۲) استفاده می‌شود:

$$L = \frac{\phi \cdot CU \cdot LLF}{E \cdot W} \quad (3-2-2)$$

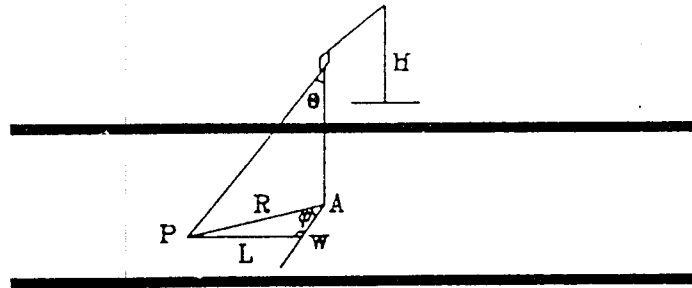
در رابطه فوق، E از جداول حداقل شدت روشنایی متوسط لازم برای معابر، که در جلد سوم گزارش آورده شده است، تعیین می‌شود و پارامترهای دیگر نیز از روی مشخصات لامپ، چراغ و خیابان تعیین می‌شوند. سپس مقدار L در صورتی که بنا به دلایلی همچون گرد کردن عدد به دست آمده تغییر داده شود، در رابطه (۳-۲-۲) قرار داده شده 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 مجدداً از رابطه (۳-۲-۲) استفاده می‌کنیم تا شدت روشنایی حاصله مساوی یا بزرگتر از حداقل مقدار لازم 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- با توجه به فواصل طولی و عرضی نقطه از تصویر چراغ روی سطح خیابان، زاویه φ تعیین می‌شود (شکل ۱-۲):



شکل ۱-۲

در شکل ۱-۲، 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

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

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

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

با مشخص شدن Θ و Φ 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 (۶-۲-۲) به دست می‌آید:

$$(۶-۲-۲)$$

$$E = \frac{I(\theta, \varphi)}{H^2} \cdot \text{Cos}^3 \theta$$

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 در نظر 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. در صورتی 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 حد امکان 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 حد بالایی 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:

$$T_1 = \frac{V_F \cdot \varphi}{10(\bar{L}/MF)^{0.8}} \quad (7-2-2)$$

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 شار لامپ است

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

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

از رابطه

(۸-۲-۲)

$$\bar{L} = q\bar{E}$$

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

۸- مقایسه درخشندگی متوسط سطح معبر با مقدار استاندارد. در صورت کمتر بودن درخشندگی متوسط از

مقدار استاندارد به مرحله ۱ می‌رویم.

مراجع

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"