## طراحی روشنایی محوطه‌ها

مهمترین تفاوت محیطهای سربسته و محوطه‌های باز ، وجود و عدم وجود سطوح انعکاسی است. در داخل اماکن یکی از عوامل توزیع روشنایی، بازتابش سطوح است که خود به عنوان منابع ثانویه در تامین روشنایی ایفای نقش می‌نمایند. در محوطه‌های باز اغلب تنها سطح بازتابشی، زمین است. فضاهای عمومی مانند پارکها، محوطه‌های تفریحی، پارکینگها، نمایشگاهها، محوطه‌های ورزشی، زمینهای ورزشی و فضاهای شغلی مانند کارگاههای روباز، معادن ، ایستگاههای پلیس از این جمله‌اند.

در طراحی روشنایی محوطه‌ای همان اصولی حاکم است که در طراحی داخلی و طراحی موضعی بیان گردید، اما ملاحظات ویژه‌ای نیز باید رعایت گردد که در این فصل به آن پرداخته می‌شود.

در این مبحث، اصول طراحی روشنایی محوطه ای تشریح می‌گردد ولی به دلیل تنوع اهداف و شرایط نیاز مختلف برای طراحی روشنایی محوطه‌ای لازم است که طراح با رعایت تمام ملاحظات فنی، جنبه‌های ارگونومیک و هنری به گونه‌ای عمل نماید که علاوه بر تامین شدت روشنایی مورد نیاز روی سطوح، جنبه‌های روانی و تامین راحتی افراد استفاده کننده را نیز فراهم آورد. خوانندگان محترم استفاده از محوطه‌های تفریحی خصوصاً پارکها، در زیر نور چراغهای سدیمی را که دارای

رنگ‌دهی پایین هستند را هنگام صرف غذا تجربه نموده‌اند استفاده کامل از مواهب بصری طبیعت ، مستلزم وجود طیف کامل رنگ نور محوطه می‌باشد.

## روشنایی مطلوب محوطه‌ها

سیستم تامین روشنایی محوطه‌ای باید از جنبه‌های ارگونومی،ایمنی،بهداشتی، روانشناسی و هنری به گونه‌ای طراحی شود که ضمن رعایت اصول فنی،از نظر زیبایی و تناسب، راحتی استفاده‌کنندگان را تامین نماید. روشنایی مطلوب محوطه‌ها باید خصوصیات زیر را دارا باشد:

- متوسط شدت روشنایی ناشی از منابع، باید حداقل نیاز استفاده‌کننده را برآورده نماید.
- از منابع روشنایی متناسب استفاده شود.
- طیف نور رنگدهی مطلوب را تامین نماید.
- سایه روشن محسوس نداشته باشد.
- منابع روشنایی در دید مستقیم افراد قرار نداشته باشد
- جنبه‌های هنری در طراحی رعایت شده باشد.

## استاندارد روشنایی محوطه‌ها

مقادیر توصیه شده متوسط شدت روشنایی محوطه‌های شهری توسط انجمن مهندسین روشنایی آمریکای شمالی IESNA ارائه شده است که مهمترین آنها در جدول (۱-۹) آمده است . شکل منحنی قطبی تابش نور توسط چراغ ونحوه نصب آن

از نظر تامین راحتی استفاده کنندگان حائز اهمیت است. منحنی قطبی قائم توزیع نـور چراغهایی که روشنایی را در سطح وسیع تامین می‌کنند، باید بین زاویـه صـفر (زیـر چراغ) و ۷۵ درجه حداکثر میزان خود باشد و در زوایای بالاتر حداقل تابش را داشته باشند.

**جدول () متوسط شدت روشنایی محوطه‌های شهری توصیه انجمن مهندسین روشنایی آمریکای شمالی IESNA**

| نام محدوده | **متوسط شدت روشنایی Lux** |
|---|---|
| **عمومی:** | |
| محوطه ساختمانها: پر رفت و آمد | ۵۰ |
| محوطه ساختمانها: کم رفت و آمد | ۱۰ |
| مکانهای روزنامه خوانی | ۵۰۰ |
| نمایشگاه یا محل عرضه کالا | ۱۵۰ |
| فضای سبز | ۱۰۰ |
| محوطه‌های تفریحی فعال | ۵۰ |
| محوطه‌های تفریحی غیر فعال | ۳۰ |
| محدوده‌های امنیتی | ۵۰ |
| محوطه پارکینگ پر رفت و آمد | ۳٦ |
| محوطه پارکینگ :رفت و آمد متوسط | ۲٤ |
| محوطه پارکینگ کم رفت و آمد | ۸ |
| روشنایی تزیینی روی سطوح بنا | ۱۵۰ |

| نام محدوده | متوسط شدت روشنایی Lux |
|---|---|
| **ورزشی :** | |
| بدمینتون | ۳۰۰ |
| بیس بال | ۱۵۰۰ |
| بسکتبال | ۵۰۰ |
| والیبال | ۲۰۰ |
| کروکت | ۱۰۰ |
| فوتبال – درجه یک – بالای ۳۰ متر | ۱۰۰۰ |
| فوتبال – درجه دو- بین ۱۵ تا ۳۰ متر | ۵۰۰ |
| فوتبال – درجه سه – بین ۹ تا ۱۵ متر | ۳۰۰ |
| فوتبال – درجه چهار – زیر ۹ متر | ۲۰۰ |
| فوتبال – درجه پنج – بدون تماشاگر | ۱۰۰ |
| گلف | ۵۰ |
| هندبال | ۵۰۰ |
| هاکی | ۲۰۰ |
| اسکیت | ۱۰۰ |
| تنیس | ۲۰۰ |
| استخر | ۲۰۰ |

**شکل () حالتهای مطلوب و نامطلوب تابش نور در ارتفاع پایین**

ویژگی ذکر شده برای کنترل منحنی قطبی توزیع نور چراغ هم از نظر کنترل خیرگی ناشی از نور و هم از نظر بهره نوری سیستم روشنایی مهم است . بهتر است کـه در تابش محوطه‌ای در صورتی که تابش نور از کنار محوطه است، زاویه تـابش حـداکثر ۹۰ درجه باشد.

## ارتفاع نصب چراغ

با توجه به این که ارتفاع نصب چراغ در تعیین سایر مقادیر نقش تعیین کننده دارد، طراح باید دقت لازم را در انتخاب آن مد نظر داشته باشد. هر چه توان نوری چراغهایی که روی یک تیر نصب می‌شوند بیشتر باشد، طبعاً دانسیته نور در زیر آن به صورت مخروطی بیشتر خواهد بود و چراغ مذکور می‌توان در ارتفاع بالاتر محدوده وسیعتری را در زیر خود با حفظ شدت مناسب روشن نماید. بدیهی است که شکل منحنی قطبی توزیع نور چراغ در محوطه‌های افقی و عمودی نیز در این نگرش باید مدنظر قرار گیرد.

**شکل (  ) حالات نامطلوب (بالا) و مطلوب (پایین) تابش نور در چراغهای محوطه‌ای نصب شده روی درایوها**

قبلاً  نیز عنوان گردید که برای طراحی مطلوب روشنایی محوطه‌ای، منحنی قطبی باید متقارن و وسیع باشد. همچنین در منحنی قطبی عمودی دانسیته نور باید تا زاویه ۷۵ درجه نسبت به خط عمود زیر چراغ بیشترین دانسیته را داشته باشد. در غیر این صورت به دلیل انتشار غیر ضروری نور به سایر زوایای عمودی، امکان آزار استفاده کنندگان و مجاورین محوطه افزایش می‌یابد.

شکل (  ) ارتفاع مناسب نصب چراغ را با توجه بـه شـدت نـور منبـع نشـان می‌دهد. شکل (  ) نمونه‌هایی از نحوه چیدمان و مقایسه فواصل و ارتفاع چراغها را در تامین روشنایی محوطه‌ای نشان می‌دهد.

**شکل (  ) حالتهای مطلوب در تابش کناری نور عمومی محوطه‌ها در ارتفاع بالا**

**شکل (  ) نمودار تعیین ارتفاع مناسب نصب چراغ با توجه به شدت نور منبع**

**محاسبات شدت روشنایی**

شدت روشنایی روی سطح افق در هر نقطه از محوطه، تابعی از جمـع جبـری شدت روشنایی نسبی ناشی از منابع مجاور است . اگرچـه منـابع روشـنایی دور بـه میزان محدودی موثر هستند ولی با توجه به قاعده کلی فقط مجموع شـدت روشـنایی ناشی از ٤ چراغ نزدیک محاسبه می‌شود:

$$E_t = \sum_{i=1}^{n} Ei$$

$E_t$ = شدت روشنایی روی موضع مورد نظر ( لوکس)

$E_i$ = شدت روشنایی جزیی ناشی از هر منبع ( لوکس)

N = تعداد منابع موثر که در اینجا ٤ در نظر گرفته می‌شود.

**شکل (  ) زوایای مناسب تابش نور در چراغهای محوطه‌ای با منحنی قطبی متقارن**

شدت روشنایی جزیی ناشی از هر منبع نیز همان رابطه تابش نور در زوایای مختلف است، لیکن با توجه به افت روشنایی سیستم در اثر عوامل مختلف در ضریبی به نام ضریب افت روشنایی LIF [1] ضرب می‌شود. ضریب افت روشنایی ،کارایی سیستم را در نیمه عمر لامپ نشان می‌دهد، لذا بدیهی است که در ابتدای بهره‌برداری از سیستم روشنایی این عامل دخالت ندارد. رابطه شدت روشنایی در نیمه عمر لامپ به صورت زیر خواهد بود.

$$E_i = \frac{I_i . \cos\theta}{d_i^2} . LLF$$

$E_i$ = شدت روشنایی جزیی ناشی از یک منبع در نقطه خاص (لوکس)

$I_i$ = شدت نور منبع (کاندلا)

$d_i$ = فاصله منبع تا نقطه مورد نظر بصورت قائم یا مایل (متر)

$\theta$ = زاویه تابش نور روی سطح محوطه در نقطه مورد نظر

LLF = ضریب افت روشنایی چراغ

## افت روشنایی چراغ

افت روشنایی چراغ LLF تابع افت لومن در اثر کارکرد، میزان غبار و ذرات محیطی که روی سطح لامپ و جدار داخلی چراغ می‌نشیند. تغییر کیفیت رفلکتور سطح داخلی چراغ در اثر شرایط محیطی مانند رطوبت و دما، ایجاد می‌شود . این عامل قبلاً به طور مفصل در فصل طراحی روشنایی داخلی تشریح گردید. LLF عملاً دارای مقدار عددی کوچکتر از یک و برای بهترین وضعیت برابر ۰/۸ می‌باشد. فاکتور افت

[1] - Light Loss Factor

LLF حاصلضرب عوامل مؤثر بـر افـت روشـنایی سیسـتم اسـت کـه در فصـل نهـم توضیح داده شد و در فرمول زیر خلاصه می‌شود:

$$LLF = TF \times VF \times LDD \times LLD \times LSD \times BF$$

TF= عامل دما ، در مکانهای با دمای معمول برابر با یک

VF = عامل ولتاژ برق، معمولاً بین ۰/۹۷ تا ۰/۹۵

LDD = افت در اثر کثیفی سطح داخلی چراغ و لامپ ، از نمودار شکل ()

LLD = افت لومن لامپ در اثر کارکرد حدوداً ۰/۹۳

LSD = افت در اثر تغییر سطوح داخلی کاسه چراغ، برای سطوح رنگ شده برابر ۰/۹۸ و سطوح فلزی یا پلاستیک

BF= عامل افت بالاست ،برای بالاست استاندارد برابر یک

در نمودار شکل ( ) ۵ درجه برای بیان آلودگی محیط کـه مـؤثر بـر کثیفـی و افت لومن چراغ است به شرح زیر بیان شده است:

- **خیلی تمیز** – بدون وجود آلودگی و دود سیگار،ترافیک سبک ، بـرای منـاطق مسکونی یا اطراف شهر با بار آلودگی کمتر از ۱۵۰ میکروگرم در متر مکعب
- **تمیز** - بدون وجود آلودگی و دود سـیگار، ترافیـک متوسـط تـا سـنگین،بـار آلودگی کمتر از ۳۰۰ میکروگرم در متر مکعب
- **متوسط** – وجود دود سیگار و آلودگی به حد متوسط، بـار آلـودگی کمتـر از ۶۰۰ میکروگرم در متر مکعب
- **کثیف** - وجود منابع آلوده کننده قابل توجه ودود سیگار در اطراف منبع

- **خیلی کثیف** – وجود شرایط بالا با رؤیت کثیفی زیاد روی سطح چراغ

**شکل ( ) افت روشنایی در اثر کثیفی سطح چراغ**

با تعیین موقعیت نصب منابع، ارتفاع نصب و فاصله مؤثر منبع تا نقطه مورد نظر و زاویه تابش روی سطح افقی و شدت روشنایی مورد نظر برای آن نقطه، شدت نور جزیی هر منبع تعیین می‌گردد. لذا شدت نور جزیی هر منبع برای تامین شدت روشنایی تعیین شده روی سطح افقی در نقطه مورد نظر خواهد بود.

$$I_i = \frac{E_i . d_i^2}{\cos\theta . LLF}$$

$I_i$ = شدت نور جزیی یک منبع یا مجموع منابعی که روی یک پایه نصب می‌شوند ( کاندلا)

$E_i$ = شدت روشنایی جزیی سهم یک منبع ( لوکس)

همان‌گونه که در رابطه بالا معلوم است، عامل تعیین کننده شدت نور منابع، سهم شدت روشنایی (شدت روشنایی جزیی) مربوط به آن منبع، زاویه تابش روی سطح افقی در نقطه مورد نظر،فاصله دهانه چراغ تا نقطه مورد نظر در زیر چراغ (ارتفاع) یا فواصل دیگر به صورت مورب، ضریب بهره روشنایی و ضریب افت روشنایی چراغ است.

در صورت یکسان بودن LLF برای تمام منابع ، محاسبات مربوط به شدت روشنایی مجموع ناشی از منابع متعدد در هر نقطه از محدوده مورد طراحی با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$E_t = \left( \sum_{i=1}^{n} \frac{I_i . \cos\theta}{d_1^2} \right) .LLF$$

با استفاده از رابطه فوق می‌توان شدت روشنایی روی سطح افق را در هر نقطه از محوطه محاسبه نمود،از نظر عملیاتی طراحی روشنایی محوطه‌ای به جای بکارگیری سلسله محاسبات مذکور ، از یک رابطه کلای برای محاسبه متوسط شدت روشنایی ناشی از منابع استفاده می‌شود که در ادامه خواهد آمد.

## اصول طراحی روشنایی محوطه‌ای

برای طراحی مطلوب روشنایی محوطه‌ای اصول زیر باید به عنوان راهنما به کار گرفته شود:

الف- منابع روشنایی از نظر طیف نور باید به گونه‌ای انتخاب شوند که حداقل مورد نیاز رنگدهی را در محیط تامین نماید.

ب – منحنی قطبی قائم توزیع نور چراغها باید بین زاویه صفر (زیر چراغ) و حداکثر ۷۵ درجه باشد. این ویژگی هم از نظر کنترل خیرگی ناشی از نور و هم از نظر بهره نوری سیستم روشنایی مهم است.

ج – منحنی قطبی افقی نور در زیر چراغ در این استفاده باید دارای شکل متقارن بوده و هر چه به سمت شکل دایره باشد مطلوبتر است. در صورتی که تقارن دارای نقص باشد،لازم است که در هر پایه چراغ از تعداد چراغ مکمل زوج، سه تایی یا چهار تایی استفاده شود.

د – فواصل چراغها اگرچه تابعی از شدت نور منبع آنها و خصوصیات منحنی قطبی است لیکن نباید از ٤ برابر ارتفاع چراغ بیشتر باشد زیرا یک دستی روشنایی را تحت الشعاع قرار می‌دهد.

ه – نسبت شدت روشنایی حداقل به شدت روشنایی حداکثر ( زیر چراغ) از یک ششم کمتر نشود و شدت روشنایی حداقل از یک سوم متوسط شدت روشنایی نیز کمتر نباشد.

و- زوایای تابش نور باید به نحوی باشد که حتی الامکان سایه واضح اشیاء، اشجار یا اشخاص روی زمین نیفتد.

ز – مراقبت شود که منبع روشنایی به هیچ وجه در مسیر دید افراد قرار نداشته باشد.

## روش طراحی روشنایی محوطه‌ای

در طراحی روشنایی محوطه‌ای فرض بر این است که برای تامین روشنایی روی سطح محدوده، باید از تعداد منابعی استفاده شود که توان نوری لازم را برای تابش نور به سطح مورد نظر در محدوده طراحی داشته باشند. عوامل مؤثر در طراحی شامل ابعاد محوطه، ارتفاع تیرهای چراغ، خصوصیات منبع روشنایی،شدت روشنایی متوسط مورد نیاز و ضریب افت روشنایی چراغ است که در رابطه زیر خلاصه شده است:

$$E_{avg} = \frac{\varphi_t \times CU \times LLF}{A}$$

$E_{AV}$ = متوسط شدت روشنایی روی سطح محدوده مورد نظر (لوکس)

$\varphi_t$ = شار نوری مجموعه چراغها ( لومن)

A = مساحت محوطه مورد طراحی ( متر مربع)

CU = ضریب بهره روشنایی سیستم

LLF = مجموع افتهای ناشی از عوامل مختلف

در طراحی روشنایی محوطه‌ای ابتدا باید شدت روشنایی مورد نیاز در طراحی موضعی تعیین شود که جدول ( ) آمده است . با داشتن متوسط شدت روشنایی مورد نیاز ،خصوصیات چراغ برای تعیین افت روشنایی ، نسبت فواصل افقی از پایه تیر چراغ به ارتفاع نصب چراغ برای تعیین ضریب بهره روشنایی با استفاده از رابطه زیر توان نوری مورد نیاز مجموعه چراغها و تعداد چراغ محاسبه می‌گردد:

$$\varphi_t = \frac{E_{avg} \times A}{CU \times LLF}$$

$\varphi_t$ = مقدار کل شار نوری مورد نیاز (لومن)

$E_{avg}$ = متوسط شدت روشنایی مورد نیاز (Lux)

CU = ضریب بهره روشنایی

LLF = مجموع افت های روشنایی در اثر عوامل مختلف

A = مساحت کارگاه ( متر مربع)

## ضریب بهره روشنایی چراغ

ضریب بهره روشنایی چراغ به طور عمده وابسته به خصوصیات آن است،زیرا بخشی از آن در خود چراغ تلف می‌شود. در این سیستم تابش نور سطوح

منعکس کننده قابل توجهی وجود ندارد. ضریب بهره علاوه بر خصوصیات چراغ وابسته به فواصل چراغها از یکدیگر و ارتفاع آنها است . ضریب بهره روشنایی هر چراغ از کاتالوگ مشخصات آن قابل استخراج است و با داشتن نسبت فاصله افقی نقطه مورد نظر در محدوده روشنایی از تیر چراغ به ارتفاع آن یا نسبت فواصل چراغها به ارتفاع نصب چراغ . در منحنی مربوطه تعیین می‌گردد. در صورتی که نمودار مذکور به طور اختصاصی موجود نباشد،باید با انطباق بر چراغ مشابه از نمودار مشابه استفاده گردد.

نمونه منحنی بهره روشنایی چراغ در یک محوطه در شکل ( ) آمده است . شکل مذکور نمودار بهره روشنایی در مقابل و پشت چراغ محوطه‌ای و جاده‌ای را به طور عمومی نشان می‌دهد. در محور افقی نسبت فاصله نقطه مورد نظر از زیر چراغ به ارتفاع آن و محور عمودی ضریب بهره روشنایی است . برای هر بار استفاده لازم است که پس از محاسبه نسبت فاصله تا تیر به ارتفاع نصب چراغ ، ضریب بهره در جلو و پشت چراغ از روی منحنی تعیین گردد، جمع این دو ، ضریب بهره روشنایی چراغ را برای شرایط محاسبه شده نشان می‌دهد. به طور مثال در شکل ( ) برای نسبت ارتفاع برابر یک ، ضریب بهره سمت جلو چراغ برابر ۰/٤ و سمت پشت آن ۰/۱۱ است که ضریب بهره کل برای این شرایط ۰/۵۱ تعیین می‌شود.

**شکل ( ) نمودار عمومی تعیین بهره روشنایی در جلو و پشت چراغ**

در صورتی که نورگیری روی سطح مورد نظر توسط بیش از یک پایه انجـام شود طبق قانون جمع توان نوری ، ضریب بهره روشنایی در دو طرف چراغها ( جلـو و پشت چراغ ) در طول و عرض محدوده تعیین می‌شـود. طبعـاً ضـریب بهـره در دو طرف با توجه به نسبت فاصله تا تیر به ارتفاع آن الزاماً بـا هـم برابـر نیسـت، لـذا در طراحی ضریب کوچکتر ملاک قرار می‌گیرد.

## محاسبه تعداد چراغ مورد نیاز

برای محاسبه تعداد چراغهـای مـورد نیـاز بـرای تـامین شـدت روشـنایی در محوطه، ابتدا توان نوری هر چراغ از ضرب توان الکتریکی مصرفی لامـپ در ضـریب بهره نوری آن محاسبه و با استفاده از رابطه زیر تعداد چراغ محاسبه می‌شود، سپس با تقسیم توان نوری کل به توان نوری یک چراغ تعداد لازم محاسبه می‌گردد:

$$\varphi_l = P_l \times \eta$$

$$n = \frac{\varphi_t}{\varphi_l}$$

$\varphi_l$ = مقدار شار نوری هر واحد چراغ (لومن)

$\eta$ = ضریب بهره نوری لامپ (لومن بر وات)

$P_i$ = توان ا لکتریکی مصرفی لامپ (یا لامپها) در هر چراغ

$\varphi_t$ = مقدار کل شار نوری مورد نیاز (لومن)

**ملاحظات :**

۱- تعداد چراغ باید با تقریب بالا با دقت یک ،گرد شود.

۲- در صورتی که در همین مرحله یا در مرحله چیدمان چراغها بطور متقارن روی هر پایه یا برای چیدمان متقارن چراغها در محوطه لازم باشد باید تعدادی نیز به این خاطر اضافه شود.

۳- نمودار شکل (  ) ارتفاع مناسب نصب چراغها را در محوطه با توجه به مجموع شدت نور منابع آن نشان می‌دهد. لذا باید در این مرحله به این نکته توجه داشت و در صورت لزوم در تعیین ارتفاع چراغ تجدیدنظر نمود. از آنجایی که این عامل مستقیماً روی CU و نهایتاً روی شدن نور منابع هر تیر مؤثر خواهد بود ، طراح باید تمام جنبه‌ها را در نظر بگیرد.

محاسبات مربوط به تعیین تعداد چراغ را می‌توان در رابطه زیر خلاصه نمود:

$$n = \frac{E_{avg} \times A}{CU \times LLF \times \varphi_t}$$

شدت روشنایی در هر نقطه از محوطه در این طراحی با استفاده از دو رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$E_i = \frac{I_i . \cos\theta . LLF}{d^2}$$

$$E_i = \frac{I_i . \cos^3\theta . LLF}{H}$$

$I_i$ = شدت نور جزیی مجموع منابعی که روی یک پایه نصب می‌شوند (کاندلا)

$E_i$ = شدت روشنایی جزیی سهم یک منبع ( لوکس)

$d$ = فاصله مؤثر منبع (فاصله چراغ تا نقطه مورد نظر) (متر)

H = ارتفاع نصب چراغ (متر)

$\theta$ = زاویه تابش نور روی نقطه مورد نظر

## طراحی روشنایی معابر

افزایش فعالیتهای شبانه ساکنین شهرها و عبور و مرور در خیابانها و بزرگراهها همراه با افزایش استرس ناشی از عوامل محیطی می‌طلبد که روشنایی معابر از نظر کمی و کیفی دارای ویژگیهایی باشد که نتیجه آن آسایش و راحتی عابرین و راکبین و کنترل حوادث باشد.

سیستم تامین روشنایی معابر نه تنها باید از نظر خصوصیات فنی کفایت داشته باشد بلکه از جنبه‌های ایمنی، ارگونومی، بهداشتی، روانشناسی و هنری نیازهای استفاده کنندگان را برآورده نماید. روشنایی مطلوب معابر باید دارای خصوصیات زیر باشد:

- متوسط شدت روشنایی معبر با حدود توصیه استاندارد مطابقت نماید.
- طیف نور باید متناسب با محل مورد طراحی باشد، به طوری که رنگ دهی لازم را داشته باشد.
- یکنواختی روشنایی در حداکثر ممکن رعایت شود و سایه روشن محسوس ایجاد ننماید.
- منابع روشنایی در زاویه دید عابرین یا راکبین قرار نگیرد.

- منحنی توزیع نور چراغ متناسب با محل مورد استفاده باشد.
- جنبه‌های ارگونومی و هنری در طراحی رعایت شده باشد.

## استانداردهای روشنایی معابر

مقادیر توصیه شده متوسط شدت روشنایی جاده‌ای که توسط انجمن مهندسین روشنایی آمریکای شمالی IESNA ارائه شده در جدول ( ) آمده است . همچنین جدول استاندارد روشنایی معابر که توسط وزارت نیرو ایران تدوین و مقرر شده است در جدول ( ) واستاندارد روشنایی پیاده روها نیز در جدول ( ) آمده است.

## جدول ( ) متوسط شدت روشنایی معابر شهری توصیه انجمن مهندسین روشنایی آمریکای شمالی IESNA

| خصوصیات معبر | متوسط شدت روشنایی Lux | | | $E_{avg}$ / $E_{min}$ | درخشندگی متوسط $Cd/m^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | منطقه تجاری | منطقه نیمه مسکونی | منطقه مسکونی | | |
| آزاد راه درجه A | ۹ | ۹ | ۹ | ۳ | ۰/۶ |
| آزاد راه درجه B | ۶ | ۶ | ۶ | ۳ | ۰/۴ |
| بزرگراه | ۱۴ | ۱۲ | ۹ | ۳ | ۰/۸ |
| خیابان اصلی | ۱۷ | ۱۳ | ۹ | ۳ | ۰/۹ |
| چهار راه و میدان | ۱۲ | ۹ | ۶ | ۴ | ۰/۶ |
| معابر فرعی | ۹ | ۷ | ۴ | ۶ | ۰/۵ |
| پیاده رو | ۱۰ | ۶ | ۲ | – | – |
| تونل عابر پیاده | ۴۳ | ۴۳ | ۴۳ | – | – |
| علائم راهنمایی شبرنگ | ۲۰۰ | ۲۰۰ | ۲۰۰ | – | – |
| علائم راهنمایی معمولی | ۵۰۰ | ۵۰۰ | ۵۰۰ | – | – |

## جدول ( ) استاندارد روشنایی معابر ایران ، مصوب وزارت نیرو

| نوع راه | نوع منطقه | متوسط شدت روشنایی Lux | | | $E_{min}$ / $E_{avg}$ | $E_{min}$ / $E_{max}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | رویه بتنی | آسفالت معمولی | آسفالت ریزدانه | | |
| شریانی درجه ۱ آزاد راه | همه مناطق | ٦ | ٨ | ٧ | ۰/۳۳ | ۰/۱۷ |
| شریانی درجه ۱ بزرگراه | تجاری | ٩ | ١٣ | ١٢ | ۰/۳۳ | ۰/۱۷ |
| | تجاری – مسکونی | ٧ | ١١ | ٩ | | |
| | مسکونی | ٦ | ٨ | ٧ | | |
| شریانی درجه ۲ اصلی | تجاری | ١١ | ١٦ | ١٤ | ۰/۳۳ | ۰/۱۷ |
| | تجاری – مسکونی | ٨ | ١٢ | ١٠ | | |
| | مسکونی | ٦ | ٨ | ٧ | | |
| شریانی درجه ۲ فرعی | تجاری | ٧ | ١١ | ٩ | ۰/۲٥ | ۰/۱۲ |
| | تجاری – مسکونی | ٦ | ٨ | ٧ | | |
| | مسکونی | ٤ | ٦ | ٥ | | |
| محلی | تجاری | ٦ | ٨ | ٧ | ۰/۱۷ | ۰/۱۲ |
| | تجاری – مسکونی | ٥ | ٧ | ٦ | | |
| | مسکونی | ٣ | ٤ | ٤ | | |

**جدول ( ) استاندارد روشنایی پیاده‌روها (ایرا) مصوب وزارت نیرو**

| نوع مسیر پیاده یا دوچرخه | نوع منطقه | متوسط شدت روشنایی Lux | |
|---|---|---|---|
| | | در کف مسیر | ارتفاع ۱/۷ متری کف مسیر |
| پیاده گذر و مسیر درجه ۲ دوچرخه | تجاری | ۹ | ۲۰ |
| | تجاری – مسکونی | ٦ | ۱۰ |
| | مسکونی | ۲ | ٥ |
| پیاده رو و مسیر درجه ۱ دوچرخه ،راه پله و شیبراه | همه مناطق | ٥ | ٥ |
| زیر گذر پیاده یا دوچرخه | همه مناطق | ٤٠ | ٥٠ |

## ارتفاع نصب چراغ

ارتفاع نصب چراغ در معابر شهری و حتی بین شهری اهمیت زیادی دارد. هر چه ارتفاع نصب بالاتر باشد خصوصاً در بزرگراهها و آزاد راهها ، راحتی رانندگان و سرنشینان خودروها بیشتر تامین می‌شود. از سوی دیگر طبق قانون عکس مجذور فاصله رعایت نکته مذکور نیازمند بکارگیری منابع با توان نوری بالاتر و مصرف انرژی بیشتر است. پیشرفت فناوری تا حدودی این مشکل را برطرف کرده است زیرا امروزه استفاده از چراغهایی با لامپ سدیمی ٤٠٠ تا ١٠٠٠ وات معمول شده است

وجنبه‌های راحتی استفاده کنندگان و ارتقاء سطح ایمنی در اولویت قرار گرفته است. در تقسیم بندی فعلی بر مبنای توان نوری منابع محدود مناسبی برای ارتفاع نصب چراغ توسط انجمن مهندسین روشنایی امریکا معرفی شده ا ست که در ادامه مبحث خواهد آمد.

## منحنی قطبی چراغهای معابر

شکل منحنی قطبی تابش نور توسط چراغ و نحوه نصب آن از نظر تامین راحتی استفاده کنندگان نیز حائز اهمیت است . منحنی قطبی قائم توزیع نور چراغهایی که روشنایی را در سطح وسیع تامین می‌کنند باید بین زاویه صفر (زیر چراغ) و ۷۵ درجه حداکثر میزان خود باشد و در زوایای بالاتر حداقل تابش را داشته باشند. این ویژگی هم از نظر کنترل خیرگی ناشی از نور و هم از نظر بهره نوری سیستم روشنایی مهم است. سازندگان باید مشخصات فنی چراغهای تولیدی خود را از نظر بهره روشنایی در جلو و پشت چراغ ومنحنی‌های ایزوکاندل و ایزولوکس را در نیم صفحه عمودی و افقی ارائه نمایند. در غیر این صورت کار طراحی مشکل است و اغلب دارای خطا خواهد بود.

منحنی قطبی افقی نور در زیر چراغهای مخصوص معابر اغلب دارای شکل متقارن بوده و بر اساس تقسیم‌بندی ویژه‌ای در معابر به کار گرفته می‌شود. در صورتی که تقارن دارای نقص باشد لازم است که در هر پایه چراغ از تعداد چراغ مکمل زوج، یا چهار تایی استفاده شود . استفاده از چراغهای با تابش محدود شده

برای جلوگیری از پخش نور به اطراف معابر که ممکن است سبب آزار ساکنین مجاور گردد، در محدوده‌های مسکونی ضرورت دارد. شکل ( ) گروههای اصلی تقسیم بندی چراغهای جاده‌ای بر حسب منحنی قطبی پخش نور را نشان می‌دهد . در این تقسیم بندی چراغها به ۵ گروه تقسیم شده‌اند که در جدول ( ) آمده است.

شکل ( ) منحنی ایزوکاندل را بری یک چراغ نمونه برای تشخیص گروه آن بر اساس نقطه حداکثر توان نوری در منحنی قطبی افقی نشان می‌دهد. شکل ( ) نیز پلان افقی ۹۰ درجه‌ای یک سمت چراغهای خیابانی را برای نشان دادن روش تقسیم‌بندی آنها از روی نسبت فاصله طولی از زیر چراغ در گروههای مختلف نشان داده است.

**جدول ( ) مشخصات مهم گروههای مختلف چراغ خیابانی**

| گروه چراغ | مشخصات منحنی قطبی افقی توزیع نور |
|---|---|
| I | منحنی باریک ، توزیع متقارن، تمرکز دانسیته نور در خط زیر چراغ (مخصوص چراغهای معلق) |
| II | منحنی وسیعتر از گروه I، بیشترین دانسیته نور در زوایای بین ۱۰ تا ۲۰ درجه نسبت به خط نزدیک به پای تیر |
| III | منحنی وسیع ، بیشترین دانسیته توزیع نور در زوایای بین ۲۵ تا ۳۵ درجه از خط پای تیر |
| IV | منحنی توزیع وسیع |
| V | توزیع متقارن و دایره ای شکل |

**شکل (  ) منحنی قطبی افقی توزیع نور در گروههای اصلی چراغهای خیابانی**

**شکل (  ) منحنی ایزوکاندل چراغها برای تشخیص گروه چراغ بر اساس نقطه حداکثر توان نوری در منحنی قطبی افقی**

**شکل (  ) پلان افقی ۹۰ درجه‌ای یک سمت چراغهای خیابانی و نحوه تقسیم‌بندی آنها از روی نسبت فاصله طولی از زیر چراغ در گروههای مختلف**

شکلهای (  ) و (  ) هم راهنمای شطرنجی افقی و عمودی بیشترین توزیع نور را در گروههای مختلف نشان می‌دهد. با انطباق منحنی چراغ بر شکلهای راهنمای فوق می توان گروه چراغ را تعیین نمود. شکل (  ) انطباق و تعیین گروه یک چراغ را در گروه ۲ نشان می‌دهد. همچنین با استفاده از روش فوق توزیع طولی روشنایی در سطح افق نیز نشان داده می‌شود. این عامل در تعیین بهره روشنایی چراغ و چگونگی طراحی سیستم روشنایی معابر دارای اهمیت است . در این تقسیم بندی که در شکل (  ) نشان داده شده است، چراغها در سه رده توزیع کوتاه S، توزیع متوسط M، وتوزیع بلند L درجه بندی شده‌اند. در مجموع اظهار نظر در مورد چراغ بر مبنای توزیع نور در منحنی قطبی افقی در عرض و طول معبر و ارتفاع تیر انجام می‌گردد و در انتخاب مناسب چراغ و انجام محاسبات طراحی کاربرد دارد.

**شکل ( ) راهنمای شطرنجی افقی و عمودی بیشترین توزیع نور در گروههای ۱ و۲**

**شکل ( ) راهنمای شطرنجی افقی و عمودی بیشترین توزیع نور در گروههای ۳ و ۴**

**شکل ( ) انطباق و تعیین گروه یک چراغ**

**شکل ( ) تقسیم‌بندی توزیع طولی نور چراغها در سه رده توزیع کوتاه S ،توزیع متوسط M ، و توزیع بلند L**

## چیدمان چراغهای معابر

شکلهای ( ) و ( ) چیدمانهای اصلی طراحی و نصب چراغ در انواع معابر را نشان می‌دهد . در هر یک از چیدمانها برای بالا بردن توان نوری منبع امکان استفاده زوج چراغ در هر طرف تیر وجود دارد.

**شکل ( ) نصب تیر چراغ بصورت کناری یک طرفه**

**شکل ( ) نصب تیر چراغ بصورت دو طرفه متقابل**

**شکل ( ) نصب تیر چراغ بصورت دو طرفه زیگزاگ**

**شکل ( ) نصب تیر چراغ در وسط بلوار یا بزرگراه**

**شکل ( ) نصب چراغ در وسط خیابان با تیر دوطرفه با استفاده از کابل**

در گذشته برای تامین روشنایی معابر از چراغهای موسوم به لاک پشتی استفاده می‌شد اما امروزه، چراغهای مخصوص معابر با تنوع وسیعی توسط سازندگان به بازار عرضه شده‌اند و برای هر نوع کاربرد امکان انتخاب برای طراحوجود دارد . شکل ( ) نمونه‌هایی از این چراغها را نشان می‌دهد.

یکی دیگر از مبانی مهم در طراحی روشنایی معابر، استفاده صحیح از چراغها با طیف نور متفاوت است.استفاده از چراغهای با لامپ التهابی یا هالوژنه اگرچه رنگدهی بالایی دارند، اما به علت پایین بودن ضریب بهره نوری لامپ و کوتاه بودن طول عمر ، مدتها است که در روشنایی معابر مورد استفاده نیستند. چراغهای فلورسنت حتی نوع فشرده آن به علت محدود بودن توان نوری در روشنایی معابر مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. چراغهای جیوه‌ای یا متال هالید برای خیابانها و کوچه‌ها خصوصاً مناطق تجاری مناسب هستند زیرا رنگدهی قابل قبولی دارند . چراغهای با لامپ سدیمی نارنجی که دارای ضریب بهره نوری بالایی هستند برای معابر اصلی و بزرگراهها و آزاد راهها خصوصاً بخاطر مه شکن بودن طیف نور آنها مناسب هستند.

**شکل ( ) نمونه‌هایی از چراغهایی مخصوص معابر**

## معیار ارتفاع نصب چراغ

ارتفاع نصب چراغ در تعیین ضریب بهره روشنایی شدت روشنایی در زیر چراغ و فاصله چراغها از یکدیگر نقش تعیین کننده دارد، هر چه توان نوری چراغهایی که روی یک تیر نصب می‌شوند بیشتر باشد، طبعاً دانسیته نور در زیر آن به صورت مخروطی بیشتر خواهد بود و چراغ مذکور می‌تواند در ارتفاع بالاتر، محدوده وسیعتری را در زیر خود با حفظ شدت مناسب روشن نماید. بدیهی است که شکل منحنی قطبی توزیع نور چراغ در محورهای افقی و عمودی نیز در این نگرش باید مد نظر قرار گیرد. لذا طراح بایددر تعیین ارتفاع نصب چراغ دقت نظر کافی داشته باشد. قبلاً نیز عنوان گردید که در طراحی روشنایی معابر با توجه به شیوه چیدمان چراغها، منحنی قطبی افقی و عمودی آنها نیز باید دارای تقارن در دو سمت خود نسبت به طول معبر بوده و در محور افقی عرض معبر نیز با نیاز عرض معبر تناسب داشته باشد. مقایسه شکل منحنی قطبی افقی در چراغهای گروههای ۲ و ۳ و ٤ این تفاوت را به خوبی نشان می‌دهد . لذا هر چه عرض معبر وسیعتر باشد یا باید از چراغ گروه بالاتر استفاده شود یا این که ارتفاع نصب چراغ بالاتر در نظر گرفته شود،که گزینه دوم مستلزم افزایش توان نوری چراغ است. همچنین در منحنی قطبی عمودی دانسیته نور باید متناسب با عرض معبر به گونه‌ای باشد که با انتشار غیر ضروری نور به سایر زوایای عمودی آزار استفاده کنندگان و مجاورین معبر را فراهم نکند. چراغهایی

که در طول معبر دارای منحنی قطبی خیلی بلند باشند نیز به دلیل امکان قرار گرفتن منبع در دید مستقیم راکبین وسایل نقلیه، مخصوصاً در معابر طولانی همچون بزرگراهها، مناسب نیستند. شکل (  ) ارتفاع مناسب نصب چراغ را با توجه به شدت نور منبع نشان می‌دهد.

**شکل (  ) ارتفاع مناسب نصب چراغ با توجه به شدت نور منبع**

## روش طراحی روشنایی معابر

در این مبحث اصول کلی طراحی روشنایی برای انواع معابر شامل معابر فرعی،خیابان ، بلوار و بزرگراه مورد بررسی قرار می‌گیرد . در طراحی روشنایی معابر همان اصولی حاکم است که در طراحی محوطه‌ای مورد بحث قرار گرفت.

## محاسبات شدت روشنایی

شدت روشنایی روی سطح افق در هر نقطه از معبر،تابعی از جمع جبری شدت روشنایی نسبی ناشی از منابع مجاور است. اگرچه منابع روشنایی دور به میزان محدودی موثر هستند ولی با توجه به قاعده کلی فقط مجموع شدت روشنایی ناشی از ۳ تیر چراغ نزدیک از هر طرف نقطه مورد نظر در معبر محاسبه می‌شود:

$$E_t = \sum_{i=1}^{n} E_i$$

$E_t$ = شدت روشنایی روی موضع مورد نظر (Lux)

$E_i$ = شدت روشنایی جزیی ناشی از هر منبع (Lux)

n = تعداد منابع مؤثر که در اینجا ۳ گرفته می‌شود

شدت روشنایی جزیی ناشی از هر منبع ، تابعی از شدت نـور منبـع یـا منـابع نصب شده روی هر تیر،ارتفاع نصب چراغ، زاویه تابش و افت روشـنایی چـراغ LLF است.

ضریب افت کارایی سیستم را در نیمه عمر لامپ نشـان مـی‌دهـد ، لـذا بـدیهی است که در ابتدای بهره‌برداری از سیستم روشـنایی ایـن عامـل اثـر خـود را نشـان نمی‌دهد ولی در طراحی لحاظ می‌گردد. رابطـه شـدت روشـنایی در نیمـه عمـر لامـپ درهر نقطه از سطح معبر به صورت زیر خواهد بود:

$$E_i = \frac{I_i.CU.LLF}{H^2}.\cos^3\theta$$

$E_i$ = شدت روشنایی جریی ناشی از یک منبع در نقطه خاص (Lux)

$I_i$ = شدت نور چراغهای هر تیر (cd)

H = ارتفاع نصب چراغ (m)

$\theta$ = زاویه تابش نور روی سطح محوطه در نقطه مورد نظر نسبت به خط عمود

CU = ضریب بهره روشنایی چراغ از نمودار چراغ یا نمودار ۱۶ – ۱۰

LLF = ضریب افت روشنایی چراغ

## ضریب بهره روشنایی چراغ

ضریب بهره روشنایی چراغ وابسته به خصوصـیات چـارغ و نسـبت فاصـله نقطه مورد نظر تا زیر چراغ به ارتفاع نصب آن است. با توجه به اثر ابعاد طراحـی در تعیین ضریب بهره روشنایی هر چراغ متوان حالات متنوعی از ضریب بهره را بـرای

یک چراغ تصور نمود. ضریب بهره روشنایی در طراحی معابر تابع فواصل تیرهای چارغ نیز هست زیرا فواصل تیرها به نوعی بیان کننده محدوده‌ای است که یک منبع و منابع مجاور باید روشنایی سطح آن را تامین نمایند و بزرگ شدن ابعاد به معنی بزرگ شدن مساحت و حجم محدوده مورد طراحی و کاهش دانسیته نور در آن می‌باشد. به همین خاطر ضریب بهره روشنایی هر چراغ به طور اختصاصی از کاتالوگ مشخصات آن قابل استخراج است و با داشتن نسبت فاصله افقی نقطه مورد نظر در محدوده روشنایی در عرض معبر از خط عمود بر زیر چراغ به ارتفاع آن . در منحنی مربوطه تعیین می‌گردد . در صورتی که نمودار مذکور بطور اختصاصی موجود نباشد باید با انطباق بر چراغ مشابه از نمودار مشابه استفاده گردد.

نمودار منحنی بهره روشنایی عمومی چراغهای معابر در شکل ( ) با معیار راهنمای شکل ( ) آمده است . شکل مذکور نمودار بهره روشنایی در مقابل چراغ (سمت سواره رو) و پشت چراغ (سمت پیاده رو) نشان می‌دهد. برای تعیین بهره روشنایی حاصل از یک چراغ باید مقدار نسبت فاصله خط مقابل چراغ در آن سوی معبر تا زیر چراغ به ارتفاع نصب ان در محور افقی نمودار مشخص گردد و از نقطه مربوطه خط عمودی به سمت بالا ادامه یابد نقاط تلاقی با هر دو منحنی نمودار در سمت چپ آن روی محور عمودی نشان دهنده ضریب بهره روشنایی چراغ در سمت خیابان و پیاده‌رو است . ضریب بهره نوری کل چراغ حاصل جمع این دو مقدار خواهد بود. به طور مثال در شکل ( ) برای نسبت ارتفاع برابر یک ،ضریب بهره

سمت خیابان ۰/٤ و سمت پیاده رو ۰/۱۱ است که ضریب بهره کل برای این شرایط ۰/۵۱ تعیین می‌شود.

در محور افقی نسبت فاصله نقطه مورد نظر از زیر چراغ به ارتفاع آن و محور عمودی ضریب بهره روشنایی است برای هر بار استفاده لازم است که پس از محاسبه نسبت فاصله تا تیر به ارتفاع نصب چراغ ، ضریب بهره در جلو و پشت چراغ از روی منحنی تعیین گردد، جمع این دو،ضریب بهره روشنایی چراغ را برای شرایط محاسبه شده نشان می‌دهد . نکته مهم این که، در صورتی که چراغها دو طرفه مقابل نصب شوند ضریب بهره باید در دو ضرب شود. برای چراغهای دو طرفه زیگزاگ و چیدمان وسط خیابان و بلوار، همانند چیدمان یکطرفه عمل شود.

## ضریب افت روشنایی چراغ

ضریب افت روشنایی چراغ LLF تابع افت لومن خروجی آن در اثر کارکرد،میزان غبار و ذرات محیطی روی سطح لامپ و جدار داخلی چراغ،تعیین کیفیت رفلکتور سطح داخلی چراغ در اثر شرایط محیطی مانند رطوبت و دما است. LLF عملاً دارای مقدار عددی کوچکتر از یک و برای بهترین وضعیت برابر ۰/۸ می‌باشد. همانگونه که در مبحث روشنایی محوطه‌ای عنوان شد، به همان صورت تعیین می‌شود. لازم به یادآوری است که ضریب مذکور در ابتدای بهره‌برداری از سیستم برابر یک است اما به تدریج در طول زمان خود را به صورت افت در توان نوری

منابع نشان می‌دهد و در محاسبات طراحی برای نیمه عمر اسمی لامپ ، با توجه به وضعیت محیطی و تناوب نگهداری سیستم دخالت داده می‌شود.

$$LLF = TF \times VF \times LDD \times LLD \times LSD \times BF$$

TF= عامل دما است که در مکانهایی با دمای معمول برابر با یک

VF = عامل ولتاژ برق بین ۰/۹۷ تا ۰/۹۵

LDD= افت در اثر کثیفی سطح چراغ و لامپ است که از نمودار ( )

LLD = افت لومن لامپ در اثر کارکرد و حدوداً ۰/۹۳

LSD = افت در اثر تغییر سطوح داخلی کاسه چراغ ، برای رنگ شده ۰/۹۸ و فلزی یا پلاستیک ۰/۹۹

BF = عامل افت بالاست یا ترانس چراغ برای بالاست استاندارد برابر یک

**شکل ( ) معیار تعیین ضریب بهره روشنایی چراغ معابر**

**شکل ( ) نمودار عمومی تعیین بهره روشنایی چراغ محوطه‌ای**

**شکل ( ) افت روشنایی در اثر کثیفی سطح چراغ و لامپ**

شدت نور منبع مورد نیاز برای تامین شدت روشنایی در هر نقطه از اطراف منبع نیز تابع ارتفاع طراحی ، زاویه تابش نسبت به خط عمود، افت روشنایی چراغ و ضریب بهره روشنایی است:

$$I_i = \frac{E_i . H^2}{CU.LLF.\cos^3 \theta}$$

$I_i$ = شدت نور جزیی یک منبع یا مجموع منابعی که روی یک پایه نصب می‌شوند (cd)

$E_i$ = شدت روشنایی جزیی سهم یک منبع (Lux)

متوسط شدت روشنایی در سطح معبر نیز به صورت زیر خواهد بود:

$$E_{avg} = \frac{\varphi_1.CU.LLF}{A}$$

$E_{avg}$ = متوسط شدت روشنایی ناشی از یک منبع در سطح معبر (Lux)

$\varphi_1$ = مجموع توان نوری چراغهای هر تیر (cd)

A= مساحت معبر سهم یک تیر چراغ (معمولاً از ضرب عرض معبر در فاصله دو چراغ به دست می‌آید) ($m^2$)

CU = ضریب بهره روشنایی چراغ از نمودار چراغ یا نمودار ۱۶- ۱۰

LLF = ضریب افت روشنایی چراغ

نکته ضروری این که عامل موثر در تعیین ارتفاع طراحی علاوه بر ارتفاع،زاویه بازوی تیر چراغ نسبت به خط افق است. این عامل علاوه بر اثرگذاری بر ارتفاع نصب چراغ، بر زاویه تابش و توزیع منحنی قطبی چراغ در جهات مختلف مؤثر است . این عامل باید در مرحله طراحی و خصوصاً محاسبات یکنواختی روشنایی که در ادامه این فصل خواهد آمد باید مدنظر قرار گیرد.

## تعیین فاصله چراغهای معابر

در طراحی روشنایی بر اساس عرض معبر، متوسط شدت روشنایی مورد نیاز ( مطابق جدول استاندارد) ارتفاع چراغ، خصوصیات و نوع آن، نهایتاً با استفاده از رابطه ذیل فاصله دو چراغ متوالی تعیین می‌گردد:

$$S = \frac{\varphi_1.CU.LLF}{E_{avg}.W}$$

S = فاصله دو چراغ متوالی (m)

$E_{avg}$ = متوسط شدت روشنایی مورد نیاز در سطح معبر (Lux)

$\varphi_1$ = مجموع توان نوری چراغهای هر تیر (cd)

W = عرض سواره رو معبر (m)

CU= ضریب بهره روشنایی چراغ از نمودار چراغ یا نمودار

LLF = ضریب افت روشنایی چراغ

با داشتن شدت روشنایی در هر نقطه از سطح معبر (یا متوسط شدت روشنایی) و معلوم بودن ضریب انعکاس نور توسط سطح معبر، می‌توان با استفاده از رابطه زیر درخشندگی سطح معبر را به صورت موضعی یا متوسط محاسبه نمود:

$$L = \frac{\alpha.E}{\pi} = 0.318\alpha.E$$

L= درخشندگی سطح ($cd/m^2$)

E = شدت روشنایی روی سطح معبر (Lux)

$\alpha$ = ضریب انعکاس سطح معبر

## خصوصیات چراغهای معابر

شرکتهای سازنده بایستی اطلاعات فنی لازم را در خصوص چراغهای تولیدی خود ارائه نمایند. در غیر این صورت طراحی با مشکل مواجه خواهد شد . حداقل اطلاعات مورد نیاز شامل موارد زیر است:

- ابعاد و اندازه چراغ
- مشخصات لامپ مورد استفاده

- افت روشنایی در شرایط مختلف
- منحنی ایزولوکس، ایزوفوت کاندل یاایزوکاندل در محورهای افقی و عمودی بر اساس ارتفاع نصب معین، که برای سایر حالات ارتفاع نصب باید ضریب تصحیح استفاده از منحنی معلوم شده باشد.
- منحنی ضریب بهره روشنایی در سمت خیابان و پیاده رو
- توان نوری چراغ در شروع بهره‌برداری

فاصله نصب تیر از لبه جدول سواره رو تابع سرعت خودروها و بین ۰/۸ تا ۰/۵ متر برای سرعتهای مجاز ۵۰ تا ۱۲۰ کیلومتر در ساعت است. شکل (۱۸-۱۰) نمونه‌ای از کاتالوگ فنی یک چراغ خیابانی را نشان می‌دهد.

## چیدمان چراغها

چیدمان نصب تیرهای چراغ در نزدیک سه راهی ، تقاطع یا میدان متفاوت از مسیر اصلی معبر و نزدیکتر و مطابق شکلهای ( ) و ( ) تا ( ) است. در این شکلهای راهنما فاصله S محاسبه شده چراغها در مسیر اصلی است . در مسیر پیچها فواصل تیر ها ۰/۹ مسیر مستقیم و در پیچهای تند فواصل تیرها در داخل پیچ ۰/۵۵ و خارج آن ۰/۷ مسیر مستقیم تعیین می‌شود. در شیبهای تند نیز فواصل تیر ۰/۷ مسیر افقی تعیین می‌شود.

## طرح روشنایی میدان بسیج و بلوار سجاد تا پل بزرگمهر

هدف:

هدف از این طرح انتخاب و مکان یابی سیستم روشنایی در بلوار و میدان می‌باشد به نحوی که با محاسبه دقیق تعداد و محل چراغها، سیستم روشنایی طراحی شده بهینه گردد.

الف- تهیه طرح روشنایی میدانها و فلکه‌ها باید به گونه‌ای انجام گیرد که دارای روشنایی مناسب و بیشتر از خیابانهای منتهی به آن باشد در ضمن محل پایه‌ها به شکلی باشد که زیبایی میدان و فلکه را حفظ کند همچنین حتی الامکان طرح جنبه اقتصادی داشته باشد.

هدف از انجام پروژه روشنایی میدانها و فلکه ها در درجه اول روشنایی خیابانهای اطراف منظور می‌باشد به نحوی که تا حدودی روشنایی داخل میدانها نیز تامین شود.

روشنایی موجود بلوار از طریق چراغهایی که بر روی پایه‌های شبکه فشارضعیف نصب شده‌اند تامین می‌گردد که این روشنایی از نظر مقدار روشنایی و همچنین از نظر زیبایی مناسب نمی‌باشد ضمنا عمر مفید آن نیز تقریبا تمام شده است.

**ب- مشخصات بلوارها**

عرض آسفالت هر طرف ۱۱ متر و عرض روفوژ ۵ متر می‌باشد که دارای ۵ متر پیاده رو و ٤ متر باغچه با درختان کهن و بلند به طول حدود ۹ تا ۱۰ متر می‌باشد که شاخه و برگهای آن نیز از لبه جدول نیز حدود ۲ متر بیرون تر می‌باشد

لذا جهت روشنایی مناسب از پایه ۱۰ متری با طول بازوی ( ۵ متری) پیشنهاد می‌شود.

**ج – شاخص‌های مهم در طرحهای روشنایی معابر و میدانها:**

۱- میزان شدت روشنایی استاندارد مورد نظر بلوار ( شریانی درجه ۲ ) که اکثراً تجاری می‌باشد حدوداً برابر ۱٤ لوکس در نظر گرفته می‌شود.

۲- حفظ یکنواختی حداقل : (برای بلوار)

$E_{min} / E_{avg} > ۰.۳۳$ $E_{min} / E_{max} > ۰/۱۷$

۳-کیفیت نور : با توجه به این که هدف روشن کردن خیابانها و معابر می‌باشد و رنگ اهمیت چندانی ندارد از لامپهای بخار سدیم با رنگ زرد استفاده می‌کنیم.

٤- در نظر گرفتن مسائل اقتصادی حداقل هزینه سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه جاری استفاده از لامپهای سدیم با توجه به مشخصه بخش نور چراغ و احداث شبکه در وسط بلوار جهت کاهش تعداد پایه

٥- حفظ همخوانی پایه و چراغ با محیط :استفاده از پایه حدود ۱۰ متر و طول بازوی بلند جهت ایجاد روشنایی مناسب ( عدم ایجاد سایه به دلیل وجود شاخه و برگ درختان)

٦- رعایت حریم پایه‌ها از شبکه‌های عبوری عرضی و وسائل نقلیه

۷- امکانات و تجهیزات موجود : استفاده از پایه‌های روشنایی ۱۰ متری جهت امکان انجام سرویس با بالابرهای موجود و استفاده از چراغ جارد یا گلنور با لامپ‌های ۲۵۰ وات سدیم

**ه – مشخصات چراغهای موجود و مناسب :**

با توجه به این که فاصله پایه‌ها ( در نتیجه تعداد چراغها) رابطه مستقیم با پخش نور و میزان لومن لامپ انتخاب شده دارد جهت تهیه طرح مناسب بهتر است از چراغهای با پخش نور مناسب استفاده شود و میزان لوکس مورد نظر را با توجه به وات لامپ تا حد مورد نظر کم یا زیاد نمود.

از جمله چراغهای مناسب با پخش نور یکنواخت و مورد نظر می‌توان از چراغ جار نام برد.

## محاسبات افت ولتاژ

لامپ مورد نظر لامپ ۲۵۰ وات سدیم می‌باشد که دارای نور زرد می‌باشد لذا محاسبات بر این اساس انجام می‌شود.

توان یک لامپ با چک = ۲۵۰+۵۰=۳۰۰

جریان یک لامپ (تک فاز) بدون خازن اصلاح کننده = $\frac{۳۰۰}{۲۲۰\times۰.۶} = ۲.۳A$

با توجه به این که از کابل ۳ فاز با سطح مقطع حداقل ۱۶ میلیمتر مربع جهت تغذیه شبکه روشنایی استفاده می‌شود محاسبات افت ولتاژ سه فاز انجام می‌شود.

حداکثر فاصله ۱۱ اسپن است که مربوط به پست شماره ۷۲ می‌باشد لذا محاسبات بر این اساس انجام می‌شود.

$$\Delta\mu = \frac{۱۰۰\sqrt{۳}p\cos}{۴۰۰a}\sum L_i E_i$$

$$\frac{۱۰۰\sqrt{۳}p\cos\varphi}{۴۰۰a} = \frac{۱۰۰\sqrt{۳}\times ۲۰۰۶۴\times ۱۰^{-۸}\times ۰.۶}{۴۰۰\times ۱۶\times ۱۰^{-۶}} = ۳.۳۵\times ۱۰^{-۴}$$

$$\sum_{i=۱}^{۴} l_i I_i = (۱۰۵\times ۴.۶ + ۱۰۵\times ۲\times ۴.۶ + ۱۰۵\times ۳\times ۴.۶ + ۱۰۵\times ۴\times ۴.۶) = ۴۸۱۰$$

$$\Delta\mu = ۳.۳۵\times ۱۰^{-۴}\times ۴۸۱۰ = \%۱۰۶۲$$

فاصله پست تا مرکز اولین ۳پایه روشنایی ۱۰۵ متر فرض شده است و فاصله متوسط هر دو پایه ۳۵ متر می‌باشد. با توجه به این که فاصله بین پایه برای کابل کشی ( با عمق ٦۰ سانتیمتر) کانال احداث می‌گردد برای زمین کردن پایه‌ها از سیم استفاده می‌شود که در طول مسیر حفاری همراه با کابل روشنایی در کانال دفن می‌گردد که در صورت زیاد بودن مقاومت گسترده زمین می‌توان با استفاده از ارت میله‌ای مقاومت زمین را کاهش داد.

جریان اتصال بدنه می‌بایست حداقل ۲/۵ برابر جریان نامی فیوز باشد تا بلافاصله قطع گردد. جریان کابل روشنایی برای بیشترین فاصله (۱۱ فاصله) برابر ٤/٦ × ٤ = ۱۸/٤ آمپر خواهد شد بنابراین حداقل جریان عبوری اتصال کوتاه می‌بایست برابر ( در صورت استفاده از فیوز ۲۵ آمپر) ٦۲/۵ آمپر باشد .

I= ۲,۵ ×۲۵ = ٦۲,۵ A

طول حفاری بین پایه‌ها حدوداً برابر ۳۸۵ = ۳۵ ×۱۱ متر می‌باشد و با توجه به این که سیم مسی تقریبا در عمق نسبتا کمی خوابانده می‌شود می‌توان مقاومت زمین را از فرمول زیر محاسبه نمود.

$$R = \frac{P}{\pi L} Ln \frac{۲l}{d}$$

$$R = \frac{۱۰۰}{۳.۱۴ \times ۳۸۵} Ln \frac{۲ \times ۳۸۵}{۵.۱ \times ۱۰^{-۳}} = ۰.۹۸$$

بنابراین نیازی به میله ارت یا ارت صفحه‌ای نمی‌باشد.

در نتیجه جریان خط برابر است با $I = \frac{Uph - N}{R} = \frac{۲۲۰}{۰.۹۸} = ۲۲۵A$

برای کمترین فاصله (۲ فاصله) $R = \frac{P}{\pi L} Ln \frac{۲l}{d} = \frac{۱۰۰}{۳.۱۴ \times ۷۰} Ln \frac{۲ \times ۷۰}{۵.۱ \times ۱۰^{-۳}} = ۴.۶\Omega$

بنابراین نیازی به میله ارت یا ارت صفحه نمی‌باشد.