کاربرد روشهای بهینه‌سازی در محاسبات روشنایی معابر

نعمت‌الله علی تباراندواری غلامرضا صفارپور

مهندسین مشاور قدس نیرو

چکیده :

انجام صحیح محاسبات فنی مربوط به تأمین روشنایی معابرشهری ،یکی ازکارهای معمول در شرکتهای توزیع است .این کاربه دلیل محدودیت انسان درمحاسبات فنی معمولا"بامقداری‌تقریب همراه است.

علاوه‌برآن به دلیل پیچیدگی محاسبات فنی ،محاسبه تعدادزیادی ازطرحهاومقایسه فنی و اقتصادی آنهاباهم ،باروش دستی ،امکان‌پذیرنیست .دراین مقاله روشهایی بیان شده‌اندکه به کمک آنهابتوان بااستفاده ازکامپیوتر،بااصلاح جدولهاومنحنی‌های مرسوم وانجام محاسبات دقیق باسرعت زیاد، محاسبات دقیقتری درروشنایی معابرانجام داد.علاوه برآن روشهایی برای انجام بهینه‌سازی اقتصادی ومقایسه طرحهای مختلف باتجهیزات روشنایی متفاوت ،پیشنهادشده‌است .براساس الگوریتمهای پیشنهادی ،نرم افزاری تهیه‌شده ومثالی ازروندطراحی بهینه روشنایی معابرباکمک آن حل شده‌است که اطلاعات وخروجیهای آن درانتهای مقاله عرضه شده‌است .

شرح مقاله :

تأمین روشنایی مطلوب درروشنایی معابرشهرهاوسایرمکانهای موردنیازباعث تداوم بهتر فعالیتهای اجتماعی درشب،کاهش تصادفات وتلفات انسانی وبالاخره بالارفتن بهره وری می شود.به دلیل این که تأمین روشنائی موردنیازومطلوب ازهدفهای شرکت توزیع است ،باانجام صحیح محاسبات فنی مربوط به آن وکاربرد محاسبات بهینه سازی می توان باحداقل هزینه به نتیجه مطلوب دست پیدا کرد.

خصوصیات یک سیستم روشنایی خوب ازنظرفنی [۱] را،می توان به صورت زیرخلاصه کرد:

۱ـ ایجادروشنایی کافی درسطح معبر

۲ـ دارابودن یکنواختی روشنایی

۳ـ جلوگیری ازچشم زدگی وخیرگی

ازآن جایی که حدود۳ تا۴ درصدازمصرف انرژی الکتریکی ،درسیستمهای روشنایی معابرمصرف می شود ،یک سیستم روشنایی معابرخوب ،بایدازنظراقتصادی به نحوی باهزینه های قابل قبول ومناسب طراحی گردد.بنابراین بایدحتی المقدورعوامل تولیدکننده هزینه درنظرگرفته شوند.این عوامل رامی توان به سه دسته تقسیم نمود.

۱ـ تجهیزات اعم ازپایه ،چراغ ،لامپ .....

۲ـ نصب تجهیزات ،نظیرقراردادن کابل درزمین ،نصب پایه ،حفاری ،مجوزحفاری .....

۳ـ انرژی مصرفی وتلفات دریک دوره طراحی

روندطراحی روشنایی خیابان ومیدان

روش طراحی درخیابانهاومیدانهارامی توان درده قدم خلاصه کرداین ده قدم عبارتنداز:

۱ـ انتخاب شدت روشنای متوسط باتوجه به نوع معبرووضعیت اطراف آن وبااستفاده از استانداردهای موجود (E_{av}) .

۲ـ انتخاب نوع چراغ ولامپ (Φ) .

۳ـ انتخاب آرایش پایه هاومشخصات پایه (ارتفاع نصب ،بازو،زاویه نصب).

۴ـ محاسبه ضریب کاهش نورچراغ بااستفاده ازآلودگی محیط ،رنگ آسفالت وضریب کاهش نور لامپ براثرفرسودگی لامپ (LLF) .

۵ـ محاسبه ضریب بهره بااستفاده ازمشخصات خیابان ،چراغ وپایه (CU) .

۶ـ محاسبه اسپن بااستفاده ازفرمول $L=\frac{\Phi \times LLF \times CU}{E_{av} \times W}$ ،که درآن W عرض مفیداست .

۷ـ محاسبه شدت روشنایی درنقاط مختلف ومحاسبه شدت‌روشنایی متوسط وضرایب‌یکنواختی. در صورتی که شدت روشنایی وضرایب یکنواختی درمحدوده مقادیر استاندارد نباشند، اسپن راآنقدرکم می‌کنیم تابه یکنواختی موردنیازبرسیم .

۸ـ محاسبه آستانه افزایش [۲]

برای تنظیم خیرگی ازپارامترآستانه افزایش استفاده می‌شود.این پارامتربرای معابرمختلف نبایدازمحدوده خاصی تجاوزنماید.پارامترآستانه افزایش باید دربدترین حالت محاسبه شودیعنی چراغ کاملا"تمیزباشدولامپ نیزفلوی اولیه خودراتولیدنماید.پارامترآستانه افزایش ازرابطه زیرمحاسبه می شود:

$$T_i = \frac{V_f \times \Phi}{10 \times (\bar{L}/MF)^{0.8}}$$

Φ : شارنوری اولیه لامپ برحسب کیلولومن

L : درخشندگی متوسط معبر

MF :ضریب نگهداری که برابرحاصل ضرب ضریب نگهداری چراغ وضریب نگهداری شار لامپ است .

V_f :(Veil factor)حاصل ضرب‌درخشندگی ناشی‌ازیک‌کیلولومن شارلامپ‌درضریب‌ثابت ۶۵۰

۹ـ محاسبات الکتریکی (محاسبه سطح مقطع هادی)

باتوجه به امپدانس هادیها(کابل یاسیم) وبااستفاده ازمحاسبات پخش بارحداکثر تعداد چراغهایی که هادی می‌تواندتغذیه کندمحاسبه می شود.البته این تعدادباتوجه به محدودیت افت ولتاژ و محدودیت جریان هادیهامحاسبه می‌شود.سپس باتوجه به حداکثرچراغ محاسبه شده برای هادی ، تعدادکل چراغها،تعدادپستهاوفواصل آنهاهادی مناسب انتخاب می شود.

۱۰ـ محاسبه هزینه

هزینه کل طراحی ازمجمع هزینه‌های زیربدست می‌آید:

الف - هزینه تجهیزات :پایه ،چراغ ،لامپ ،هادی (کابل یاسیم)،متعلقات پایه سیمانی .

ب - هزینه‌نصب‌تجهیزات:فونداسیون،هزینه‌های‌حفاری،مجوزحفاری،قراردادن‌کابل‌درزمین.

ج - هزینه انرژی مصرفی چراغهاوتلفات :بااستفاده ازمحاسبات پخش باروتعیین ولتاژ هرچراغ ، در صورتی که افت ولتاژ درمحدوده مجازباشدتلفات وتوان مصرفی چراغهامحاسبه می‌شود.

فلوچارت نشان دهنده الگوریتم کاردرشکل (۱) آمده‌است .

روندطراحی روشنایی تونل

باتوجه به این که تونل محیط تقریبا"بسته‌ای است ،محاسبات مربوط به‌آن شبیه محاسبات روشنایی داخلی است .وبایداصلاحاتی درمحاسبات انجام گیرد.

طراحی روشنایی تونل رامی توان به صورت زیرخلاصه کرد:

۱ـ انتخاب شدت روشنایی متوسط لازم باتوجه به ترافیک ومحل تونل [۳].

۲ـ انتخاب چراغ ولامپ .

۳ـ محاسبه ضرایب انعکاس مؤثروضریب کاهش نور.

۴ـ محاسبه ضریب بهره وضریب تصحیح .

۵ـ محاسبه تعدادچراغهاوشدت روشنایی درنقاط مختلف وشدت روشنایی متوسط

اصلاحاتی برای انجام محاسبات دقیق

متأسفانه دربیشترمواردمنحنی‌های ضریب بهره ،برای زاویه نصب صفرموجودهستندبرای به دست آوردن ضریب بهره زاویه‌های بیشترازصفردرجه ،به طورخلاصه به صورت زیرعملیات انجام می شود:

بااستفاده ازمنحنی پخش نورچراغ ومشخصات فرضی یک پایه وخیابان ،شدت روشنایی در نقاط خاصی برای دوحالت زاویه نصب صفردرجه وزاویه نصب موردنیازمحاسبه شده وبااستفاده ازآنهاضریب بهره متناسب بازاویه نصب موردنظرمحاسبه می شود.

برای محاسبه شدت روشنایی بازاویه نصب بزرگترازصفردرجه ،چون محل خط عمودبرمحور چراغ تغییرپیدامی کنددرمحاسبه زاویه θ ،بایدتغییرمحل خط عمودبرمحورچراغ تأثیرداده شود.

حالتهای مختلف طراحی وبهینه‌سازی ومحاسبات فنی

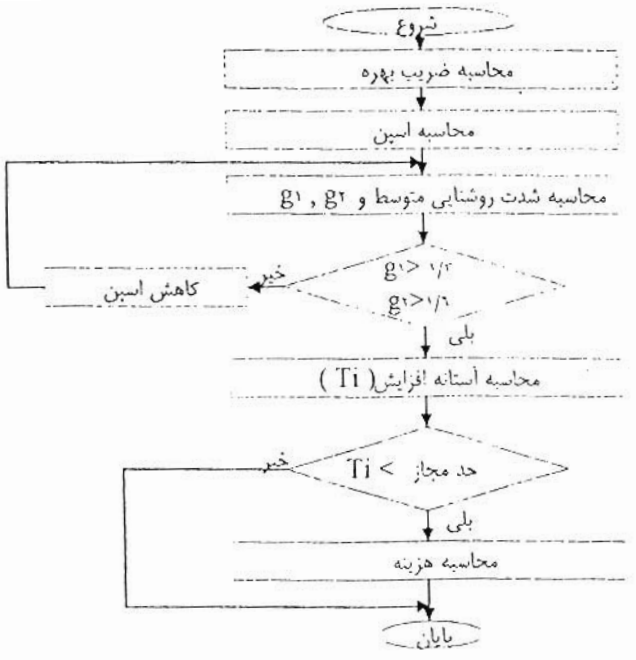
درمحاسبات بهینه‌سازی وطراحی روشنایی معابر،برخلاف مسائل بهینه‌سازی مختلفی که در محاسبات مربوط به شبکه‌توزیع وجوددارد،حالات وانتخابهای زیادی برای بهینه‌سازی وجود دارد . حالتهای مهم برای بهینه‌سازی عبارتنداز:

۱ـ طراحی بامشخصات ثابت

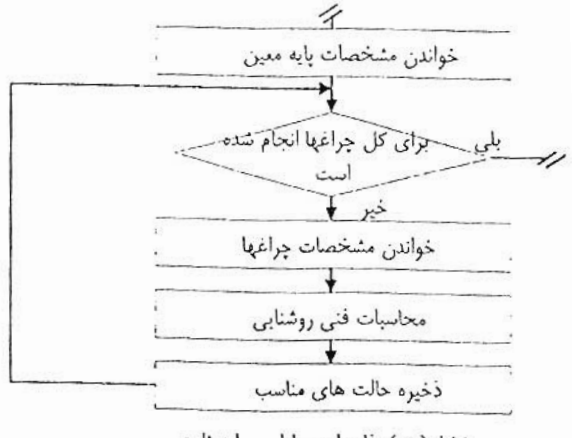
دراین نوع طراحی یک پایه بامشخصات (ارتفاع نصب ،بازو،زاویه نصب)ثابت درنظرگرفته و طراحی بهینه انجام می‌شود.وکاربردآن بیشتردرمواردی است که درانبارشرکت توزیع پایه خاصی موجود باشدوبخواهندازآن پایه استفاده نمایند.دراین حالت بایدبتوان بهترین چراغ‌یاچراغهاراازنظر اقتصادی انتخاب کرده والگوریتم طراحی رابرای چراغهای موجوددربانک اطلاعاتی انجام داد و فهرستی‌بترتیب‌اولویت‌چراغهاازنظراقتصادی‌به‌دست‌آورد.فلوچارت‌این‌روش‌درشکل (۲)آمده‌است.

۲ـ طراحی بهینه

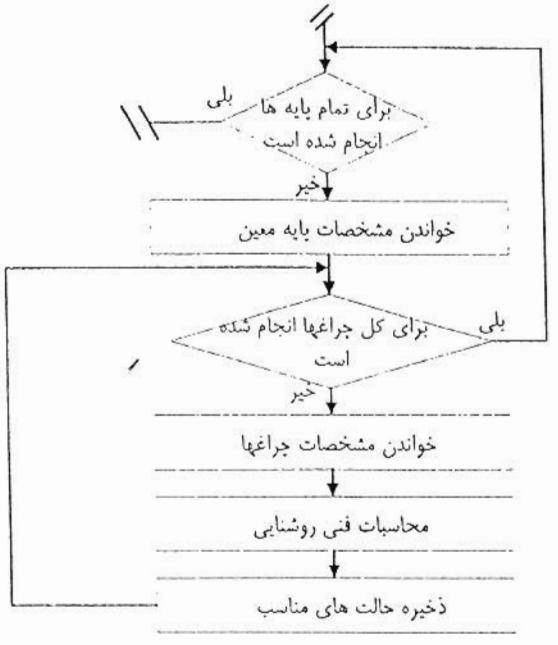
دراین حالت طراحی ،مشخصات پایه هامعین نبوده وبایدباتوجه به بانک اطلاعاتی پایه‌ها طراحی شود .دراین حالت نیزتمام چراغهای موجوددربانک اطلاعاتی تست می‌شوندو فهرستی از طراحی‌ها وهزینه‌های آنهابه همراه مشخصات پایه هاوچراغهابه دست می‌آید.فلوچارت نشان دهنده الگوریتم کاردرشکل (۳)آمده‌است .



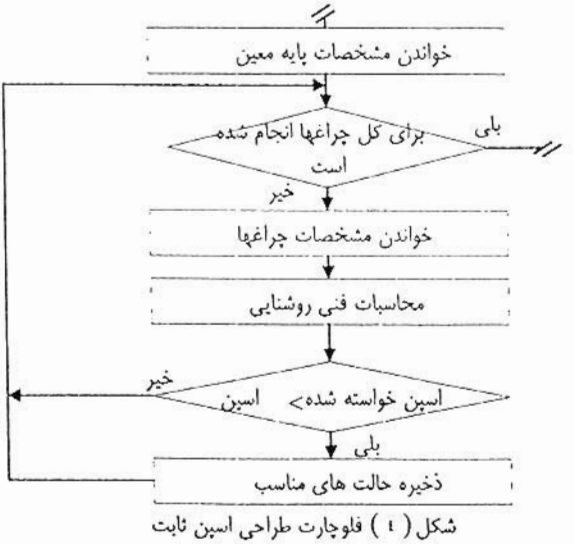
شکل (۱) فلوچارت محاسبات فنی روشنایی معابر



شکل(۲) فلوچارت طراحی پایه ثابت



شکل (۳) فلوچارت طراحی بهینه



شکل (٤) فلوچارت طراحی اسپن ثابت

۳ـ طراحی بااسپن ثابت

بیشترین استفاده این حالت ازطراحی درموقعی است که لازم باشدبرروی پایه‌های فشارضعیف یاپایه‌های ازقبل نصب شده ،چراغهای روشنایی نصب شود.دراین وضعیت که مشخصات پایه‌هامعین هستند،ابتدافاصله اسپن محاسبه می‌شوداگراسپن محاسبه شده بیشتریامساوی اسپن خواسته شده باشد. طراحی ادامه می‌یابد،درغیراینصورت طراحی متوقف می شود.دراین حالت نیزبرای تمامی چراغهای موجوددربانک اطلاعاتی ،محاسبات انجام می شود،تافهرستی ازاولویتهابه دست آید.فلوچارت نشان دهنده الگوریتم کاردرشکل (۴)آمده‌است .

محاسبات آزمایش شبکه موجود

این قسمت برای معابری که طراحی روشنایی آنهاقبلا"انجام گرفته‌است ،مورداستفاده قرار می‌گیرد.دراین آزمایش پارامترهای فنی مهم ،یعنی شدت روشنایی متوسط ،ضرایب یکنواختی و آستانه افزایش محاسبه شده ودرجدولی ارائه می‌شوندکاربرداین محاسبات به عنوان ابزاری برای طراحی دستی روشنایی معابریااحتمالا"جابجایی تجهیزات درنقاط مختلف شهراست .

نرم‌افزارمناسب برای محاسبات روشنایی معابر

نرم‌افزارمناسب برای محاسبات روشنایی معابربایدامکان انجام تمام محاسبات طراحی بهینه‌سازی وفنی ذکرشده‌دربالا راداشته‌باشد.علاوه‌برآن قدرت‌استفاده ازپایگاه‌اطلاعات مربوط به چراغها،هزینه ها ، پایه‌ها....راداشته باشد.علاوه برآن بایدویرایش اطلاعات موردنیازطراحی رابه سادگی امکان پذیرکندحال بااین مواردذکرشده، یک نرم‌افزارخوب بایددارای خواص زیرباشد.

۱ـ گرفتن ورودی وطراحی

نرم‌افزاری بایدقادربه طراحی برای سه نوع معبرخیابان ،میدان وتونل باشدوبرای خیابان و میدان سه حالت طراحی مشخصات پایه ثابت ،طراحی بهینه وطراحی بااسپن ثابت درنظرگرفته شود.

برای طراحی روشنایی خیابان ،آرایش پایه هاباید‌بصورت زیرباشد

الف - یک طرفه **ب - دوطرفه روبرو**

پ - دوطرفه زیگزاگ **ت - بلواری**

ج - بلواری ودوطرف روبرو **د - بلواری ودوطرف زیگزاک**

ه - نصب دروسط (توسط کابل)

برای میدان آرایش های زیردرنظرگرفته شوَد

الف - نصب دررفوژداخل **ب - نصب دررفوژخارج**

پ - نصب دردوطرف روبرو **ت - نصب دردوطرف زیگزاک**

برای تونل آرایشهای زیردرنظرگرفته شود

الف - نصب دروسط تونل **ب - نصب دردوطرف تونل**

۲ - گرفتن اطلاعات جدیدیاحذف بعضی ازاطلاعات موجود

نرم‌افزارباید‌قابلیت اضافه کردن اطلاعات جدیدچراغها،لامپهاوپایه‌هارادارابا‌شد. برای چراغهای داخلی بایدبتواندجدول پخش نورآن راواردکردوبرای چراغهای خارجی که منحنی پخش نورآنهاموجوداست بایدبااستفاده ازاسکنریادیجیتایزربتواندمنحنیهای پخش نورراگرفته وجدول پخش نورراستخراج نمایدوهمچنین همین کاررابرای منحنی ضریب بهره انجام دهد.

همچنین‌امکان‌اضافه‌کردن‌دیگر تجهیزات جدیدرا،درکنارقابلیت حذف‌تجهیزات قدیمی ، دارا باشد .

۳ـ اصلاح وتغییرداده‌های قبلی وبه روزدرآوردن داده‌ها

باتوجه به اینکه هزینه محاسبه‌شده بایدبه قیمت روزباشدنرم‌افزارباید‌قابلیت‌اصلاح قیمت عوامل تولیدکننده هزینه رادارا‌باشد.وهمچنین بایدبتوان بعضی ازداده هارا،ازقبیل پیش فرضهای موجوددرنرم افزاررا(مثلا"افت ولتاژ مجاز)تغییرداد.

٤ـ آزمایش شبکه روشنایی موجود

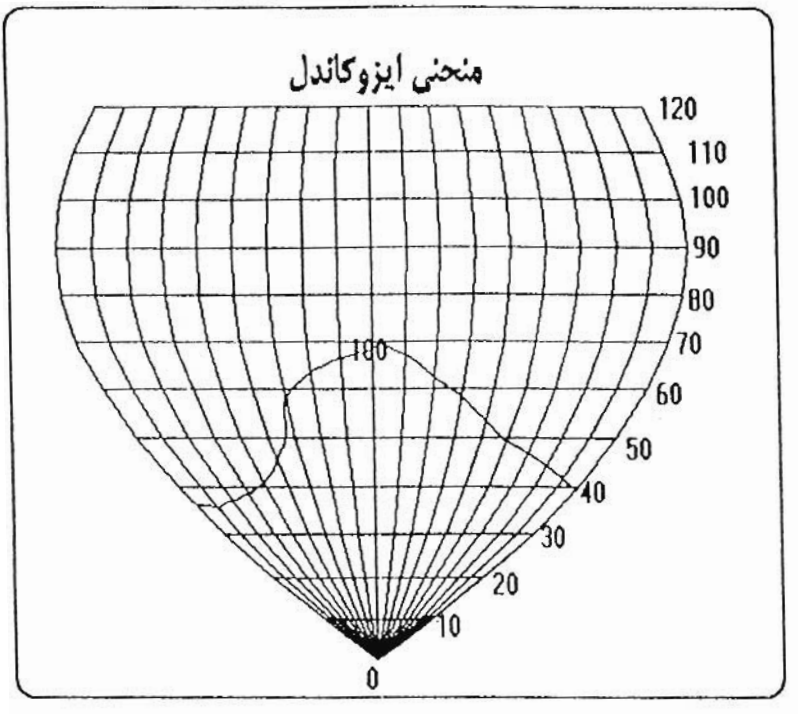
قابلیت آزمایش شبکه‌های روشنایی موجودرادارا‌باشد.

۵ـ نمایش گرافیکی روشنایی درسطح معبر

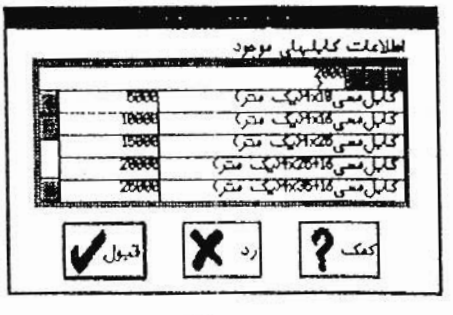
برای اطمینان ازنتایج طراحی ومشاهده‌نتایج آن برای تصمیم‌گیری بهتر(بررسی عینی‌دو یا چند طرحی که ازنظراقتصادی اختلاف کمی دارند وانتخاب طرحی که ازنظرفنی دارای مشخصات بهتری است) درباره یکی ازطرحها،نرم‌افزاربایدامکان نمایش گرافیکی شدت روشنایی درسطح معبر را بااختصاص رنگ های مناسب به مقدارهای متناظرشدت روشنایی داشته باشد.

نرم‌افزارروشنایی معابر

براساس روشهای پیشنهادی وخواصی‌که‌دربالابه‌آن اشاره شده‌است نرم فزاری به زبان C + + تهیه شده‌است که بتواندبه نحوکاربردی ،محاسبات روشنایی معابرراانجام دهد.این نرم‌افزاربه تمام مشخصات ضروری آن ،که درمقاله شرح داده شده‌است طراحی شده‌است .برای مشخص کردن چگونگی کاربردمشخصات فوق درنرم‌افزار،دونمونه ازصفحه نمایش برنامه چاپ شده‌است .اولین نمونه آن منحنی پخش نورچراغهای خارجی است ،که بادیجیتایزررسم شده است شکل (۵). برنامه از این منحنی، جدول پخش‌نوررامحاسبه‌می‌کند.درشکل (۶)نمونه‌ای‌ازپنجره‌اصلاح اطلاعات ، مربوط به قیمت کابلهاآمده است .


منحنی ایزوکاندل
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
180

شکل(۵)


اطلاعات کابلهای موجود
کابل مسی ۱۶x۲ (یک متر)
کابل مسی ۱۶x۸ (یک متر)
کابل مسی ۲۵x۲ (یک متر)
کابل مسی ۱۶x۲۶+۱۶ (یک متر)
کابل مسی ۱۶x۳۶+۱۶ (یک متر)
قبول
رد
کمک

شکل(۶)

مثالی از طراحی روشنایی خیابان :

طراحی درحالت طراحی مشخصات پایه ثابت ،برای مقایسه دونوع چراغ مختلف انجام شده‌است .محاسبات بادوچراغ انتخابی ازچراغهای موجودبازارانجام شده ولی دراین مقاله ازذکراسامی آنهاخودداری وفقط ازآنهابادونام A و B یاد شده‌است .

ورودیهاوخروجی طراحی درزیرنشان داده شده‌اند.

ورودیهای طراحی

مشخصات معبر				
نوع	وضعیت اطراف	طول (متر)	عرض (متر)	عرض باند وسط (متر)
بزرگراه	تجاری – مسکونی	۱۰۰۰	۱۵	۳

مشخصات پایه (فلزی)				
نوع	فاصله پایه از معبر (متر)	ارتفاع (متر)	بازو (متر)	زاویه نصب (درجه)
فلزی	۱/۵	۱۲	۲	۰

خروجی طراحی

طرح پیشنهادی	نوع چراغ	اسپن(متر)	هزینه طراحی (ریال)
۱	A	۲۹/۴	۱۴۳۵۲۰۰۰
۲	B	۳۲/۸	۱۷۲۵۵۰۰۰

نتیجه‌گیری

دقیقترکردن منحنیهاوجدولهای مربوط به محاسبات روشنایی معابروکاربردآن درنرم‌افزار کامپیوتری که‌امکان محاسبات سریع ودقیق رافراهم‌می‌کندوهمچنین‌تکرارمحاسبات درانواع طراحی‌ها و بهینه‌سازی اقتصادی طرحهای فنی ،باعث کم‌هزینه‌شدن وتأمین روشنایی مطلوب می‌شود.

مراجع

۱ـ دکترحسن کلهر،"مهندسی روشنایی "،شرکت سهامی انتشار

2- BS 5489 , "Road Lightting" ,Part 2 ,1992

3 - BS 5489, "Road Lightting", Part 7 , 1992