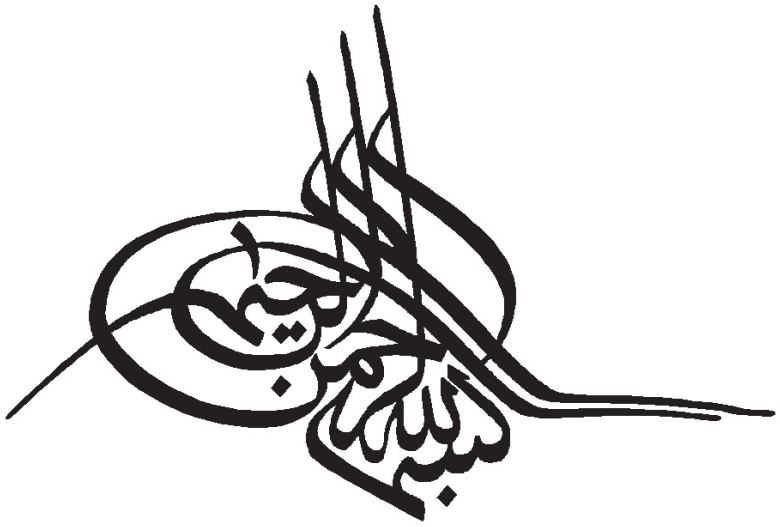

بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت راه و ترابری
پژوهشکده حمل و نقل

طراحی سیستمهای روشنایی تونلهای راه

عنوان و نام پدیدآور : طراحی سیستمهای روشنایی تونلهای راه/ مجری: شرکت مهندسین فیروزپویا؛ مدیر پروژه: امیر محجوب؛ ناظرین: محمد جواد جعفری، عبدالهادی قزوینیان، حسن مدنی.
مشخصات نشر : تهران: وزارت راه و ترابری، پژوهشکده حمل‌ونقل، ۱۳۸۸.
مشخصات ظاهری : ۹۹ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک : ۱۲۰۰۰ ریال: ۵-۴۷-۲۹۹۳-۹۶۴-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
موضوع : تونل ها -- روشنایی
شناسه افزوده : محجوب، امیر، ۱۳۶۰
شناسه افزوده : جعفری، محمد جواد، ۱۳۳۱
شناسه افزوده : قزوینیان، عبدالهادی
شناسه افزوده : مدنی، حسن
شناسه افزوده : ایران. وزارت راه و ترابری. پژوهشکده حمل و نقل
شناسه افزوده : شرکت مهندسین مشاور فیروز پویا
رده بندی کنگره : ۱۳۸۸ ٤ط/TA۸۱٤
رده بندی دیویی : ٦۲٤/۱۹۳
شماره کتابشناسی ملی : ۱۷٦٦۳۰۱

وزارت راه و ترابری - پژوهشکده حمل‌ونقل

عنوان : **طراحی سیستمهای روشنایی تونلهای راه**
بخش پژوهشی : **زیر ساختها**
مجری : **شرکت مهندسین مشاور فیروز پویا**
مدیر پروژه : **امیر محجوب**
ناظرین : **محمد جواد جعفری- عبدالهادی قزوینیان- حسن مدنی**
ناشر : **پژوهشکده حمل‌ونقل**
شابک : **۵-۴۷-۲۹۹۳-۹٦٤-۹۷۸**
نوبت چاپ : **اول**
تاریخ انتشار : **تابستان ۱۳۸۸**
شمارگان : **۳۵۰ نسخه**
قیمت : **۱۲۰۰ تومان**
لیتوگرافی : **باران**
چاپ و صحافی : **پژمان**
نشانی : **تهران - خیابان شهید سپهبد قرنی - خیابان شهید کلانتری - پلاک ٦۵- پژوهشکده حمل‌ونقل- اداره انتشارات تلفن: ٦ - ۸۸۹۳۳۵۲۱ نمابر: ۸۸۹۳۳۵۳٦**
وب سایت و تلفن مراکز پخش و فروش:
۱ - پژوهشکده حمل‌ونقل ٦ - ۸۸۹۳۳۵۲۱ ، www.tri.gov.ir
۲ - برج شهید دادمان ۸۲۲٤٤۱۷۳ ، www.rahiran.ir
۳ - مؤسسه فدک ایساتیس ٦٦٤۸۲۲۲۱ - ٦٦٤۸۱۰۹٦ ، www.fadakbook.com

کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است

پیشگفتار

حمل‌ونقل از ابتدای تاریخ بشـــر، نقشـــی اساسی در شکل‌دهی جوامع انسانی و توسعهٔ اقتصادی آنها ایفا نموده اســـت و در عصر حاضر نیز شـــریانهای ارتباطی، زیربنای اقتصاد هر کشوری را تشکیل می‌دهد.

توســـعهٔ پایدار، حمل‌ونقل سریع و ایمن نیز همانند ســـایر ابعاد زندگی بشر، هنگامی تبلور پیدا می‌کند که به صورت نظام‌مند و براساس منطق علمی پایه‌ریزی شده باشد؛ در این فرایند علمی و نظام‌مند اســـت که نقش و جایگاه علوم حمل‌ونقل در توســـعهٔ پایدار و اقتصاد جوامع تجلی می‌یابد.

در حـــال حاضر، افراد و مؤسســـات زیادی در سراســـر دنیا به تحقیـــق و آموزش در شـــاخه‌های مختلف علوم حمل‌ونقل مشـــغول هستند که نتیجهٔ تلاشـــهای آنها منجر به ایجاد ســـامانه‌های پیشرفتهٔ جدید حمل‌ونقل و بهینه‌سازی ســـامانه‌های موجود شده است. با توجه بـــه جوان بودن رویکرد علمی در صنعت حمل‌ونقل کشـــور و نیـــاز روزافزون به این صنعت مهم و فراگیر، این فرصت طلایی برای پژوهشـــگران کشـــور وجود دارد تا ارتباط لازم را با محافل علمی دنیا برقرار نموده و همگام با مراکز معتبر بین‌المللی در این عرصهٔ نوین حرکت نمایند.

پژوهشـــکدهٔ حمل‌ونقل وزارت راه و ترابری در راســـتای پاسخگویی به این نیازها و به منظور پرکردن خلاء ناشـــی از نبود یک مرکز توانمند علمی و پژوهشـــی در زمینهٔ مهندسی حمل‌ونقل و زیرساختهای مرتبط با آن، در سال ۱۳۸۲ تأسیس گردید. این پژوهشکده به عنوان مجموعه‌ای علمی در زمینهٔ حمل‌ونقل، این رسالت عظیم را برعهده دارد تا با تکیه برخلاقیت و پشتکار پژوهشگران داخلی و نیز پشتوانهٔ تجربهٔ جمعی از متخصصان در سازمانها و ادارات وزارت راه و ترابری، به مرکز تولید دانش در صنعت حمل‌ونقل ایران تبدیل شود.

از مهمترین وظایف پژوهشـــکدهٔ حمل‌ونقل در راســـتای انجام این رســـالت، نشـــر و اطلاع‌رسانی علمی آخرین دستاوردهای تحقیقی از طریق انتشار گزارشهای علمی و پژوهشی است.

این کتاب به منظور آشـــنایی و اطلاع متخصصان از اصول، مراحل، روشها و تجربیات مرتبط با روشـــنایی تونلهای راه تدوین شده اســـت. در قسمتهای مختلف این مجموعه مبانی روشـــنایی در تونلها، نحوه محاســـبه پارامترهای مورد نیاز و شـــرح خدمات طراحی سیستم روشنایی تونلهای جاده‌ای ارائه گردیده است.

در انتشار این مجموعه، افراد بسیاری همکاری داشته‌اند، از جمله آقای **مهندس حسن عباســـیان** از شرکت مهندســـین مشـــاور **فیروزپویا** به عنوان مجری پروژه و آقایان **مهندس دلشاد پناهی**، **مهندس سید احمد هاشمیان** و **مهندس عباسعلی مقیمی** همکاران وی، آقایان **دکتـــر محمد جـــواد جعفری** و **دکتر عبدالهادی قزوینیان** و **مهندس حســـن مدنی** به عنوان ناظرین پروژه، آقای **مهندس امیر محجوب** که مدیریت این پروژه را در پژوهشکده عهده دار بوده‌اند و آقای **دکتر کیومرث عماد** رئیس بخش زیرســـاختهای پژوهشکده حمل‌ونقل، که از همه این بزرگواران صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

محمود عامری

رئیس پژوهشکده حمل‌ونقل

تابستان ۱۳۸۸

طراحی سیستمهای روشنایی تونلهای راه

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

طراحی روشنایی تونلهای جاده‌ای ۱

۱ـ۱ ـ جمع‌آوری اطلاعات شامل میزان ترافیک، ارتفاع مجازوغیره..... ۱

۱ـ۲ ـ مطالعات اولیه و تعیین پارامترهای مختلف ۱

۱ـ۲ـ۱ـ محاسبه فاصله دید توقف(SSD) ۱

۱ـ۲ـ۲ ـ محل نقطه تطابق(A) ۱

۱ـ۳ ـ مطالعات میدانی ۳

۱ـ۳ـ۱ ـ تصحیح مقدار SSD ۳

۱ـ۳ـ۲ ـ عکسبرداری از روی نقطهSSD بیرون تونل ٤

۱ـ۳ـ۳ ـ اندازه‌گیری ابعاد هندسی تونل و بررسی وضعیت تونل..... ٤

۱ـ٤ ـ مطالعه و بررسی روشنایی براساس طول تونل ٥

۱ـ٥ ـ محاسبه L20 با روشهای مختلف ۸

۱ـ٥ـ۱ـ روش CIE88 جهت تعیین L20 ..... ۸

۱ـ٥ـ۲ ـ اندازه‌گیری مستقیم در سایت ۹

۱ـ٥ـ۳ ـ روش شبکه ۱۱

۱ـ٦ ـ محاسبات روشنایی نواحی مختلف،شامل طول ناحیه وشدت روشنایی مورد نیاز ۱٤

۱ـ٦ ـ۱ـ ناحیه آستانه ۱٤

۱-۲-٦ ـ ناحیه انتقال ۱۷

۱ـ٦ ـ۳ ـ ناحیه داخلی تونل ۱۸

۱ـ٦ـ٤ـ روشنائی ناحیه خروج ۲۰

۱ـ۷ ـ انتخاب نوع چراغ و گرفتن تأییدیه چراغ از کارفرما ۲۰
۱ـ۸ ـ مشخص نمودن نحوه آرایش چراغها با استفاده از نرم‌افزار و تعیین ضرایب یکنواختی طولی و کلی و بررسی اثرات فلیکر ۲۱
۱ـ ۸ ـ۱ـ تعیین یکنواختی طولی و کلی ۲۱
۱ـ۸ ـ۲ ـ بررسی اثر فلیکر (سوسوزدن) ۲۲
۱ـ۸ ـ۳ ـ بررسی نوع توزیع نور و چیدمان چراغها ۲۳
۱ـ۹ ـ تعیین مراحل مختلف کنترل و پله‌های روشنایی ۲۶
۱ـ۱۰ـ طراحی روشنایی ناحیه دسترسی ۲۷
۱ـ۱۱ـ مطالعه و طراحی روشنایی اضطراری ۲۷
۱ـ۱۱ـ۱ ـ استفاده از چراغ تونلی ۲۸
۱ـ۱۱ـ۲ ـ استفاده از چراغهای SMART STUD ۲۹
۱ـ۱۱ـ۳ ـ استفاده از چراغهای فلورسنت ۲۶
۱ـ۱۲ـ تهیه نقشه CAD چراغها ۲۹
۱ـ۱۳ـ تهیه نقشه سیم‌کشیها ۲۹
۱ـ۱٤ ـ محاسبات سطح مقطع کابلها و انتخاب کابل ۳۰
۱ـ۱۵ـ طراحی تابلوهای برق روشنایی ۳۰
۱ـ۱٦ ـ طراحی سیستم کنترل و نرم‌افزار مربوطه ۳۲
۱ـ ۱٦ـ۱ ـ آشکاسازهای نوری (فتو سل) ۳۲
۱ـ۱٦ـ۲ـ سیستم کنترل ۳۲
۱ـ۱۷ ـ محاسبه توان کل مصرفی سیستم روشنایی ۳۵
۱ـ ۱۸ ـ طراحی سیستم اتصال زمین ۳٦
۱ـ۱۹ـ طراحی پست برق ۳۷
۱ـ۲۰ ـ برآورد اقتصادی طرح براساس فهرست بها ۳۸

ضمیمه ۱ .....

فرم شماره یک ٤٠

ضمیمه۲ .....

۲ـ۱ ـ تعاریف مورد استفاده در نرم‌افزار ٤٤

۲ـ۲ ـ روشنایی مورد نیاز هنگام روز و هنگام شب ٤٦

۲ـ۳ ـ شروع استفاده از برنامه ٤٧

۲ـ٤ ـ جزئیات تونل ٤٨

۲ـ٥ ـ جزئیات مدخل شماره ۱ و۲ تونل ٤٩

۲ـ٦ ـ جزئیات ناحیه داخلی و نور شب هنگام ٥٠

۲ـ۷ ـ ابعاد تونل ٥٠

۲ـ۸ ـ چیدمان چراغها ٥٢

۲ـ۹ ـ محاسبات روشنائی مورد نیاز مدخل تونل ٥٤

۲ـ۹ـ۱ ـ روش IES ٥٤

۲ـ۹ـ۲ ـ روش CIE ٥۷

۲ـ۱۰ ـ انواع روشنائی تونل ٦٠

۲ـ۱۱ ـ چیدمان چراغها ٦١

۲ـ۱۱ـ۱ ـ اضافه کردن یک چراغ به یک ناحیه ٦١

۲ـ۱۱ـ۲ ـ اضافه کردن یک ردیف چراغ به یک ناحیه ٦٢

۲ـ۱۲ ـ مدیریت چراغهای پروژه ٦٣

۲ـ۱۳ ـ محاسبات ٦٤

ضمیمه ۳ .....

۳ـ۱ عوامل موثر در طراحی روشنایی جاده دسترسی ٦٩

۳ـ۲ ـ مراحل طراحی سیستم روشنائی معابر ٦۹
۳ـ۲ـ۱ ـ تعیین نوع راه ٦۹
۳ـ۲ـ۲ ـ تعیین مشخصات راه ۷۰
۳ـ۲ـ۳ ـ ارتفاع نصب ۷۰
۳ـ۲ـ٤ ـ محدودیت خیرگی ۷۱
۳ـ۲ـ۵ ـ انتخاب نوع لامپ ۷۱
۳ـ۲ـ٦ـ طول بازو ۷۱
۳ـ۲ـ۷ ـ آرایش نصب ۷۱
۳ـ۲ـ۸ ـ زاویه بازو ۷۲
۳ـ۲ـ۹ـ ضریب نگهداری چراغ ۷۲
۳ـ۳ ـ معیارهای طراحی روشنایی معابر ۷۲
۳ـ٤ ـ معرفی نرم‌افزار طراحی روشنایی ناحیه آستانه(CALCULUX) ۷٤

ضمیمه ٤ .....
٤ـ۱ ـ دسته‌بندی روشنایی تونلها ۸۰

ضمیمه ۵ .....
الف) شرح خدمات روشنایی تونل.....
۵ـ۱ ـ مطالعات مرحله اول ۸۳
۵ـ۱ـ۱ ـ جمع‌آوری اطلاعات ۸۳
۵ـ۱ـ۲ ـ مطالعات اولیه و تعیین پارامترهای مختلف براساس اطلاعات جمع‌آوری شده... ۸۳
۵ـ۱ـ۳ ـ مطالعات میدانی ۸۳
۵ـ۱ـ٤ـ مطالعه و بررسی روشنایی براساس طول تونل ۸۳
۵ـ۱ـ۵ ـ تعیین پارامترهای مختلف روشنایی تونل ۸۳

۵ـ۱ـ۶ ـ تعیین مشخصات فنی چراغ ۸۴
۵ـ۱ـ۷ ـ دریافت تأییدیه چراغ از کارفرما ۸۴
۵ـ۱ـ۸ ـ بررسی سیستم برق اضطراری ۸۴
۵ـ۱ـ۹ ـ بررسی و مقایسه روشهای مختلف نصب چراغ ۸۴
۵ـ۱ـ۱۰ـ تعیین نحوه آرایش چراغ با استفاده از نرم‌افزار ۸۴
۵ـ۱ـ۱۱ ـ تعیین پله‌های روشنایی مورد نیاز ۸۴
۵ـ۲ ـ مطالعات مرحله دوم ۸۴
۵ـ۲ـ۱ ـ تهیه نقشه آرایش چراغها ۸۴
۵ـ۲ـ۲ـ تهیه نقشه سیم کشی ها ۸۵
۵ـ۲ـ۳ ـ تعیین سطح مقطع کابلها و انتخاب کابل مناسب ۸۵
۵ـ۲ـ۴ ـ محاسبه توان مصرفی هر خط ۸۵
۵ـ۲ـ۵ ـ طراحی تابلو برق ۸۵
۵ـ۲ـ۶ ـ طراحی سیستم اتصال زمین ۸۵
۵ـ۲ـ۷ ـ طراحی مدار توزیع نیرو ۸۵
۵ـ۲ـ۸ ـ تعیین مسیر کابل کشی ۸۵
۵ـ۲ـ۹ ـ تعیین میزان برق مورد نیاز ۸۵
۵ـ۲ـ۱۰ ـ طراحی پستهای برق مورد نیاز ۸۵
۵ـ۲ـ۱۱ـ برآورد مقادیر و هزینه‌ها ۸۵
ب) شرح خدمات روشنایی راه دسترسی به تونل .....
۵ـ۳ ـ مطالعات مرحله اول ۸۶
۵ـ۳ـ۱ ـ جمع‌آوری اطلاعات ۸۶
۵ـ۳ـ۲ ـ مطالعات میدانی ۸۶
۵ـ۳ـ۳ ـ تعیین ارتفاع نصب پایه‌ها ۸۶
۵ـ۳ـ۴ ـ تعیین نحوه نصب پایه‌ها ۸۶

۵ـ۳ـ۵ ـ تعیین مشخصات فنی چراغ ۸۶
۵ـ۳ـ۶ـ دریافت تأییدیه چراغها از کارفرما ۸۷
۵ـ۳ـ۷ ـ تعیین معیارهای طراحی روشنایی معابر ۸۷
۵ـ۳ـ۸ ـ ارائه طرح روشنایی اولیه ۸۷
۵ـ۴ ـ مطالعات مرحله دوم ۸۷
۵ـ۴ـ۱ ـ نقشه آرایش چراغها ۸۷
۵ـ۴ـ۲ـ طراحی پایه چراغ و فونداسیون ۸۷
۵ـ۴ـ۳ ـ کابل کشی ۸۷
۵ـ۴ـ۴ـ تعیین سیستم زمین ۸۸
۵ـ۴ـ۵ ـ طراحی سیستم کنترل ۸۸
۵ـ۴ـ۶ ـ برآورد مقادیر و هزینه‌ها ۸۸
مراجع ۸۹

طراحی روشنایی تونلهای جاده‌ای

به منظور طراحی روشـــنایی تونلهای جاده‌ای، مراحل مختلف زیر تحت عنوان شـــرح خدمات و دستورالعمل اجرایی طراحی روشنایی تونلها پیشنهاد می‌گردد:

۱-۱ - جمع‌آوری اطلاعات شـــامل میزان ترافیک، ارتفاع مجاز، سرعت طرح، نوع راه و وضعیت جاده‌های دسترسی

اولین قدم در طراحی روشـــنایی تونل جمع‌آوری اطلاعات می‌باشـــد. اطلاعات میزان ترافیک، ارتفاع مجاز و سرعت طرح بایستی از طرف اداره کل راه و ترابری منطقه‌ای که تونل در آن واقع شده است و یا از سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای به‌صورت کتبی استعلام گردد. جمع‌آوری اطلاعات مربوط به نوع راه و وضعیت جاده‌های دسترسی در مرحله بعدی و در بخش مطالعات میدانی صورت می‌گیرد.

۱-۲ - مطالعـــات اولیه و تعیین پارامترهای مختلف براســـاس اطلاعات جمع‌آوری شده، فاصله دید توقف SSD، فاصله نقطه تطابق

۱-۲-۱ - محاسبه فاصله دید توقف(SSD):

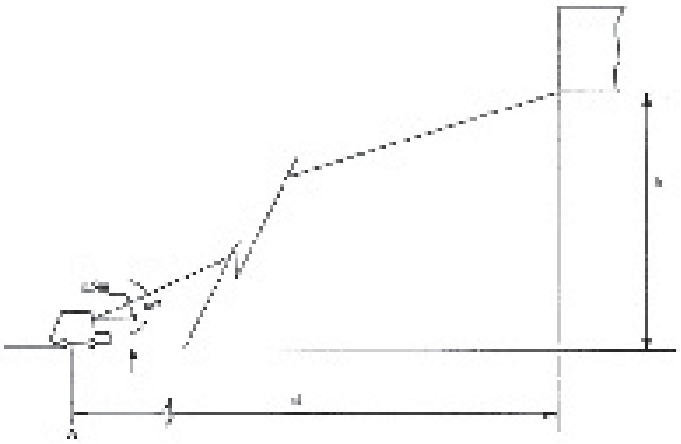
در این مرحله ابتدا با اســتفاده از ســرعت طرح داده شده و با استفاده از جدول (۱ـ۱) مقدار فاصله دید توقف (SSD) محاسبه می‌شود.

جدول ۱-۱ - تعیین فاصله دید توقف (SSD) بر حسب سرعت طرح [۱]

سرعت طرح (km /h)	۵۰	٦۰	۷۰	۸۵	۱۰۰	۱۲۰
فاصله دید توقف	۵۰	۷۰	۹۰	۱۲۰	۱٦۰	۲۱۵

۱-۲-۲ - محل نقطه تطابق (A):

محل نقطه تطابق نقطه‌ای است که به دلیل نزدیک شدن به ورودی تونل قدرت تطابق شدیداً کاهش می‌یابد. حداقل فاصله نقطه A تا دهانه ورودی تونل می‌تواند به‌صورت هندسی تعیین شود در این حالت نقطه A، نقطه‌ای خواهد بود که درآن قسمت فوقانی تونل در زاویه ۱۰ درجه توسط راننده دیده می‌شود. (شکل ۱ـ۱)



شکل۱-۱- روش هندسی تعیین نقطه تطابق A [۱]

با استفاده از فرمول زیر می‌توان محل نقطه تطابق را به دقت تعیین کرد.

$$d = \frac{h-1.5}{\tan 10^0} \qquad (۱ـ۱)$$

که در آن

h = ارتفاع دهانه ورودی تونل (متر)

d = فاصله نقطه A تا ورودی تونل(متر)

درجدول (۱ـ۲) نیز موقعیت نقطه A بر حسب ارتفاع دهانه ورودی تونل داده شده است مقادیر ذکر شده در جدول (۱ـ۲) همواره می‌تواند جهت تعیین نقطه تطابق مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۱ـ۲ تعیین محل نقطه تطابق A [۱]

ارتفاع دهانه تونل(متر)	فاصله نقطهA از وردی تونل d (به متر)
۵	۲۰
۵/ ۵	۲۳
٦	۲٦
٦/ ۵	۲۸
۷	۳۱
۷/ ۵	۳٤
۸	۳۷
۸ / ۵ و بزرگتر	٤۰

۱ـ۳ ـ مطالعات میدانی

در این مرحله گروه طراحی بایستی با حضور در محل تونل مطالعات میدانی مورد نیاز جهت طراحی روشنایی تونل را انجام دهد در ذیل به کارهای انجام شده در محل تونل اشاره می‌شود فرمهایی به‌صورت استاندارد جهت ثبت مطالعات میدانی تهیه گردیده است که در ضمیمه یک ارائه می‌گردد.

۱ـ۳ـ۱ ـ تصحیح مقدار SSD

مقادیر ذکر شـــده در جدول ۱ـ۱ معمولاً در اکثر حالات صادق اســـت مگر وقتی‌که که ناحیه دسترسی شرایط خاصی داشته باشد نمونه هایی از این شرایط در زیر آورده می‌شود:

۱ـ وجود تقاطع در نزدیکی و یا در داخل ناحیه دسترســـی یا آســـتانه تونلها که موجب تغییر سرعت می‌شود.

۲ـ اگر ترافیک جاده از نوع مختلط بوده و ســـواری و ماشـــینهای بزرگ تواماً از جاده استفاده می‌نمایند.

۳ـ کم عرض بودن خط کناری جاده برای استفاده در مواقع اضطراری.

٤ـ وجود پل به نحوی که جاده باریک شود.

در شـــرایط یاد شـــده بالا بایســـتی مقدار SSD را یک پله بالاتر از حالتی که از جدول (۱ـ۱) اســـتخراج کردیم انتخاب کرد.بایســـتی توجه کرد در صورت وجود شـــرایط فوق اگر سرعت طرح ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته شود مقدار SSD بایستی ۲۹۵ متر در نظر گرفته شود. [۱]

۱ـ۳ـ۲ ـ عکسبرداری از روی نقطهSSD بیرون تونل

دوربین را در نقطه‌ای به فاصله SSD از دهانه تونل و در ارتفاع ۵ /۱ متری از ســـطح زمیـــن قرار داده و تحت زاویه۲۰ درجه از هریک از دهانه‌های تونل عکســـبرداری می‌شـــود هنگام عکســـبرداری شاخصی به‌طول مشخص در وسط دهانه جهت مقیاس گذاری قرار داده می‌شود (مطابق نمونه نشان داده در شکل ۲ـ۱).

شکل ۲ـ۱ـ تصویر دهانه از روی نقطه SSD

۱ـ۳ـ۳ ـ اندازه‌گیری ابعاد هندسی تونل و بررسی وضعیت تونل

در این مرحله وضعیت هندسی تونل و ابعاد تونل اندازه‌گیری می‌شود، در این مرحله نقشه برداری از راههای دسترسی به تونل جهت طراحی روشنایی ناحیه دسترسی بایستی صورت گیرد.

مرحله بعد تعیین ضرایب انعکاس دیواره‌ها، سقف و سطح جاده می‌باشد در این مرحله بایستی با توجه به نوع مصالح بکار رفته در دیواره‌ها و میزان تمیز بودن دیواره‌ها و سقف ضرایب انعکاس را تعیین کرد اگر میزان بازتاب دیوارها خوب باشد و دیوارها به‌صورت ادواری شستشو شوند ضریب انعکاس را ۰/ ٤ در نظر می‌گیریم ولی از آنجا که شستشوی دیواره معمولاً به‌صورت مرتب انجام نمی‌گیرد لذا ضریب انعکاس را معمولاً ۰/ ۲ در نظر می‌گیریم. مشخصات تونل بایستی مطابق فرم شماره یک در محل تونل مطالعه شده و ثبت گردد. [۲]

۱ـ٤ـ مطالعه و بررسی روشنایی براساس طول تونل

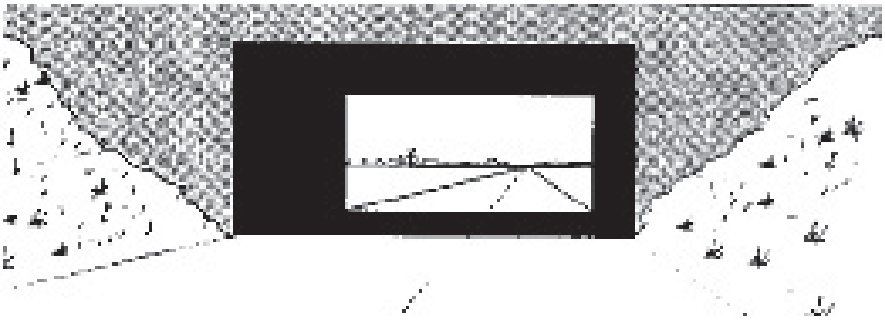
در این مرحله بایستی براساس طول تونل لزوم روشنایی آن را بررسی نمود تونلها را براساس طول تونل به دو دسته کوتاه و بلند تقسیم می‌کنند طبق تعریف استانداردهای CIE و IES تونل کوتاه تونلی اســت که در حالت نبودن ترافیک در داخل تونل خروجی و پشت آن از دهانه ورودی قابل رؤیت باشد و معمولاً طول آن کمتر از ۱۵۰ فوت (٤٦ متر) است و در بعضی موارد به ٤۰۰ فوت(۱۲۲ متر) نیز می‌رسد. [۳]

طبق تعریف دیگر تونل کوتاه تونلی اســت که عبور از آن با ســرعت مجاز بیشتر از ۵ ثانیه طول نکشد. به عنوان مثال اگر حداکثر سرعت مجاز ۹۵ کیلومتر در ساعت باشد تونلهای با طول کمتر از ۱۳٤ متر جزو تونلهای کوتاه هستند. [۳]

اگر تونل در دســته تونلهای بلند قرار بگیرد بایســتی الزاماً از سیســتم روشنایی در آن اســتفاده کرد در مورد تونلهای کوتاه بایســتی این مســأله مورد مطالعه قرار گیرد روشــهای مختلفی جهت بررســی لزوم روشنایی تونلها وجود دارد.به عنوان مثال از اثر کادر تیره برای بررســی لزوم روشنائی تونلهای کوتاه می‌توان اســتفاده کرد. اگر یک ناظر از بیرون تونل به داخل نگاه کند همانگونه که از شکل (۲ـ۲) مشاهده می‌شود خروجی تونل را به صورت یک کادر روشن در داخل یک کادر تیره می بیند وقتی که کادر تیره باریک باشد تونل در طول روز می‌تواند از سیستم روشنائی استفاده نکند. تونلهایی که دارای کادر تیره بزرگی هستند بایستی سیستم روشنائی در آنها نصب شود حتی اگر خروجی آنها به میزان زیاد دیده شود.

اگر مساحت کادر روشن خروجی نسبت به مساحت کادر تیره بیشتر از ۵۰ درصد باشد تونل نیاز به روشنائی ندارد و اگر این درصد کمتر از ۵۰ و بیشتر از ۲۰ درصد باشد روشنائی تونل باید مطالعه شود و اگر درصد فوق کمتر از ۲۰ باشد تونل نیاز به روشنائی دارد.

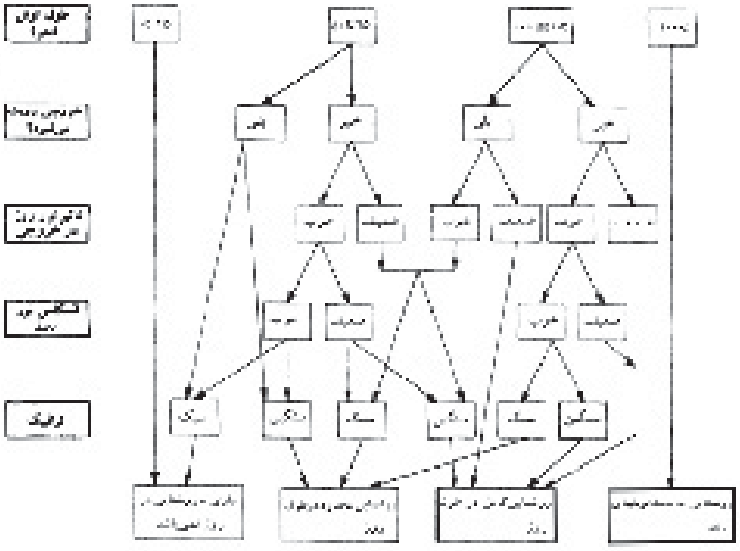
یک روش دیگر جهت بررســی لزوم روشــنایی تونلهای کوتاه اســتفاده از یک نمودار تصمیم گیری است که درشکل ۱ـ۳ آورده می‌شود.



شکل۲ـ۲ـ یک کادر تیره در تونل کوتاه [۳]

استفاده از نمودار فوق مطابق پله‌های زیر صورت می‌گیرد.

الف ـ طول تونل:



شکل ۱ـ۳ ـ نمودار تصمیم گیری لزوم روشنایی تونل [۱]

تونلهای کوتاه به چهار دسته، زیر ۲۵ متر، بین ۲۵ تا ۵۰ متر، بین ۵۰ تا ۱۰۰ متر و از ۱۰۰ متر به بالا تقسیم شده است که در نمودار نشان داده شده است.

ب ـ رؤیت خروجی تونل:

رؤیت خروجی تونل از نقطه ورودی تونل تا نقطه‌ای به فاصله SSD دورتر از خروجی تونل، پارامتر دیگری است که در نظر گرفته شده است در صورت دیده شدن کامل خروجی از فاصله‌ای به طول SSD نسبت به دهانه تونل و از وسط راه پاسخ ردیف ۲ از نمودار شکل (۱ـ۳) مثبت، و در غیر این‌صورت منفی می‌باشد.

ج ـ میزان اثر گذاری نور:

نور روز در خروجی تونل سومین عامل تاثیر گذار می‌باشد. تونلی که سطح مقطع آن بزرگ باشد و خروجی آن نیز باز باشد بیشترین تاثیر را از نور روز می‌پذیرد. برای پارامتر فوق براساس مشخصات ساختمانی تونل و دهانه آن خوب یا ضعیف در نظر گرفته می‌شود.

د ـ ضریب انعکاس:

دیواره تونل در لزوم روشنائی تونل تاثیر به سزائی دارد ضریب انعکاس بالا تضمین می کند که نور خورشید که از قسمت خروجی آن به تونل وارد می‌شود، به سوی رانندگان منعکس شده و این امر احتمال دیده شدن اجسام را افزایش می‌دهد. دیواره‌های با ضریب انعکاس بیش از ٤ /۰ در نوع خوب قرار می‌گیرند اگر ضریب مذکور کمتر از ٤ /۰ باشد دیواره‌ها در نوع ضعیف طبقه بندی می‌شود.

ه ـ حجم ترافیک:

حجم ترافیک وسایل نقلیه آخرین پارامتری است که در نظر گرفته می‌شود اگر ترافیک بیش از ۲۰/ ۰۰۰ وسیله نقلیه در روز باشد سنگین و اگر کمتر از مقدار ذکر شده باشد در رده سبک قرار می‌گیرد در صورت وجود موتور سیکلت و افراد پیاده ،ترافیک در رده سنگین جای می‌گیرد.

۱ـ۵ محاسبه L20 با روشهای مختلف

۱ـ۵ـ۱ روش CIE88 جهت تعیین L_{20} :

این روش یکی از ساده‌ترین و معمولترین روشهای محاسبه L_{20} می‌باشد برای اغلب تونلها با استفاده از این روش L_{20} با تقریب خوبی تعیین خواهد شد. در این روش ابتدا بر روی تصویر گرفته شده از دهانه تونل در فاصله SSD از تونل دایره‌ای را که نشان دهنده زاویه دید ۲۰ درجه باشد در ارتفاع ۱/ ۵ متری از سطح معبر و در وسط آن (در روبروی ورودی تونل) به تصویر اضافه می‌شود سپس بسته به سطوح موجود در تصویر، درصد دید و میزان درخشندگی آن از فرمول زیر می‌توان L_{20} را محاسبه کرد. [٤]

$$L_{20} = \nu L_C + \varphi L_R + \varepsilon L_E + \tau L_{th} \qquad (۲ـ۱)$$

در فرمول فوق:

Lc: درخشندگی آسمان بر حسب cd/m^2 — ν: درصد دیدن آسمان

LR: درخشندگی جاده بر حسب cd/m^3 — φ: درصد دیدن جاده

LE: درخشندگی اطراف دهانه تونل بر حسب cd/m^2 — ε: درصد دیدن اطراف

Lth: درخشندگی ناحیه آستانه بر حسب cd/m^2 و — τ: درصد دیدن ورودی تونل

از آنجا که در معادله بالا دو مجهول Lth و L_{20} وجود دارد یکی از آنها بایستی حذف گردد از آنجا که τ و Lth در مقایسه با لومینانس های دیگر معادله L_{20} بالا خیلی کوچک هستند می‌توان از Lth صرف نظر کرد و معادله را به‌صورت زیر در آورد:

$$L_{20} = \nu L_C + \varphi L_R + \varepsilon L_E \qquad (۳ـ۱)$$

هر یک از ضرایب ν و φ و ε را می‌توان با تقسیم کردن داخل دایره به سه بخش و تقسیم نسبت این قسمتها به کل سطح دایره به‌دست آورد. جهت اندازه‌گیری LR و LE و LC بایستی در محل سایت اندازه‌گیریها با دستگاه کاندلامتر صورت گیرد در صورتی که تونل در دست احداث یا قبل از احداث باشد یااینکه اندازه‌گیری میسر نباشد می‌توان با استفاده از جدول (۱ـ۳) مقادیر LE و LR و LC را استخراج کرد.

جدول ۱ـ۳ـ تعیین مقادیر L_c (cd /m²)، L_R ، L_E [٤]

جهت حرکت ماشینها	L_C : (cd /m2) درخشندگی آسمان	L_R : (cd /m2) درخشندگی جاده	L_E: درخشندگی اطراف دهانه تونل (cd /m2)			
			سنگی	ساختمانی	برف	چمن
شمال	۸	۳	۳	۸	15V 15H	۲
شرق به غرب	۱۲	٤	۲	٦	10V 15H	۲
جنوب	١٦	٥	١	٤	5V 15H	۲

*** V برای مناطق کوهستانی و H برای مناطق جلگه‌ای**

همچنین مقادیرتقریبی پیشـــنهاد شـــده توسط CIE 1995 برای تعیین مقدار L_{20} مطابق با جدول (۱ـ٤) می‌باشـــد لازم به ذکر است، درحالتی که مسیر حرکت از شرق به غرب یا از غرب به شـــرق باشد بایستی مقادیر میانه از جدول انتخاب شود همچنین در حالتی که بارش برف در منطقه فراوان باشد، بایستی مقدار L_{20} به میزان ۲۰ درصد بیشتر از مقدار به‌دست آمده از جدول در نظر گرفته شود.

جدول ۱ ـ ٤ ـ مقادیرتقریبی پیشنهادی L_{20} توسط CIE 1995 (cd /m²)[٤]

سرعت طرح	جهت ترافیک	درصد دید آسمان در ناحیه دید ۲۰ درجه		
		۱۵ ـ ۲۵	۵ ـ ۱۵	۰ ـ ۵
< 70 Km /h	جنوب به شمال	٤۰۰۰	۲۵۰۰	۱۵۰۰
< 70-110 Km /h	شمال به جنوب	۵۰۰۰	۳۵۰۰	۱۵۰۰
	جنوب به شمال	٤۰۰۰	۳۰۰۰	۲۵۰۰
	شمال به جنوب	٦۰۰۰	٤۵۰۰	۲۵۰۰

۱ـ ۵ ـ۲ ـ اندازه‌گیری مستقیم در سایت:

از این روش می توان در تونلهای موجود و یا در ســایت مربوط به یک تونل که قرار است ساخته شود، استفاده کرد. هزینه استفاده از این روش به دلیل نیاز به تجهیزات خاص و همچنین زمان مورد نیاز برای آن، بالا می‌باشــد و لذا فقط در مواردی باید از آن استفاده شود که نتوان به دلیل وجود محدودیتهای مختلف از سایر روشها سود جست.

شــرح روش: روش مســتقیم دقیق ترین روش برای تعیین L_{20} می‌باشــد و اندازه‌گیری مســتقیم آن در زمانی از ســال که درخشندگی بیشترین مقدار خود را دارا باشد دارای بیشترین دقت است. لومن سنج استفاده شده بایستی دارای حوزه دید۲۰ درجه باشد دستگاه لومن سنج در ارتفاع ۵ /۱ متری از ســطح معبر بر روی ســه پایه ای در وسط معبر نصب می‌شود و حوزه دیــد آن بر روی ورودی تونل تنظیم می‌گردد. [۱] ابتدا برای اندازه‌گیری L_{20} (SP)، ســه پایه و دســتگاه باید به فاصله برابر فاصله دید توقف از ورودی تونل قرار گیرد.این عمل باید چندین روز متوالی و به هنگامی که خورشید در آسمان است انجام شود. در شرایط وجود ابرهای سفید در آسمان نیز بایستی اندازه‌گیری انجام شود زیرا در این شرایط ممکن است مقدار L_{20} افزایش یابد. اگر خورشید در حوزه دید دستگاه (زاویه۲۰ درجه) قرار گیرد اندازه‌گیری به دلیل افزایش بیش از حد درخشندگی نباید انجام شود. اندازه‌گیریهای متوالی در دو دهانه تونل و در زمانهایی که مقدار L_{20} به حداکثر خود می‌رسد باید انجام و نتایج به صورت منحنی بر حسب زمان ترسیم شــود. در تونلهای شرقی ـ غربی احتمال دارد که حداکثر L_{20} به هنگام صبح در ورودی شرقی رخ دهد و زمان وقوع حداکثر L_{20} در ورودی غربی و هنگام بعد از ظهر می‌باشد. البته در عمل بایــد زمان وقوع حداکثر L_{20} را تعیین کرد پس از تعیین حداکثر مقدار (SP) L20، اندازه‌گیری L_{20} در چندین نقطه نزدیکتر به ورودی تونل به منظور تعیین نقطه تطابق (A) باید انجام شود. در این اندازه‌گیری، دستگاه لومن سنج باید در مقاطع مختلف به سمت ورودی تونل برده شود. فاصله‌این مقاطع از هم بزرگترین مقدار از بین دو مقدار زیر خواهد بود.

۱ – ۱۰ درصد فاصله دید توقف (SSD)

۲ – ۱۰ متر

پس از انجام اندازه‌گیری و تهیه منحنی L_{20} بر حسب فاصله، نقطه ای از آن منحنی که در آن، L_{20} به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد، نقطه تطابق (A) است. به هنگامی که توسط دستگاه لومن سنج، نقاط مختلف آزمایش می‌شود میزان شدت روشنائی افقی در آن نقاط به منظور کنترل مقادیر اندازه‌گیری شده باید تعیین شود. از آنجا که شرایط نور روز به هنگام اندازه‌گیری مقدار L_{20}، می‌تواند به سرعت تغییر کند ممکن است لازم باشد مقادیر قرائت شده، بر حسب حداکثر شدت روشنائی نرمالیزه شود.

۱ـ ۵ ـ۳ ـ روش شبکه:

در صورتی که از روشهای گفته شده در بند قبل نتوان استفاده کرد و عکسهای تونل با نقشه های آن نیز موجود باشد می توان روش شبکه را بکار برد. در این روش مقدار L_{20} براساس متوسط گیری از مقادیر درخشندگی در هر قسمت از حوزه دید محاسبه می‌شود. این روش به عنوان یک روش دقیق در تمامی تونلها قابل استفاده می‌باشد. [۱]

شرح روش:

دراین روش حوزه دید به نواحی کوچکی تقسیم شده و با محاسبه درخشندگی هر ناحیه درخشندگی متوسط حوزه دید به‌دست می‌آید. تصویر تونل، از فاصله‌ای برابر فاصله دید توقف از ورودی آن (SSD) را می‌توان با رسم پرسپکتیو یا استفاده از مدل کامپیوتری و یا عکس گرفتن از آن تهیه نمود. با استفاده از تصاویر گرفته شده در بخش ۱ـ۳ـ۲ و بردن آن به محیط CAD مدل کامپیوتری دهانه تونل قابل استخراج می‌باشد همانگونه که قبلاً نیز عنوان گردید وجود یک جسم مرجع در در حوزه دید جهت مقیاس کردن شکل مناسب است با استفاده از فرمول زیر می‌توان مقدار H را به‌دست آورد:

$$tag10° = \frac{H}{SSD} \qquad (٤ـ۱)$$

که در آن:

SSD: فاصله نقطه دید توقف

H: شعاع دایره نشان دهنده زاویه دید ۲۰ درجه

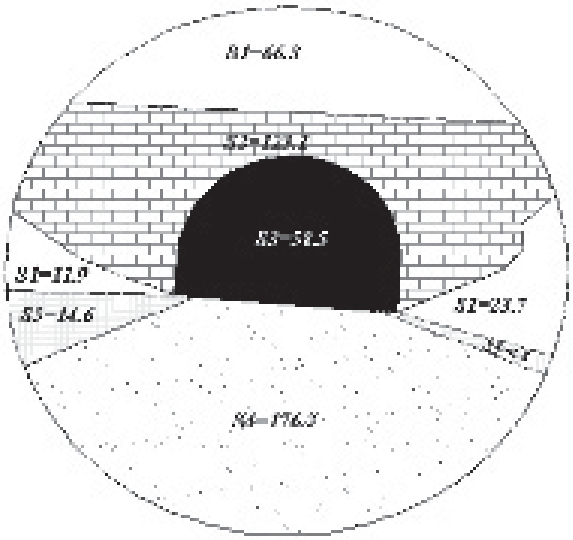
با استفاده از مقیاس مناسب بر روی شکل ابتدا نقطه‌ای در ارتفاع ۵ /۱ متری از سطح زمین و در وسط معبر انتخاب می‌کنیم سپس به مرکز این نقطه و شعاع دایره‌ای می‌زنیم که این دایره همان دایره نشان دهنده زاویه دید ۲۰ درجه می‌باشد.

قسمتهای مختلف شکل را که در داخل دایره قرار دارد براساس نوع پوشش آنها به نواحی مختلف تقسیم می‌کنیم و هر ناحیه را با یک حرف یا نشانه مشخص می‌کنیم مساحت هر قسمت را به دقت تعیین می‌کنیم (شکل ۱ـ٤).

به هر ناحیه با مساحت A، مقداری برای درخشندگی آن تخصیص می‌یابد. مقدار درخشندگی، از روی نتایج اندازگیری در سایت و یا انتخاب آن از مقادیر معمول داده شده در جدول۱ـ۵ تعیین می‌شود.

بایستی توجه کرد که مقادیر جدول (۱ـ۵) برای وسط تابستان که خورشید به‌طورکامل می درخشد و شدت روشنایی افقی نیز ۱۰۰۰۰۰ لوکس می‌باشد، داده شده است. اگر L_{20} در حداکثر مقدار خود بوده و سطح نیز (به غیر از آسمان) سایه باشد مقادیر جدول باید در ۰/ ۲۵ ضرب شود.

محاسبه L_{20} از روی عکس یا نقشه یا مدل کامپیوتری نیز به روش زیر انجام می‌شود.



شکل ۱ـ٤ ـ تقسیم کردن ناحیه دید ۲۰ درجه به نواحی مختلف

جدول ۱ـ۵ ـ مقادیر درخشندگی نواحی مختلف [۱]

زمینه	درخشندگی cd/m^2
آسمان تمیز و شفاف	۸۰۰۰
آسمان غبار آلود هنگام مشاهده از جنوب	۲۰۰۰
چمن	۲۰۰۰
تپه(صخره،سنگریزه)	۳۵۰۰
شن روی زمین	۳۵۰۰
درخت	۱۰۰۰
ورودی تونل(تیره)	۱۰۰۰
دیواره (تیره)	۱۰۰۰
دیواره (روشن)	۶۰۰۰
سطح معبر(آسفالت)	۴۰۰۰
سطح معبر (آسفالت)در نور خورشید به هنگامی که از جهت جنوب نگاه شود	۶۰۰۰
سطح معبر (بتن)	۸۰۰۰
ساختمان (آجری)	۳۵۰۰

در مرحلـــه بعدی،جدولی برای ناحیه ها مطابق آنچه که در جدول (۱ـ۶) آمده اســـت تشـــکیل می‌شـــود. مجموع مقادیر A و A.L در جدول مزبور، نشان دهنده سطح کل ناحیه و مجموع کل درخشـــندگی است. مقدار L_{20} (درخشندگی متوسط) را نیز می‌توان با تقسیم این دو مقدار بر هم به‌دست آورد.

$$L_{20} = \frac{\sum A.L}{\sum A} \qquad (۱ـ۵)$$

جدول ۱ـ٦ ـ مثالی از محاسبه در خشندگی ناحیه دسترسی

ناحیه	زمینه	مساحت (A) (متر مربع)	(L(cd /m۲	A.Lمتر مربع
S1	صخره وسنگریزه	۱۰۱/ ۹	۳۵۰۰	۳۵٦٦۵۰
S2	دیواره روشن	۱۲۳/ ۱	۳۵۰۰	٤۳۰۸۵۰
S3	مدخل ورودی تونل(تیره)	۵۸/ ۵	۰	۰
S4	سطح معبر(آسفالت)	۱۷۵ / ۷	٤۰۰۰	۷۰۲۸۰۰
S5	شن روی زمین	۱۹/ ٤	۳۵۰۰	٦۷۹۰۰
مجموع		٤۷۸ / ٦	–	۱۵۵۸۲۰۰
درخشندگی متوسط = $\frac{\sum AL}{\sum A}$ = ۳۲۵٦cd /m^2				

۱ـ٦ ـ محاسبات درخشندگی نواحی مختلف، شامل طول ناحیه و درخشندگی مورد نیاز

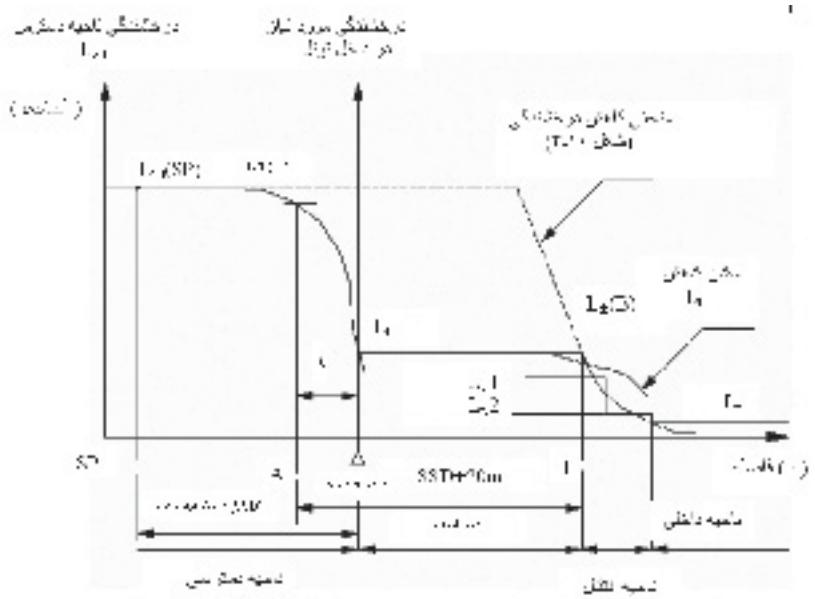
۱ـ٦ ـ۱ ـ ناحیه آستانه

الف ـ تعیین طول ناحیه آستانه

طول ناحیه آستانه از طریق روابط زیر به محل نقطه تطابق (A) و فاصله دید توقف(SSD)، که متأثر از سرعت ترافیک است مربوط می‌شود.

طول ناحیه آستانه یا ٤۰ متر است و یا برابر (SSD+20-d) می‌باشد هر یک که بزرگتر باشد آن را انتخاب می کنیم. نحوه به‌دست آوردن طول ناحیه آستانه در شکل (۱ـ۵) نشان داده شده است. در این شکل افزایش ۲۰ متری در فاصله دید توقف به منظور تامین زمینه مناسب برای مشخص شدن اجسام برای راننده ای است که در نقطه تطابق قرار دارد. در معابری که سرعت نزدیک شدن ترافیک به تونل کمتر از سرعت طراحی شده برای معبر باشد طول ناحیه آستانه می تواند به ٤۰ متر کاهش یابد، تقویت روشنائی ناحیه آستانه تونل به کمک شدت روشنائی ناشی ازنور روز نیز بستگی به طراحی و معماری تونل دارد ولی عموماً احتیاج به داشتن سیستم روشنائی در ۵ متر ابتدای تونل نیست دریک حالت خوش

بینانه می توان گفت طول ناحیه آســتانه حداقل برابر طول ناحیه توقف (SSD) در نظر گرفته می‌شــود. معمولا ناحیه آستانه به دو قسمت تقســیم می‌شود روشنائی در قسمت اول بایستی ثابت باشد این ثبات بایستی تا زمانی که راننده قادر به دیدن باشد (در طول فاصله‌ای که هنوز بیرون اســت و هنوز قسمتی از آســمان در محدوده دید او قرار دارد) ادامه یابد. روشنائی در قســمت دیگر ناحیه آستانه بایستی همگام با تطابق چشم راننده کاسته شود باید توجه داشت که درخشندگی مرحله دوم بیش از مقدار $L_{th}=k.L_{20}$ باشد معمولاً حداقل این مقدار را برابر $0.4L_{th}$ در نظر می گیرند. در برخی موارد کاهش شــدت نور در بیشــتر از یک مرحله و طی دو یا سه مرحله صورت می‌گیرد.



شکل ۱ـ۵ـ نواحی مختلف روشنایی تونل و نحوه کاهش L_{20} [۱]

ب ـ روشنائی ناحیه آستانه

همان‌طــور که قبلاً عنوان گردید روشــنائی در ابتدای ناحیه آســتانه با L_{th} نشــان داده می‌شود L_{th} با یک نسبت یعنی k با L_{20} از روشنائی ناحیه دسترسی، متناسب می‌باشد یعنی:

$$L_{th} = kL_{20} \qquad (۶ـ۱)$$

در گذشته اغلب تصور می شد که k بایستی حداقل برابر ۱ /۰ باشد ولی امروزه آزمایشهای انجام گرفته نشان داده است که k می‌تواندخیلی کمتر از مقدار یاد شده بالا باشد مقادیری که برای k توسط استاندارد CIE و CEN 1997 [1] پیشنهاد شده است به‌صورت درصدی در جدول (۱ ـ۷) آمده است این مقادیر برای دو نوع سیستم آرایش روشنائی یعنی متقارن (Symmetrical) و روش کانتربیم (Counter beam) داده شده است. مقادیر پیشنهادی توسط استاندارد BS در جدول (۱ـ ۸) آمده است.لازم به ذکر است که روش کلاسبندی تونلها که در جدول (۱ـ۷) به آن اشاره شده است در ضمیمه شماره ٤ آمده است.

جدول ۱ـ ۷ ـ مقادیر پیشنهادی استاندارد CEN1997 برای ضریب K برحسب درصد [۱]

سرعت طرح (m /s) / کلاس روشنائی تونل	سیستم روشنائی کانتربیم			سیستم روشنائی متقارن		
	۱۰	۲۰	۳۰	۱۰	۲۰	۳۰
۷	٤۰	۵۰	۷۰	۵۰	٦۰	۱۰۰
٦	۳۵	٤۵	٦۰	٤۰	۵۵	۸۰
۵	۳۰	٤۰	۵۵	۳۵	۵۰	٦۵
٤	۲۵	۳۵	٤۵	۳۰	٤۰	۵۰
۳	۲۰	۳۰	٤۰	۲۵	۳۵	٤۵
۲	۱۵	۲۰	۳۵	۱۵	۲۵	٤۰
۱	۵	۱۰	*	۵	۱۰	*

*** اعداد نامربوط**

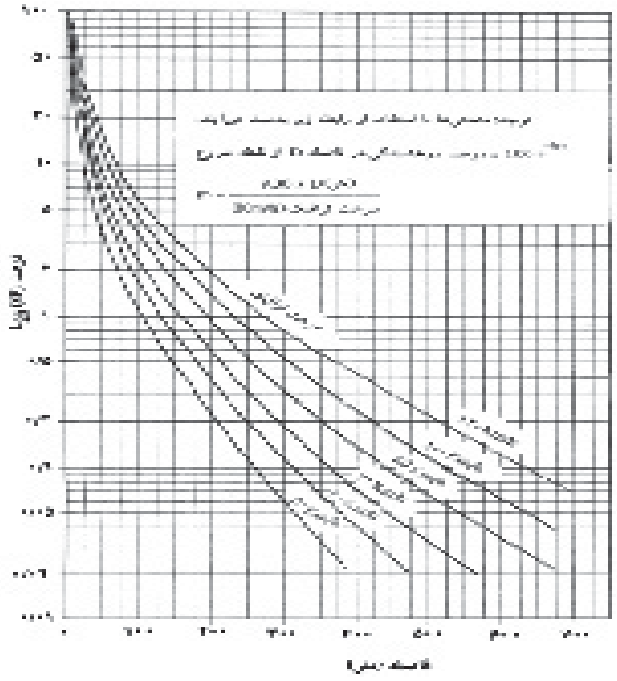
1. Comité Européen de Normalisation

جدول ۱ـ۸ ـ مقادیر پیشنهادی استاندارد BS برای ضریب K [۱]

حد سرعت (کیلومتر بر ساعت)	نوع معبر	ضریب K
۱۱۰و بالاتر	آزادراه، بزرگراه	۰/ ۰۷
۸۰ تا ۱۰۰	آزادراه، بزرگراه، راه اصلی	۰ / ۰۶
۵۰ تا ۷۰	راه اصلی، راه فرعی و روستایی	۰/ ۰۵

۱ـ۶ـ۲ ـ ناحیه انتقال

درخشـــندگی ناحیه انتقال (Ltr) در ابتدا برابر درخشـــندگی ناحیه آســـتانه در نظر گرفته می‌شـــود وســـپس به‌صورت نمایی کاهش می‌یابـــد و در نهایت به درخشـــندگی ناحیه داخلی می‌رسد.به منظور تعیین نحوه کاهش درخشندگی از ناحیه آستانه به ناحیه داخلی طبق استاندارد BS از منحنیهای شکل (۱ـ ۶) که در آن نرخ قابل قبول کاهش درخشندگی بر حسب سرعتهای مختلف ترافیک داده شده استفاده می‌شود. نحوه استفاده از منحنیها مطابق زیر است:



شکل ۱ـ۶ ـ منحنی کاهش درخشندگی در ناحیه انتقال [۱]

الف ـ منحنی مناسب، متناظر با حداکثر سرعت ترافیک در تونل انتخاب می‌شود.در صورتی که منحنی متناظربا سرعت مذکور موجود نباشد باید به کمک درون یابی، منحنی مورد نیاز را به‌دست آورد.

ب ـ مدرج کردن محور قائم (درخشندگی) باید با در نظر گرفتن سطح ۱۰۰ درصد برای مقدار L_{20} (SP) انجام شود.

ج ـ نقاطی که درخشندگی آن برابر L_{th} (B) و L_{in} است بر روی منحنی مشخص می‌شود.

د ـ به منظور انطباق نقطه صفر منحنی بر روی محور افقی که وابسته به ورودی تونل می‌باشد فاصله نشان داده شده در شکل(۱ـ ٦) مربوط به نقطه L_{th} (B) باید از طول ناحیه آستانه کسر شود. نتیجه حاصله بیانگر نقطه‌ای در داخل تونل است که منحنی کاهش درخشندگی از آن آغاز می‌شود. همچنین نتیجه مذکور بیانگر مقدار تصحیحی است که باید به مقیاس محور افقی افزوده گردد تا فاصله صفر جدید بر ورودی تونل منطبق شود.در صورت منفی بودن مقدار تصحیح، شروع منحنی کاهش درخشندگی از خارج تونل خواهد بود. نحوه انطباق منحنی کاهش درخشندگی برانتهای ناحیه آستانه در شکل۱ـ ۵ نشان داده شده است.

ه ـ آن بخش از منحنی که بین درخشندگی L_{th} (B) و L_{in} قرار دارد نشان دهنده نرخ کاهش درخشندگی در ناحیه (نواحی) انتقال است در شکل (۱ـ ٦) طول کل ناحیه (نواحی) انتقال را می‌توان ازمحور افقی منحنی تعیین کرد.

و ـ کاهش درخشندگی در چند مرحله انجام می‌شود. بر طبق پیشنهاد استاندارد CIE توصیه می‌شود که نسبت کاهش درخشندگی بین دو مرحله متوالی بیش از سه برابر نباشد. (به دلایل اقتصادی بهتر است در اولین مرحله نسبت کاهش ۲ برابر باشد) هر چند که در عمل، به دلیل ساده کردن سیستم کنترل اضافه کردن ۱۰ درصد به نسبت کاهش یاد شده مجاز می‌باشد. مراحل کاهش باید چنان ترسیم شود که منحنی حاصل از درخشدگی ایجاد شده با منحنی کاهش درخشندگی استاندارد حداقل فاصله را داشته باشد از لحاظ تئوری هر چه این دو منحنی همدیگررا در نقاط بیشتری قطع کنند طراحی روشنائی دقیق تر و بهتر صورت گرفته است.

۱ـ ٦ ـ۳ ناحیه داخلی تونل

بـا توجه به توصیه‌هـای CIE 1995 و CEN1997 درخشـندگی ناحیه داخلی تونل طبق جدول (۱ـ۹) بایسـتی حداقل مسـاوی مقادیر داده شـده در آن جدول باشـد. میانگین در خشـندگی سـطح جاده در طول مسیر اصلی معبر داده شده اسـت مسیرهای (لاینهای) اضطراری می‌تواند روشـنائی کمتری داشته باشـد ولی این مقدار نبایستی کمتر از ۵۰ درصد روشنائی مسیر های اصلی معبر باشد در مواردی که مشکلاتی مرتبط با مسائل ترافیکی پیش بینی می‌شود بایستی از یک پله بالاتر استفاده کرد.

درخشندگی دیواره‌ها در تونلهای کلاس ۳ تا ۷ بایستی مساوی با درخشندگی خطوط کناری جاده یا خطوط اضطراری باشـد این روشنائی بایستی تا حداقل ارتفاع ۲ متری وجود داشته باشد برای تونلهای کلاس ۱و۲، ۲۵درصد این مقدار کافی است.

مقادیر پیشنهادی استاندارد BS جهت تعیین درخشندگی ناحیه داخلی تونل در جدول (۱ـ۱۰) ذکر شده است این مقادیر به عنوان مبنای کار در ایران استفاده می‌شود.

جدول ۱ـ۹ ـ حداقل درخشنگی در مورد نیاز در ناحیه داخلی تونل براساس استاندارد (cd/m^2) CEN1997 [۳]

حداقل روشنائی مورد نیاز در ناحیه داخلی (cd/m^2)			
سرعت طرح (m/s) / کلاس سیستم روشنائی	۱۵	۲۰	۳۰
۷	۳	٦	۱۰
٦	۳	۵	۸
۵	۲	٤	٦
٤	۲	۳	٦
۳	۱/ ۵	۲	٤
۲	۱	۱/ ۵	*
۱	۰/ ۵	۱ / ۵	*

*** سیستم روشنایی لازم نیست**

جدول ۱ـ۱۰ مقادیر پیشنهادی استاندارد BS جهت تعیین درخشندگی ناحیه داخلی [۱]

حد سرعت (کیلومتر بر ساعت)	نوع معبر	درخشندگی متوسط(cd/m^2)
۱۱۰وبیشتر	آزادراه، بزرگراه	۱۰
۸۰ تا ۱۰۰	آزادراه، بزرگراه، راه اصلی	۵
۵۰ تا ۷۰	راه اصلی، راه فرعی و روستایی	۳

۱ـ ٦ ـ ٤ ـ روشنائی ناحیه خروج

از آنجا که تطابق چشم هنگام خروج از تونل (از تاریکی به روشنایی) سریعتراز حالت ورود به تونل صورت می‌گیرد لذا هنگام خروج از تونل نیازی به نور اضافی جهت تطابق دوباره چشم وجود ندارد.

اهداف روشنائی ناحیه خروج عبارتند از:

الف ـ واضح نمودن رویت وسایل نقلیه کوچک که ممکن است به دلیل قرار گرفتن در پشت وسایل نقلیه بزرگتر و وجود پدیده خیرگی به خوبی دیده نشود.

ب ـ قادر نمودن رانندگان به دیدن پشت اتومبیل خود به هنگام خروج از تونل که این امر به خصوص در زمان سبقت اتومبیلها از یکدیگر بسیار مهم است.

روشنائی مناسب برای ناحیه خروج در حدود ۵ برابر درخشندگی ناحیه داخلی (L_{in}) است. و طول این ناحیه بر حسب (متر) باید تقریباً برابر سرعت حرکت ترافیک در داخل تونل بر حسب کیلومتر بر ساعت باشد. در تونلهای دو طرفه، روشنائی ناحیه آستانه یک طرف، درخشندگی لازم برای ناحیه خروج طرف دیگر را تامین می کند. به هنگامی که بنا به دلایلی از تونل یکطرفه به‌صورت دو طرفه استفاده می‌شود ممکن است نیاز به نور بیشتری باشد.

۱ـ ۷ ـ انتخاب نوع چراغ و گرفتن تأییدیه چراغ از کارفرما

با توجه به بازده نوری چراغ های با لامپ بخار سدیم نوع تحت فشار (SON-T) که حدود 125Lum /w است، در مقایسه با چراغهای با لامپ فلورسنت که 100Lum /w است

و همچنین با مقایسه عمر مفید نوع سدیم تحت فشار (۲٤۰۰۰ ساعت) با فلورسنت (۷۵۰۰ ساعت)، اقتصادی تر خواهد بود که از نوع بخار سدیم استفاده گردد. [۹] کلیه چراغها باید با بدنه دایکاست آلومینیومی رفلکتور آنودایز شده بوده و محفظه چراغهابایستی کاملاً آب بندی شده و درجه حفاظت آن IP65 باشد به عبارتی چراغ بایستی در مقابل ورود آب و گردوغبار و دوده به داخل کاملاً محافظت شده باشد. چراغهای نمونه بایستی به مدت ۱۰۰۰ ساعت در شرایط تست ASTMB۱۱۷۹٤ SALT SPRAY TEST قرار گیرند بدون اینکه از بهره کاری آنها به میزان قابل توجهی کاسته شود. جهت دستیابی به اطلاعات بیشتر می‌توان به استاندارد ANSCI C136.27_1996 مراجعه کرد [۵]

در هر چراغ تونلی دو گلند برای ورود و خروج کابل بایستی در نظر گرفته شده باشد. همچنین نقطه اتصال زمین با پیچ و مهره توسط علایم اختصاری آن مشخص گردیده باشد فریم مورد استفاده برای نصب چراغها باید ضد زنگ بوده و نصب چراغها در زیر فریم باید به صورت یکنواخت و با توجه به فاصله های بین آنها باشد و زوایای تابش نور مطابق با دستورالعمل انجام گردد.

چراغهای مورد استفاده در روشنایی تونلها بایستی در آزمایشگاههای معتبر روشنایی مورد آزمایش قرار گرفته و فایل کامپیوتری آن به تأیید کارفرما و مراجع ذیصلاح رسیده باشد فایل کامپیوتری چراغها بایستی به گونه‌ای طراحی شده باشد که در محیط برنامه‌های کامپیوتری مورد استفاده جهت روشنایی تونل قابل استفاده باشد.

به واقع تمامی مشخصات فنی چراغ و مشخصات روشنایی آن بایستی به تأیید کارفرما رسیده باشد.

۱ـ ۸ ـ مشخص نمودن نحوه آرایش چراغها با استفاده از نرم‌افزار و تعیین ضرایب یکنواختی طولی و کلی و بررسی اثرات فلیکر

در این مرحله با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده در مراحل قبل و مندرجات ثبت شده در فرم شماره یک، داده‌های مورد نیاز را در نرم‌افزار طراحی روشنایی وارد می‌کنیم و

مطابق دستورالعمل داده شده در ضمیمه شماره ۳ عمل می نمایم با استفاده از نرم‌افزار بهترین آرایش نصب چراغها را مطابق با منحنیهای کاهش درخشـــندگی نواحی مختلف داخل تونل به‌دست می آوریم.

۱ـ ۸ ـ ۱ـ تعیین یکنواختی طولی و کلی

آرایش چراغها بایســـتی به گونه‌ای باشد که یکنواختی طولی و کلی مورد نظر را تأمین نماید. طبق آیین نامه ایمنی راهها، در ســـطح جاده وتونل تا ارتفاع دو متر باید یکنواختی و درخشـــندگی مناسب در نظر گرفته شـــود یکنواختی طولی در تونل ۱۷ /۰ و یکنواختی کلی بایستی حداقل ۳۳ /۰ باشد، [٦] ولی طبق نشریه شماره ۱۹۵ سازمان مدیریت و برنامه ریزی یکنواختی کلی درخشـــندگی در قســـمتهای مختلف تونل نباید کمتر از ٤ /۰ باشـــد همچنین یکنواختـــی طولی درخشـــندگی در کلیه قســـمتهای تونل و در کلیه باندهـــای آن باید بیش از ٦ /۰ باشـــد.در صورت محقق شـــدن مقادیر مذکور می‌توان اطمینان داشت که یکنواختی نور دیوارههای تونل نیز قابل قبول اســـت ولی آنچه که مورد تأیید وزارت راه و ترابری اســـت و هم اکنون نیز به عنوان معیار، مورد اســـتفاده قرار داده می‌شـــود همان مقادیر مندرج در نشریه ۱۹۵ سازمان مدیریت و برنامه ریزی می‌باشد.

طبق استاندارد CIE1976 یکنواختی در داخل تونل با توجه به کلاس روشنایی تونل از روی جدول (۱ـ۱۱) قابل استخراج است U_0 ضریب یکنواختی کلی و U_L ضریب یکنواختی طولی می‌باشد.

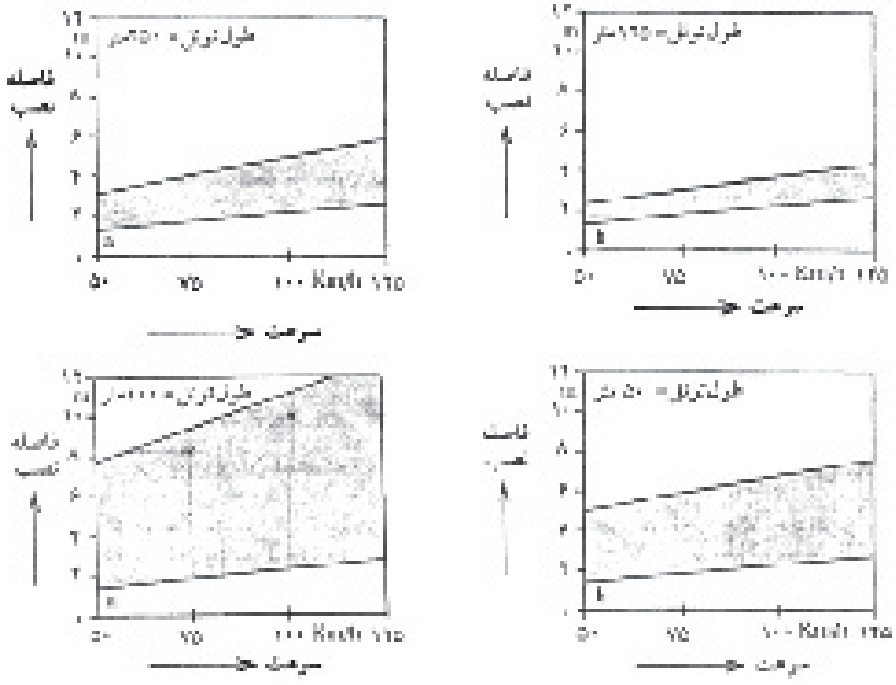
جدول ۱ـ۱۱ـ یکنواختی نور ناحیه داخلی استاندارد CIE 1976 [۳]

کلاس روشنایی	U_0	U_L
٦و۷	۰/ ٤	۰ / ۷
٤و۵	۰/ ٤	۰ / ٦
۲و۳	۰/ ۳	۰/ ۵
۱	۰/ ۲	۰/ ٤

۱ـ ۸ ـ۲ ـ بررسی اثر فلیکر (سوسوزدن)

به علت کوتاه بودن طول نواحی آستانه و انتقال و روشنایی زیاد موجود در این نواحی فلیکر اتفاق نمی افتد و فلیکر فقط در ناحیه داخلی اتفاق می‌افتد لذا محدودیت فاصله نصب چراغها فقط در ناحیه داخلی تونل وجود دارد اثر سوسو زدن در محدوده فرکانسهای ۵ /۲ تا ۱۵ هرتز ظاهر می‌شـود [٦] و هنگام طراحی روشـنایی در مرحله نهایی بایستی به این مسأله توجه شـود که فاصله نصب چراغها به گونه‌ای نباشـد که باعث ایجاد پدیده سوسو زدن در تونل شود.

فاصلـه غیر مجاز نصب چراغها بسـتگی بـه طول تونل و نواحی و سـرعت ترافیک دارد، نواحی هاشـور خورده در چهار منحنی شکل ۱ـ۷ فواصل نصب غیر قابل قبول را نشان می‌دهد.



توجه – منحنیهای بالا وقتی به کار می‌رود که طول سطح روشن هر چراغ کمتر از طول فاصله تاریک بین آن و چراغ بعدی باشد

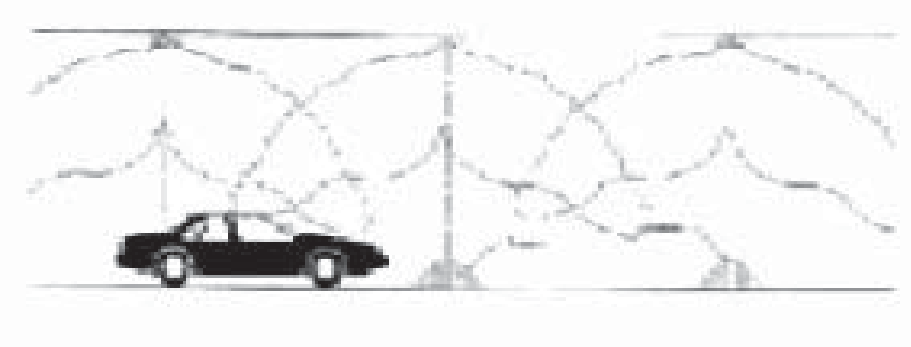
شکل ۱ـ۷ ـ اثر طول تونل بر فاصله نصب چراغها به منظور اجتناب از پدیده فلیکر [۱]

۱ـ ۸ ـ۳ ـ بررسی نوع توزیع نور و چیدمان چراغها

سیستمهای روشنائی که در روشنائی تونلها استفاده می‌شود دارای سه نوع توزیع و اثر روی اشیاء هستند که در در زیر آمده است.

الف ـ توزیع یکنواخت نور[۲]:

در شـــکل (۱ ـ ۸) نور به صورت متقارن پخش شـــده اســـت خصوصاً وقتی که منبع خطی استفاده شده باشد یک روشنائی یکنواخت در داخل تونل تشکیل می‌شود که کنتراست کمی تولید می‌کند. به این روش توزیع نور یکنواخت می‌گویند. [۳]

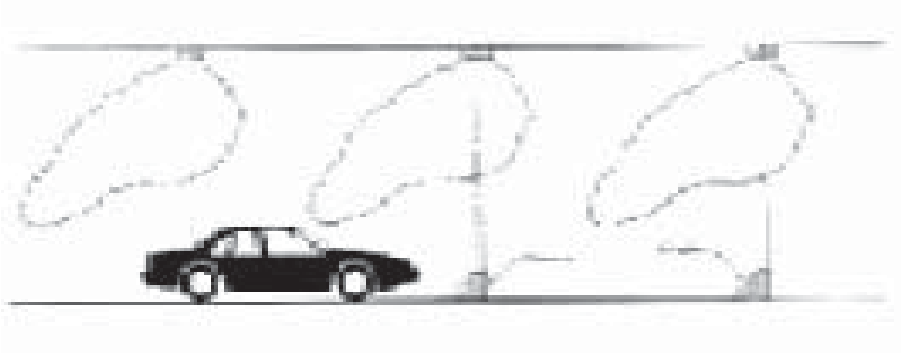


شکل ۱ـ ۸ ـ توزیع نور یکنواخت [۳]

ب ـ توزیع نور غیر یکنواخت در جهت ترافیک پیش آینده:

در شـــکل (۱-۹) نـــور به‌صورت غیر متقـــارن با تاباندن قویترین قســـمت نور لامپ به‌صورت مستقیم در جهت مخالف با جهت حرکت ترافیک به‌دست می‌آید این روش باعث ایجاد در خشـــندگی بالا برای کف معبر و همچنین درخشندگی کمتر برای اشیاء می‌شود این پدیده باعث ایجاد کنتراســـت منفی می‌شـــود. به روش فوق الذکر روش کانتربیم[۳] می گویند. [۳]

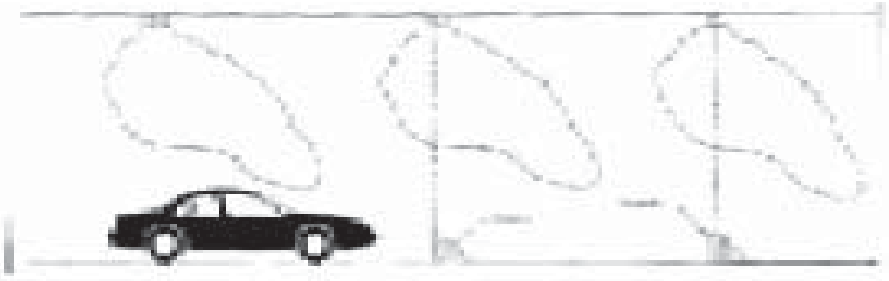
2. Symetrical Beam
3. Counter Beam



شکل ۱ـ۹ ـ توزیع نور به‌صورت کانتر بیم [۳]

ج ـ روش توزیع غیر یکنواخت در جهت حرکت:

در شـکل (۱ـ۱۰) قویتریـن قسـمت نور به‌صـورت غیر متقـارن در جهت ترافیک به‌صورت مسـتقیم تابانده می‌شـود این روش باعث ایجاد درخشـندگی بالا برای اشیاء و در خشـندگی پایین برای سـطح کف معبر می‌شود و کنتراست مثبت ایجاد می کند به این روش پرو بیم[4] می گویند. [۳]



شکل ۱ـ۱۰ـ روش توزیع نور به‌صورت پرو بیم [۳]

د ـ مقایسه روشهای مختلف توزیع نور

در این قسمت مزایا و معایب این روشها را بررسی و تجربیات کشورهای مختلف را در بکار گیری این روشها مورد بررسی قرار می دهیم.

4. Pro Beam Lighting

کشورهای اروپائی آزمایشهای متعددی را در مورد روشهای مختلف توزیع نور انجام داده اند متخصصان فرانسوی پیشنهاد کرده‌اند که از روش سوم پرو بیم استفاده نشود زیرا در این روش اجسام از مقابل دیدگان مخفی می‌شوند در حقیقت تمامی کشورهایی که روش فوق را آزمایش کرده اند دیگر از آن استفاده نمی‌کنند.

سوئیس روشهای متقارن و کانتربیم و پروبیم را ارزیابی کرده است اندازگیریهای منطقه‌ای و محاسبات روشنائی نشان داده است که اگر روش کانتربیم دارای ۱۰۰ درصد سطح روشنائی باشد روش متقارن با همان فلوی (لومن) خروجی ۷۰ درصد روشنائی و روش پروبیم با همان میزان لومن ۳۰ درصد روشنائی خواهد داشت به همین دلیل در سوئیس اکثراً از آسفالت به هم چسبیده (با دانه‌بندی ریز) بر روی سطح جاده استفاده می‌کنند (نوع R3). در نوع R1 بهره کمتری به‌دست می‌آید.

کشور سوئیس در جاهایی که حجم ترافیک ماشینهای سنگین (کامیونها) زیاد است، با مشکلاتی در زمینه نصب کانتربیم مواجه شده است. کامیونهای بزرگی که در داخل تونلها رفت و آمد می‌کنند نور تابیده شده از چراغها را جذب می‌کنند و یک سطح پایین‌تر روشنائی همانند سایه ایجاد می‌کنند همچنین کامیونهای تیره در داخل تونلها به سختی دیده می‌شوند. ولی با وجود همه اینها روش کانتربیم در سوئیس ترجیح داده شده است.

کشور بلژیک تا حال فقط از روش متقارن استفاده کرده است. همچنین محققین بلژیکی آزمایشهای وسیعی راجهت پیداکردن بهترین زاویه تابش کانتربیم (زاویه‌ای که خط عمود می‌سازد) انجام داد اند بهترین زاویه تابش با خط عمود حدود ٥٦ درجه پیشنهاد شده است. کشور آلمان از روش کانتربیم بدلیل آنکه ارزان تر از نصب صفحه های سایه بان (SUN SCREEN) است استفاده می کند. در هلند از سیستم روشنائی کانتر بیم بجای نصب سایه بان بیشتر استفاده می‌شود دلیل استفاده از این سیستم در هلند نیز ارزانتر تمام شدن آن ذکر شده است. [۳]

یکی از مهمترین مسائلی که در نصب چراغها در تونل بایستی مد نظر قرار گیرد. سهولت دستیابی به چراغ و تعمیر و یا تعویض لامپها است، زیرا در تمام روز جریان ترافیک

برقرار است و نمی‌توان در طول روز به خاطر تعمیر چراغها تونل را مسدود کرد.

اصولاً محل نصب چراغها به نوع تونل و نوع چراغ بستگی دارد. در تونلهای با مقطع مستطیلی معمولاً چراغها در گوشه های تونل(فصل مشترک دیوارها)نصب می شوند.در تونلهای قوسی شکل معمولاً چراغها را در سقف تونل نصب می کنند، نصب چراغها بایستی به گونه‌ای باشد که ارتفاع مجاز تونل را کاهش ندهد

۱ـ ۹ ـ تعیین مراحل مختلف کنترل و پله‌های روشنایی

به منظور بهینه نمودن مصرف انرژی و تأمین حداقل روشنایی مورد نیاز در ساعتهای مختلف روز به سطوح مختلفی از درخشندگی در تونل نیاز است بنابراین بایستی براساس میزان شدت نور بیرون میزان نور داخل تونل را نیز کنترل کرد تغییر سطح روشنایی تونل بایستی پله پله انجام شود تعداد پله‌های روشنایی متأثر از میزان درخشندگی ناحیه آستانه می‌باشد. توصیه می‌شود تغییر درخشندگی از هر پله به پله دیگر، حداکثر ۲۵ درصد باشد.

برای تونلها در حالت کلی چهار مرحله زیربه‌صورت درصدهایی از درخشندگی ناحیه آستانه (Lth)، براساس نشریه ۱۹۵ سازمان مدیریت و برنامه ریزی در نظر گرفته شده است [۱]:

- حداکثر روشنایی روز ۱۰۰ درصد
- ۵۰ درصد تا ٦۵ درصد
- ۲۵ درصد تا ۳۵ درصد

حداقل روشنایی در روز (برقراری Lin در تونل)

سیستم کنترل روشنایی براساس میزان نور بیرون تعدادی چراغ را روشن و یا تعدادی را خاموش می کند و بدین ترتیب همواره شرایط مناسبی را برای رانندگان بوجود می‌آورد. برای حصول به این نتیجه به دو صورت می‌توان عمل کرد یکی به‌صورت پله ای تعدادی لامپ را با توجه به میزان نور بیرون روشن یا خاموش کنیم و یا به‌صورت پیوسته نور لامپها را با استفاده از دیمر کم و یا زیاد می‌کنیم.

هزینه نصب سیستم کنترل پیوسته بالابوده و برای تونلهای ایران پیشنهاد نمی‌شود و ترجیحاً روش پله ای را پیشنهاد می کنیم.

۱ ـ ۱۰ ـ طراحی روشنایی ناحیه دسترسی

راههای دسترسی به تونل از در شب بایستی روشن شود معمولاً از هر طرف ناحیه دسترسی مسافتی در حدود ۲۰۰ متر را بایستی روشن نمود اصول طراحی روشنایی جاده دسترسی به تونل همانند طراحی روشنایی عمومی راههای اصلی می‌باشد. مراحل طراحی روشنایی ناحیه دسترسی در ضمیمه شماره سه آمده است که در صورت نیاز می‌توان به آن مراجعه کرد.

۱ـ ۱۱ ـ مطالعه و طراحی روشنایی اضطراری

هنگامی که سیستم اصلی روشنائی قطع شود تونل نبایستی در خاموشی کامل فرو رود زیرا خاموشی ناگهانی تونل خود می‌تواند بزرگترین عامل بروز تصادفات در تونل باشد.

بنابراین در هر شرایطی بایستی حد اقل مسیر عبور برای راننده مشخص باشد چه اگر تاریکی کامل باشد احتمال برخورد ماشینها به دیواره تونل نیز وجود دارد همچنین یک سیستم برق اضطراری به‌صورت UPS برای سیستم تعبیه می‌شود وظیفه این سیستم تامین توان قسمتهای حساس تونل از جمله روشنائی اضطراری است تا زمانی که سیستم دیزل ژنراتور وارد مدار می‌شود، معمولاً از تعدادی باطری قابل شارژجهت UPS برای این کار استفاده می‌شود.

این سیستم بایستی حداقل یک ششم چراغهای تونل را حداقل به مدت یک ساعت روشن نگه دارد.در زیر انواع مختلف چراغها که در روشنایی اضطراری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد آمده است.

۱ـ۱۱ـ۱ ـ استفاده از چراغ تونلی

در تعدادی از کشـــورها از چراغهای روشنائی تونلی جهت روشنایی اضطراری تونلها اســـتفاده می کنند این چراغها به‌صورت نیمه اســـتوانه ای شـــکل و دارای یک حفاظ توری روی شیشـــه هســـتند چراغها را معمولاً در ارتفاع کم حداکثر ۵۰ cm و کمتر از آن نصب می کنند هدف این اســـت که در درجه اول مســـیر معبر برای افراد پیاده در زمان بروز خطر راننده مشخص باشد و تا حدودی نیز سطح معبر روشن شود علت اینکه چراغها را در ارتفاع نسبتاً کم نصب می کنند اینســـت که اولاً چراغها بتوانند به‌صورت موضعی قسمتی از سطح معبر را روشن کنند ثانیاً هنگام برخورد ماشینها چون ارتفاع نصب کم است سپر ماشینها به چراغها بر خـــورد نمـــی کند معمولاً چراغها تونلی را در داخل حفره ای به اندازه آن که در داخل دیواره ایجاد شده نصب می کنند تا کمترین آسیب دیدگی را داشته باشد.

۱ـ۱۱ـ۲ ـ استفاده از چراغهای SMART STUD

چراغهای چشـــم گربه ای با تکنولوژی (INDUCTIVE POWER TRANSFER) IPT یکی از جدیدترین سیســـتم های روشـــن سازی است که در سیســـتم های روشنائی اضطراری و هدایت مســـیر استفاده می‌شود. اســـاس کار این چراغها براساس انتقال توان به‌صورت امواج الکترومغناطیســـی می‌باشد یک منبع توان موجی را با فرکانس 43Khz تا 45Khz تولید می کند سپس آنرا از طریق یک خط انتقال می فرستند هر جا که بخواهیم از این توان استفاده کنیم در کنـــار ســـیمهای خط انتقال یک حلقه القاء قرار می دهیم با توجـــه به قانون لنز یک emf القائی در دو سر آن ایجاد می‌شود با دادن این ولتاژ به تعدادی دیود نوری (LED) روشنائی مورد نیاز حاصل می‌شود. مزیت اصلی این روش عدم نیاز به قطع شدن کابل و وصل شدن مستقیم آن به دو سر چراغ می‌باشد معمولاً چراغ بر این اساس طراحی می‌شود که امپدانس خط انتقال به اضافه امپدانس بار چراغ،با امپدانس منبع یکی شودبه‌طوری‌که مدار در فرکانس تشدید 43Khz کار کند از این چراغ نیز بیشتر برای مشخص کردن کناره ها و مسیر عبور استفاده می‌شود مزیت دیگر این چراغها آسیب پذیری کمتر به خاطر شکل طراحی خاصی است که دارند.

۱ـ۱۱ـ۳ ـ استفاده از چراغهای فلورسنت

این روش ساده‌ترین و ارزانترین سیستم روشنائی اضطراری است که می‌تواند برای تونل استفاده شود در این روش چراغهای فلورسنت را در ارتفاع ۲ متری روی دیواره‌های سراسر تونل نصب می کنند در این روش چراغها آسیب کمتری می بینند ولی بهره نوری کمتری دارند برای بالا بردن بهره نوری بایستی تعداد لامپها را زیاد کرد این نیز به نوبه خود باعث مصرف بیشتر توان می‌شود و در نتیجه ابعاد سیستم UPS و دیزل ژنراتور نیز بالاتر خواهد رفت.

۱ـ۱۲ ـ تهیه نقشه آرایش چراغها

نقشه آرایش چراغها در واقع پیاده سازی چیدمان چراغ، به‌دست آمده توسط نرم‌افزار طراحی روشنایی، در محیط AUTO CAD می‌باشد. در این مرحله سمبلی برای چراغ ،با اندازهای واقعی چراغ مورد استفاده در نظر می‌گیریم هر دسته چراغ را با رنگ متفاوت با مشخص بودن فاصله چراغها از هم (spacing) و فاصله اولین دسته چراغ از ابتدای تونل (long offset)، فاصله از دیواره سمت چپ (trans offset) در نظر میگیریم. معمولاً دسته های چراغ را بوسیله حروف الفبا شماره گذاری می‌کنیم (مثلاً،چراغهای آبی A_3،A_2،A_1،... و چراغهای زرد B_3،B_2،B_1، ...).

نقشه آرایش چراغها بایستی کلیه اطلاعاتی را که در مورد نصب چراغها در تونل لازم است، شامل باشد.

۱ـ۱۳ـ تهیه نقشه سیم‌کشیها

در این مرحله پس از مشخص شدن چیدمان چراغها نقشه مدارات روشنایی را ترسیم می‌کنیم به عبارتی براساس سطوح روشنایی مورد نیاز و رژیم کاری ارائه شده به وسیله نرم‌افزار، هر تعداد از چراغها را در یک مدار روشنایی قرار می دهیم معمولاً در فواصل مشخص یک جعبه تقسیم قرار داده و از هر جعبه تقسیم تعداد مشخصی چراغ را که در یک

رژیم کاری عمل میکنند،تغذیه می‌کنیم نقشــه سیم کشی ها بایستی براساس اصول استاندارد تهیه گردد و علایم استفاده شده در آن رایج و شناخته شده باشد.

۱ـ۱٤ ـ محاسبات سطح مقطع کابلها و انتخاب کابل

ســطح مقطع کابلها توســط جریان مجاز عبوری از ســیم و حداکثر افــت ولتاژ مجاز معین می‌شــود. میزان افت ولتاژ مجاز مدارات روشــنایی طبق اســتاندارد نشــریه ۱۱۰ برابر۳ درصــد در محل ترمینال چراغ و حداکثر ٤ درصد در روی ســوکت لامپ می‌باشــد.قابلیت جریان مجازکابلها براســاس اســتاندارد IEC364 -5-523 به‌صورت جداولی در نشریه ۱۱۰ آمده اســت.کابل مورد اســتفاده برای هر چراغ $3*2/5\ mm^2$ می‌باشــد. [۷] کابلهای مورد استفاده در مدارات روشنایی بایستی از نوع NYY و دارای استاندارد ملی باشد مگر در موارد خاصی که نیاز به استفاده از کابلهای با مشخصات خاص باشد. اخیراً در تونلهای اروپا استفاده از کابلهای مقاوم در برابر حریق اجباری شــده است، نصب کابل ها در داخل تونل با استفاده از سینی و یا نردبان کابل در ارتفاعی که باعث محدود شدن ارتفاع مجاز تونل نشود صورت می‌گیرد. [۷]

۱ـ۱۵ ـ طراحی تابلوهای برق روشنایی

تابلوهای فشار ضعیف بایستی دارای مشخصات زیر باشد [۷] :

۱ـ بدنه تابلو از ورق با ضخامت ۲ میلیمتر با رنگ الکترواســتاتیک که به‌طور کامل در مقابل عوامل جوی و نفوذ آب و گرد و خاک و... مقاوم باشد.

۲ـ بدنه تابلوها بایستی به گونه‌ای ساخته شود که کلیه جوانب آن مسدود بوده و فقط از جلو قابل دسترس باشد

۳ـ درب تابلو بایستی مجهز به لاستیک آب‌بندی شده باشد واز نقطه نظر ایمنی مجهز به قفل مخصوص باشد

٤ـ تابلــوی فشــار ضعیف از نوع مقاوم در برابــر ورود گرد و غبار و آب، دوطرفه در

نظرگرفته شود.

۵ـ ورودی و خروجی کابلها در قسمت پایین تابلو تعبیه گردد و پانچ با سایز متناسب با کابلهای قدرت و ارت قبل از رنگ اجرا گردد.لازم به ذکر اســت در شرایط خاص ورود و خروج کابل می‌تواند از بالا نیز باشد

٦ـ رنگ آمیزی تابلوها با توجه به چربی گیری با مایه قلیایی به همراه شستشــو با آب داغ و ســپس با عملیات فسفاتینگ و رنگزدایی اصولی حتی در روزنه‌ها و محلهای جوش و جاهایی که با رنگ معمولی زنگ زدایی صورت گیرد.

۷ـ کنتاکتورهای مورد اســتفاده در تابلوها بایســتی از نوع معتبر و تأیید شــده باشــد. کنتاکتورها باید به نحوی انتخاب شود که جریان بارنامی را به طور مداوم بتواند تحمل کند و در این حال هیچ گونه خسارت یا آسیبی به آن یا اجزای مجاور آن وارد نشود.افزایش درجه حرارت قســمتهای مختلف در حال کار نباید از مقادیر مشــخص شــده در استاندارد کلیدها بیشــتر شــود.کنتاکتور باید هنگام کار در محدوده ولتاژ نامی، فاقد هرگونه لرزش یا پرشی در کنتاکتها باشــد. علاوه بــر کنتاکتهای اصلی، کنتاکتهای فرعی نیز بــرای فرمان و کنترل وجود داشته باشد.

۸ـ کلیدهــای مینیاتــوری باید از نوع حرارتی ـ مغناطیســی بوده وبدنه آن اســتقامت حرارتی ومکانیکی کافی برای تحمل مداوم جریان نامی قید شــده آن را داشــته باشد. سیستم قطع حرارتی کلید برای حفاظت در مقابل اضافه بار است و معمولاً با تأخیر نیز عمل می کند. سیســتم قطع مغناطیســی به منظور حفاظت در مقابل اتصال کوتاه مورد استفاده قرارگرفته و معمولاً سریع عمل می‌کند، کلیدهای مینیاتوری براساس استاندارد IEC 157.1 و IEC 157.2 بایســتی انتخاب شــود درجه حفاظت کلید باید با درجه حفاظت تابلو همخوانی داشته و از درجه حفاظت تابلو نکاهد.

۹ـ تابلو بایســتی دارای کلید ۳ وضعیتی (دســتی ـ خاموشــاتوماتیک) جهت فتوسل باشد.

۱۰ـ از کلیدهای مینیاتوری ٤A جهت مدار فرمان کنتاکتور بایستی استفاده گردد.

۱۱ـ ترمینالها بایستی از نوع ریلی متناسب با کابل مورد استفاده و مقاوم در مقابل جرقه و ضربه باشد.

سیمهای مورد استفاده از نوع مفتولی (خشک) فرم داده باشد.

۱۲ـ سه عدد چراغ سیگنال با قطر ۲۲ میلیمتر با لامپ LED جهت نمایش فازها استفاده شود.

۱۳ـ شینه نول و شینه گراند (زمین)به طور جداگانه در نظر گرفته شود.

۱٤ـ یک عدد کلید و لامپ روشنایی و یک عدد پریز در داخل تابلو در نظر گرفته شود.

۱۵ـ نقشه مدار تک خطی و شماره گذاری شده تابلو بر روی قسمت داخلی درب تابلو در جلد پلاستیکی شفاف در جعبه پشت درب قرار داده شود.

۱٦ـ کلیه قطعات نصب شده در تابلوها باید دارای شماره راهنما بوده وشماره خطوط محلی که تغذیه می‌شود، روی آن نوشته شود.

۱۷ـ کلیه سر سیمها، در ابتدا و انتهای داخل تابلو و همچنین کابلها، باید به منظور راهنمایی در تعمیرات بعدی طبق نقشه مربوطه شماره گذاری شود.

۱۸ـ کلیه لوازم داخل تابلو از قبیل : کنتاکتورها، کلید فیوزها و غیره باید به نحوی نصب شود که از نظر تعمیر و نگهداری یا تعویض، هریک از آنها به سهولت در دسترس باشد.

۱۹ـ محل نصب تابلوها معمولاًدر فاصله ۲۰ تا ۳۰ متری دهانه تونل و در داخل دیوار تونل نصب می‌گردد ،برای ناحیه دسترسی معمولاً محل نصب تابلو در خارج از راه و حداقل در منتهی‌الیه حریم راه در نظر گرفته می‌شود.

دیگر مشخصات تابلوها و تجهیزات مورد استفاده در آن بایستی براساس مشخصات داده شده در نشریه ۱۱۰ سازمان مدیریت و برنامه ریزی انتخاب گردد.

۱ـ ۱٦ ـ طراحی سیستم کنترل و نرم‌افزار مربوطه

در این بخش به تشریح سیستم کنترل روشنائی تونل می پردازیم. سیستم کنترل روشنایی تونل از قسمتهای زیر تشکیل شده است:

۱ـ ۱۶ـ۱ ـ آشکاسازهای نوری(فتو سل)

معمولاً این آشکارسازها در فاصله ۵۰ متری دهانه‌ها نصب می شوند با این آشکارسازها می‌توان میزان شـدت روشـنایی بیرون را اندازگیری کرد و به مرکز کنترل محلی در نزدیک تونل و یا تابلو برق داخل تونل ارسال نمود.

فتوسـل‌های مورد استفاده در سیستم روشـنایی بایستی نسبت به تغییرات دما حساس نبوده و تغییرات لحظه ای روشـنایی در کارکرد آن تأثیری نداشته باشد.این فتوسل ها باید به نحوی باشـند که بتوان برای پله‌های مختلف روشنایی آن را تنظیم نموده و چنانچه بخواهیم ازیک فتو سـل و PLC جهت کنترل مراحل مختلف روشنایی استفاده نماییم فتو سل مربوطه باید در بازه شدت روشنایی صفر تا صد هزار لوکس تقریباً به صورت خطی عمل نماید.

۱ـ ۱۶ـ۲ ـ سیستم کنترل

این سیسـتم براساس میزان نور بیرون تعدادی چراغ را روشن و یا تعدادی را خاموش می کند و بدین ترتیب همواره شرایط مناسبی را برای رانندگان بوجود می آورد.

بـرای حصول بـه این نتیجه به دو صورت می‌توان عمل کـرد یکی به‌صورت پله ای تعدادی لامپ را بسـته به شرایط بیرون روشـن یا خاموش کنیم و یا اینکه به‌صورت پیوسته نور لامپها را کم و زیاد کرد.

همانگونه که قبلاً نیز اشاره شد برای تونلها معمولاً چهار پله زیر به صورت درصدهایی از درخشندگی ناحیه آستانه (Lth) در نظر گرفته شده است:

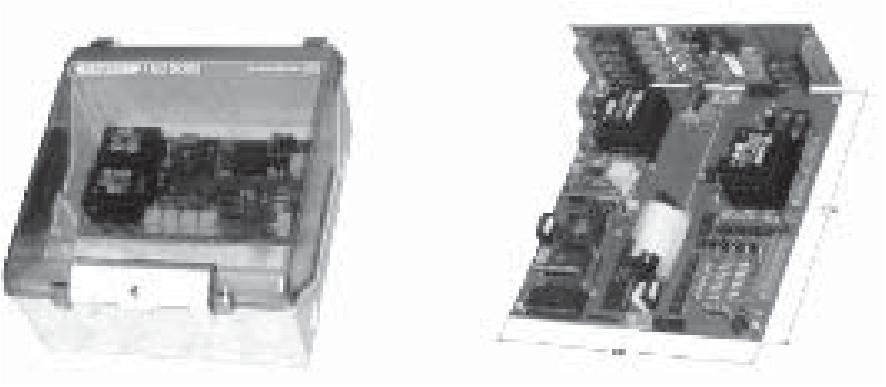
- حداکثر روشنایی روز ۱۰۰ درصد
- ۵۰ درصد تا ٦۵ درصد
- ۲۵ درصد تا ۳۵ درصد
- حداقل روشنایی در روز (برقراری L_{in} در تونل)

سیستم کنترل پله‌ای

روش کنتـرل پله ای را می‌توان بانصب ۳ عدد فتوسـل کـه در هر طرف تونل نصب

می‌شـــود پیاده کرد هر کدام از فتوسلها بایســـتی برای یکی از سطوح روشنایی گفته شده بالا تنظیم شود،با استفاده از یک مدار مقایسه کننده، شدت روشنایی بیرون با مقدار مرجع مربوط به آن پله روشنایی مقایسه می‌شود در صورتی که روشنایی بیرون به مقدار تنظیم شده برسد خروجی فتوســـل، یکی از مدارات فرمان کنترل کننده چراغها را فعال می کند.سیستم گسسته را همچنیـــن می‌توان با اســـتفاده از کنترل کننده های قابل برنامـــه ریزی (PLC) انجام داد، با اســـتفاده از یک عدد آشکارساز نوری و ارسال ســـیگنال آنالوگ به یک سیستم PLC می‌توان سطوح مختلف روشنایی را کنترل کرد.امروزه نسل جدیدی از PLCها وارد بازار شده است که صرفاً جهت کنترل روشنایی طراحی شده اند،کار کردن با این نسل از PLCها بسیار آسان می‌باشد.در این نوع کنترلرها می‌توان به‌صورت نرم‌افزاری حد آستانه و تاخیر هر پله را دقیقاً تعریف نمود.

در اینجا بایستی این نکته را متذکر شد که سیستم کنترل بایستی قطع و وصل لامپهای داخل تونل را برمبنای سطح روشنائی روز انجام دهد، ارسال فرمان باید با تاخیر چند دقیقه‌ای همراه باشد تا از قطع و وصل‌های غیر ضروری که به‌واسطه بروز تغییرات گذرا همچون عبور ابرها ایجاد می‌شود جلوگیری گردد.



شکل ۱ـ۱۱ ـ نمونه از یک PLC کنترل کننده روشنایی تونل [٤]

سیستم کنترل پیوسته روشنائی

در این روش با استفاده از تجهیزات تنظیم کننده نور لامپهای فلورسنت و یا بخار سدیم پرفشـــار را می‌توان به‌صورت پیوسته کنترل نمود شـــکل (۱ـ۱۲) دیاگرام یک سیستم دیمری کنترل روشنائی را نشان می‌دهد. مزایای استفاده از این روش عبارتند از:

۱. بهینه سازی مصرف انرژی الکتریکی

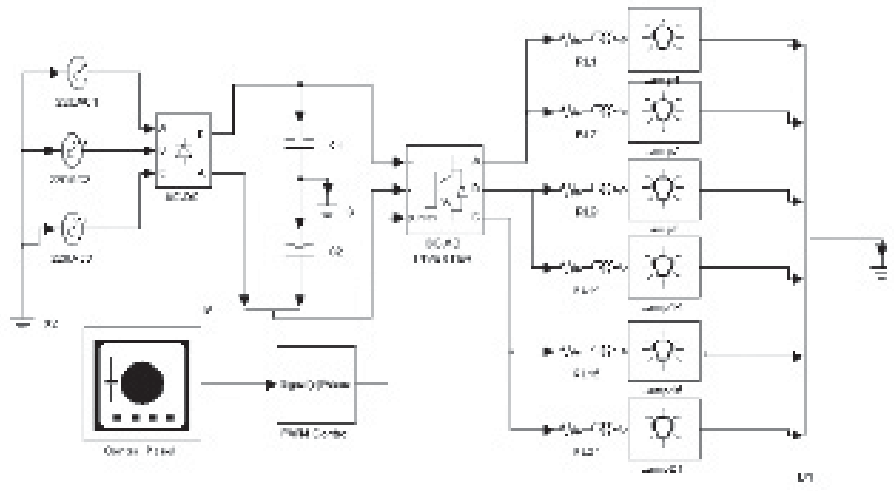
۲. بالا رفتن عمر لامپها با توجه به کاهش تعداد روشن و خاموش شدن چراغها

۳. تنظیـــم دقیقتر روشـــنائی تونل: به دلیـــل آنکه تنظیم نور تونـــل از یک حالت کنترل گسســـته و پله ای به‌صورت حالت پیوســـته در می‌آید لذا رسیدن به مقدار مورد نیاز روشنائی تونل سهل تر است.

عیوب عمده این روش عبارتند از:

۱. المانهای الکترونیکی که جهت کنترل سطح ولتاژ استفاده می شوند باعث ایجاد نویز و هارمونیکهائی می شـــوند نویز ایجاد شده علاوه بر تاثیر بر روی روشنائی، کار دستگاههای ارتباطی و کنترلی را نیز مختل می کند

۲. هزینه بالای نصب و پیچیدگی سیستم نیز یکی از عیوب آن می‌باشد.



شکل ۱ـ۱۲ ـ بلوک دیاگرام روش کنترل پیوسته روشنایی [٤]

امروزه در کشورهای مختلف از هر دو روش پیوسته و گسسته استفاده می‌شود ولی با توجه به اینکه در کنترل پیوسته هزینه تجهیزات سیستم کنترل بالا بوده، لذا سیستم پیوسته برای تونلهای ایران پیشنهاد نمی‌شود و ترجیحاً روش پله‌ای با توجه به هزینه کمتر و سادگی سیستم پیشنهاد می‌شود.

۱ـ۱۷ـ محاسبه توان کل مصرفی سیستم روشنایی

پس از مشخص شدن تعداد چراغها ،توان مصرفی لامپها را همراه با تجهیزات جانبی آن از قبیل بالاست و ایگنیتور محاسبه نموده و کل توان مصرفی هر یک از تابلوهای روشنایی قابل محاسبه می‌باشد، با جمع کردن توان مصرفی همه تابلوهای تغذیه وهمچنین توان مصرفی تابلوهای کنترل ،میزان توان مصرفی کل سیستم محاسبه می‌شود.درصدی از این توان را بایستی اضافه بر مقدار محاسبه شده به عنوان ضریب ذخیره و جهت توسعه آتی سیستم در نظر گرفت معمولاً ضریب ذخیره را ۲۰ درصد و یا بالاتر در نظر می‌گیرند پس از مشخص شدن توان کل مصرفی سیستم با شرایط گفته شده بالا می‌توان مشخصات انشعاب برق مورد نیاز و توان نامی پست جهت تغذیه تونل را مشخص کرد.

۱ـ۱۸ـ طراحی سیستم اتصال زمین

جهت ایمنی افراد و جلوگیری ازبرق گرفتگی، بدنه تابلو و تجهیزات دیگر را باید به زمین متصل نمود. در سیستمهای فشار ضعیف نول شبکه و بدنه هر یک از تابلوها و تجهیزات مورد استفاده بایستی به طور مستقل وجداگانه زمین شده باشندمقاومت مجاز اتصال زمین (R_s) باید دارای شرط زیر باشد [۷]:

$$R_s(\Omega) \le \frac{65}{I_A} \qquad (۷ـ۱)$$

به‌صورتی‌که I_A جریان عملکرد رله‌های حفاظت اضافه جریان برای تأسیسات زمین شده می‌باشد.

در صورتی‌که سیستم اتصال زمین کل سیستم به‌هم متصل باشد وسیستم از طریق یک

شبکه زمین شده باشد مقاومت مجاز اتصال زمین R_L باید در شرایط زیر صدق کند. [٧]

$$R_L(\Omega) \le \frac{U_E(V)}{I_A(A)} \qquad (٨_١)$$

که در آن U_E ولتاژ بین فاز و نول و جریان I_A همان جریان تعریف شده قبلی است

در مناطق خشک،صخره ای و سنگلاخی زمین کردن تجهیزات به دو روش زیر صورت می‌گیرد:

١. چاه ارت: در این روش چاهی به عمق بیش از ٣ متر حفر کرده(عمق آن بستگی به رطوبت و جنس خاک دارد)سیم مسی لخت نمره٥٠ و یا ٧٠ را به یک صفحه مسی با پیچ و مهره اتصال داده و آن را در عمق چاه قرار می دهند سپس مواد ترکیبی خاک زغال و نمک(١٥کیلو نمک و ٢٥ کیلو ذغال) وخاک رس را در داخل آن می ریزند(فصل ١٥ نشریه ١١٠ سازمان مدیریت و برنامه ریزی). سر دیگر سیم مسی را پس از عبور از لوله شارژ ، بدون قطع شدگی و به صورت یکپارچه در داخل تابلو به شین ارت متصل می‌شود. روش محاسبه مقاومت حاصله در این روش زمین کردن، از فرمول زیر قابل محاسبه می‌باشد.

$$R = \frac{\rho}{4\sqrt{\pi L^2}}\left(\frac{\pi}{2} - \sin^{-1}\frac{L^2}{\sqrt{4T^2\pi - L^2}}\right) \qquad T > \sqrt{L^2/\pi} \qquad (٩_١)$$

که در آن T فاصله وسط صفحه از سطح زمین، L ابعاد صفحه و ρ مقاومت ویژه زمین بر حسب اهم بر متر، می‌باشد.

٢. میله مسی: در این روش میله‌های مسی مغز فولادی را مستقیماً در زمین می کوبند مقاومت حداکثر مجاز سیستم اتصال زمین ،با استفاده از الکترودهای فوق از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$R = \frac{0.367\rho}{L}\log\frac{4L}{D} \qquad (١٠_١)$$

که در آن ρ مقاومت ویژه زمین بر حسب اهم بر متر،D قطر الکترود مورد نظر بر حسب سانتیمتر و L طول الکترود مورد نظر بر حسب سانتیمتر می‌باشد.

در این روش معمولاً از میله‌های مسی به قطر ١٦ الی ٢٥ میلیمتر و طول ٥ /١ الی ٣

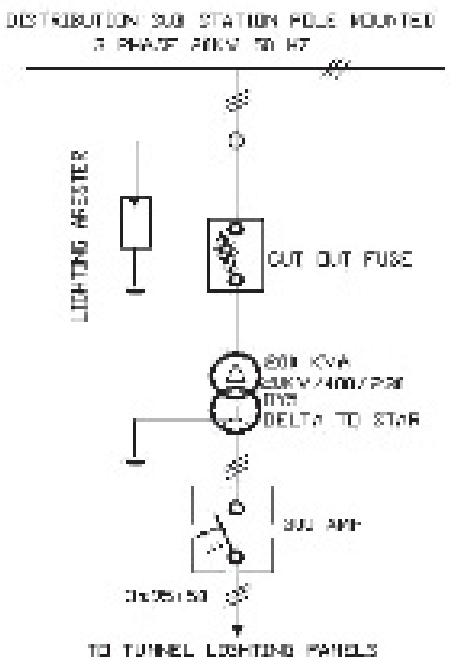
متر با مغز فولادی استفاده می‌شود. در زیر هر تابلو یک میله ارت نصب گردیده و سیم آن پس از هدایت یافتن به شین تابلوها، به بدنه چراغهای تونل توسط سیم نمره ٦ روکش دار با کابلشو وپیچ و مهره اتصال می‌یابد در زیر چاله های پایه چراغهای روشنایی ناحیه دسترسی، به ازای هر پایه یک میله کار گذاشته می‌شودو در نهایت تمام میله‌های نصب شده توسط سیم مسی نمره ۳۵ الی ۵۰ به یکدیگر اتصال می‌یابند (قطر سیم ارت بایستی حداقل بزرگتر یا مساوی سیم هر یک از فازها باشد). در مسیرهای طولانی به ازای هر ۳۰۰ متر یک ارتینگ باید نصب گردد. جهت به‌دست آوردن مقاومت مطلوب ارت می‌توان دو یا چند میله مسی را با هم موازی نمود.

۱ـ۱۹ـ طراحی پست برق

پستهای توزیع مورد استفاده در روشنایی تونلها از نوع پست هوایی می‌باشد.مشخصات فنی،نقشه اجرایی و طریقه نصب و استقرار تجهیزات این گونه پستها بایستی مطابق استاندارد شبکه‌های توزیع نیرو مصوب وزارت نیرو باشد این پستها فاقد تابلو فشار متوسط می‌باشد، تجهیزات مورد نیاز در بخش فشار متوسط این پستها فقط مشتمل بر تجهیزات فیدر ترانس بوده که به‌صورت روباز و بر بالای تیر حامل ترانسفورماتور نصب می‌شود.این تجهیزات عبارتند از: سکسیونر فیوزدار، برقگیر، ترانسفورماتور ولتاژ و جریان.ترانسفورماتور های فشار متوسط با ولتاژ۲۰ کیلوولت را تا قدرت ٤۰۰ کیلوولت ـ آمپر می‌توان روی تیر نصب نمود. [۱] در صورتی که توان مصرفی تونل از مقدار گفته شده بالابیشتر باشد بایستی با اداره برق محل هماهنگی لازم به‌عمل آید.جهت انتخاب توان نامی ترانس مورد استفاده پس از مشخص شدن کل توان مصرفی سیستم و اعمال ضرایب ذخیره ،مقدار به‌دست آمده به عنوان سایز ترانس

مورد نیاز در نظر می‌گیریم برای نصب ترانسفورماتورهای فشار متوسط باید جزئیات و اصول مندرج در استانداردهای وزارت نیرو را رعایت نمود. نمونه‌ای از نقشه تک خطی این گونه پستها در شکل ۱ـ۱۳ نشان داده شده است. به منظور صرفه جویی در کابل و اقتصادی

نمودن طرح حتی الامکان بایستی تونل از دو طرف تغذیه شده وحداقل دو پست در دهانه‌ها در نظر گرفته شود.



شکل ۱ـ۱۳ نمونه‌ای از دیاگرام تک خطی یک پست تغذیه روشنایی تونل [۷]

۱ـ۲۰ـ برآورد اقتصادی طرح براساس فهرست بها

در این مرحله پس از اتمام طراحی تمامی قسمتها و مشخص نمودن مصالح و تجهیزات موردنیاز، مشاور بایستی برآورد اقتصادی طرح را براساس فهرست بهای رسمی،منتشره از سوی سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور استخراج نماید.لیست تمامی اقلام مورد نیاز همراه با هزینه خرید و نصب این تجهیزات بایستی در فهرست بها ذکر گردد.نشریه فهرست بهای واحد پایه رشته تأسیسات برقی و همچنین فهرست بهای ابنیه و غیره می‌تواند در برآورد اقتصادی طرح براساس فهرست بها استفاده گردد. در پایان پس از انجام تمامی مراحل فوق بایستی قیمت کلی پیشنهادی، جهت اجرای طرح استخراج گردد تا براساس آن مناقصه برگزار گردد.

ضمیمه ۱

فرم شماره یک

مشخصات تونل:

واقع در محور : استان: دهانه سمت:

طول تونل : عرض تونل: ارتفاع دهانه تونل:

عرض پیاده رو : عرض باند عبور:

عرض راه دسترسی به دهانه‌ها دهانه یک: دهانه دو :

محل تونل: نیمکره شمالی☐ نیمکره جنوبی☐

نوع لاینینگ دیواره تونل:

میزان بازتاب دیواره تونل: خوب (بیشتر از ۳۰درصد) بد (کمتر از ۳۰درصد) ☐

نوع رویه کف معبر (با استفاده از جدول۳ـ٤ نشریه ۱۹۵ نوع رویه مشخص شود)

☐ R1 ☐ R2 ☐ C3 ☐ C4

آیا دهانه برف گیر است : بلی☐ خیر ☐

وضعیت بازتابش نور برف اطراف دهانه : زیاد ☐ کم ☐

میزان رویت آسمان در دهانه تونل: ٪

آیا از دهانه تونل خروجی آن دیده می‌شود. بلی ☐ خیر☐

وضعیت تابش نور به داخل تونل: زیاد☐ متوسط☐ کم☐ بر حسب درصد:

آیا دهانه در هنگام ظهر سایه است یا خیر(در مورد تونلهای شمالی،جنوبی): بلی☐ خیر☐

آیا دهانه در هنگام صبح وعصر سایه است یاخیر(در مورد تونلهای شرقی، غربی): بلی☐ خیر☐

وضعیت جاده دسترسی به دو دهانه تونل ذکر شود:

جنس و نوع پوشش ناحیه دید ۲۰ درجه ورودی تونل :

چمن ☐ صخره و سنگریزه ☐ درخت☐ آجری ☐ موارد دیگر:

آیا در داخل تونل شکاف نورگیر وجود دارد: بلی☐ خیر ☐

فاصله شکاف از دهانه ورودی تونل:

آیا افراد پیاده و دوچرخه از داخل تونل عبور می کنند : بلی☐ خیر ☐

عرض پیاده رو سمت راست: عرض پیاده رو سمت چپ :

فاصله خط سفید سمت راست از دیواره : فاصله خط سفید سمت چپ از دیواره :

فاصله خط سفید وسط از سقف تونل:

سرعت طرح در ناحیه دسترسی: برحسب متر بر ثانیه

وضعیت تونل: یک جهته ☐ دو جهته : ☐

نوع ترکیب ترافیک:

مختلط (سواری، کامیون) ☐ سواری☐ کامیون ☐

درصد نسبت تعداد سواری به کامیون:

جهت ترافیک:

شمال☐ جنوب☐ شرق☐ غرب ☐

میزان عبور بارهای با ارتفاع بیشتر از حد مجاز از تونل:

زیاد☐ متوسط☐ کم ☐

آیا امکان نصب چراغ روی سقف ممکن است : بلی ☐ خیر☐

آیا امکان نصب چراغ روی دیوارهها ممکن است : بلی☐ خیر ☐

در صورتی که جت فن نصب شده است آیا نصب جت فن ها، پیاده سازی سیستم روشنائی سقفی وسینی کابلها را با مشکل مواجه می سازد یا خیر : بلی ☐ خیر ☐

توضیحات:

آیا شبکه برق سراسری در نزدیکی تونل وجود دارد. بلی ☐ خیر ☐

آیا امکان نصب پست برق فشار متوسط در کنار تونل وجود دارد. بلی ☐ خیر☐

آیا می‌توان در هر یک از دو دهانه تونل پست تعبیه کرده و از دو جهت تونل را تغذیه نمود.

بلی ☐ خیر ☐

فاصله پست برق موجود یا احتمالی تا دهانه تونل:

آیا ساختمان داخلی تونل امکان نصب تابلوهای توزیع روشنائی را می‌دهد. بلی ☐ خیر ☐

آیا سینی کابلها را می‌توان برروی دیواره‌ها نصب کرد. بلی☐ خیر ☐

آیا سینی کابلها را می‌توان بر سقف و زیر جت فن ها نصب کرد. بلی ☐ خیر ☐

آیا نصب سینی کابل بر سقف محدودیت ارتفاع ایجاد نمی کند. بلی ☐ خیر☐

ضمیمه ۲

مقدمه:

این نرم‌افزار تنها نرم‌افزاری اســت که صرفاً برای تونل طراحی شــده است و می‌توان گفــت کــه در حال حاضر یکــی از بهترین گزینه ها برای طراحی سیتســم روشــنایی تونل می‌باشد.تاکنون طرحهای بسیاری بوسیله این نرم‌افزار انجام گرفته است وصحت طراحیهای انجام شده توسط این نرم‌افزار توسط کارشناسان تأسیسسات الکتریکی وزارت راه تأیید شده است. در زیر راهنمای کامل این نرم‌افزار همراه با اصول اساسی مورد نیاز در روشنایی تونل آورده شــده اســت هدف این بوده که این قسمت در صورت لزوم بتواند به تنهایی به عنوان یک راهنمای ســریع و کامل در طراحی روشنایی استفاده شود لذا پاره ای از اصول مورد نیاز در طراحی روشنایی یاد آوری شده است.

هدف از روشنائی تونل اطمینان از عبور و مرور هنگام روز و یا شب در نزدیک شدن به تونل، ورود به تونل و یا خروج از تونل با ســرعت تعیین شــده می‌باشد.این عبور بایستی بــا درجــه ای از راحتی و امنیت صورت گیرد که کمتر از جاده‌های رو باز نباشــد وقتی به موضوع بالا میرســیم که اطلاعات کافی درباره مســیر جاده و موانع آن از قبیل وسایط نقلیه و حرکت آنها را در دســترس داشــته باشیم در مرحله دوم هدف این است که رانندگان همان احســاس رانندگی در جاده‌های رو باز را داشته باشند. این احساس امنیت باید در رانندگانی که به تونل نزدیک میشــوند حفظ شود.در غیر این‌صورت آنها ناگهان سرعت خود را کاهش میدهندودر نتیجه وضعیت خطر ناکی می آفرینند.

ویژگیهای نور سنجی که در روشنائی تونل ،مهم تلقی می‌شود عبارتند از :

١. میزان درخشندگی سطح جاده و دیواره‌ها

٢. یکنواختی روشنایی سطح معبر

٣. کنترل خیرگی

٤. اجتناب از سوسوزدن چراغها (فلیکر)

لزوماً هدف این برنامه تخمین روشــنائی مورد نیاز دهانه تونل است به‌طوری‌که راننده بتوانــد به‌وضوح داخل تونل رابببند و بنابراین انتقال از خارج تونل به داخل تونل باید با یک دید راحت و یکنواخت صورت بگیرد، این روشنائی مورد نیاز، به عوامل زیر بستگی دارد:

- روشـــنائی زمینه های اطراف دهانه تونل که توســط راننده در حال نزدیک شــدن به تونل دیده می‌شود
- سرعت وسیله نقلیه
- جهت جغرافیائی جاده
- حجم ترافیک
- آیا افراد پیاده، دوچرخه سوار از داخل تونل عبور می‌کنند یا خیر

این نرم‌افزار با این فرض طراحی شــده اســت که کاربر با اصــول و جزئیات طراحی براساس استانداردهای IESNA RP-22-1996 و CIE88-1990 آشنایی دارد. [۸]

اکیداً توصیه می‌شود که یک یا هردو این نشریات خریداری و قبل از بکارگیری DP TUNNEL و یکی یا هر دو استاندارد فوق مورد مطالعه قرار گیرند.

۲ـ۱ ـ تعاریف مورد استفاده در نرم‌افزار

- **تونلهای مجزا و تونلهای غیر مجزا**

تونلهای مجزا به تونلی گفته می‌شود که دو دهانه یا بیشتر در کنار هم قرار گرفته و هر کدام یک جهت ترافیک را در بر می‌گیرد.

تونل غیر مجزا تونلی است که یک دهانه دارد و عبور و مرور در هر دو جهت در همان محفظه صورت می‌گیرد.

- **مسافت دید توقف (SSD)**

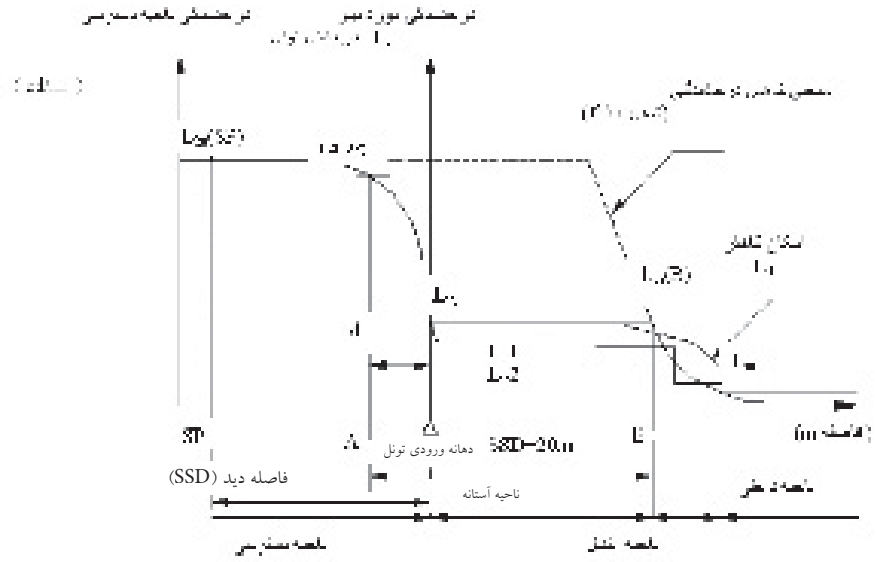
SSD عبارت از مســافت مطمئنه ای اســت که راننده در صورت مشــاهده خطر و بروز عکس‌العمل بتواند قبل از رسیدن به خطر، ماشین را متوقف کند. SSD به عواملی از قبیل سرعت ماشین، هوشیاری راننده، شرایط آب و هوا ساختار جاده (از نظر مصالح بکار رفته) بستگی دارد.

- **نواحی روشنائی تونل**

دیاگرام ۵ ناحیه مختلف روشنائی بر حسب میزان روشنائی در شکل (۲ـ۱) نشان داده شده است.

• ناحیه دسترسی

قسمتی از جاده که قبل از ورودی تونل قرار دارد ناحیه دسترسی نامیده می‌شود. راننده باید در این ناحیه قادر باشـد که به وضوح داخل تونل را ببیند به‌طوری که بتواند با اطمینان



شکل ۲ـ۱ ـ نواحی مختلف روشنایی تونل و نحوه کاهش L20[۱]

در شب و روز وارد تونل شود.

• ناحیه آستانه

ناحیه آسـتانه اولین قسـمت تونل است این قسـمت از تونل از ناحیه دسترسی دیده می‌شـود. میزان نورناحیه آسـتانه بایستی بقدری باشـد که راننده به‌وضوح از ناحیه دسترسی داخل تونل را ببیند.

• ناحیه انتقال

در ادامه ناحیه آستانه ناحیه انتقال قرار گرفته است در این ناحیه روشنائی، بطرف داخل تونل به‌طور تدریجی کاهش می‌یابد تا اینکه راننده زمان کافی برای هماهنگ شدن دید با نور کم را داشته باشد.

•ناحیه داخل تونل

بعد از ناحیه انتقال ناحیه داخل تونل اســت، که تا ناحیه خروج ادامه می‌یابددر ناحیه داخلی تونل کمترین حد روشنائی روز اعمال می‌شود میانگین نور هر قسمت ازجاده تقریباً بــرای تمام نقاط داخل تونل ثابت اســت به همین دلیل نــوع، تعداد و فاصله چراغها در تمام طول این ناحیه یکسان می‌باشد.

•ناحیه خروج

ناحیه خروج ناحیه ای است که راننده موقع خروج به آن میرسد در صورتی‌که ترافیک زیاد نباشد نور قسمت خروج با نور قسمت ورود تفاوت زیادی ندارد. هنگام خروج از تونل در طی روز، بیرون از تونل بسیار روشنتر است و لذا خطرهای در پیش روی راننده به‌صورت سایه دیده می‌شود. در ترافیک سنگین و زیاد کامیونها و اتوبوسها، نور این ماشینها خیره کننده است، لذا زمانی‌که یک ماشین در عقب یک ماشین بزرگ ناگهان دیده شود، راننده ماشینی که قصد خروج از تونل را دارد، در تصمیم گیری حرکت به جلو با مشکل مواجه می‌شود.

۲ـ۲ ـ روشنایی مورد نیاز هنگام روز و هنگام شب

نور مورد احتیاج داخل تونل در هنگام روز نسبت به نور مورد نیاز داخل تونل به هنگام شب بسیار زیادتر می‌باشد.

در روز دیــد راننده باید با نور زمینه هماهنگ شــود. هنگامی‌که راننده به تونل نزدیک می‌شود باید در هر زمان قادر باشد تا داخل تونل را ببیند. اگر نور سطح جاده در ورودی تونل کم باشد قدرت راننده در دیدن خطرات و عکس العمل به آنها کاهش می‌یابد.

مقدار روشــنائی ورودی تونــل در هنگام روز باید به اندازه‌ای باشــد که راننده هنگام نزدیک شــدن به ورودی داخل تونل را به‌وضوح ببیند و با اطمینان، بدون کاهش ســرعت به رانندگی ادامه دهد. نور مورد نیاز به‌طور قابل ملاحظه‌ای به تطابق نوری چشم رانندگان، نور

انعکاسی زمینه جاده و فضای اطرف دهانه تونل بستگی دارد.

در هنگام شب دید رانندگان قبل از رسیدن به دهانه تونل با نور کم هماهنگ است لذا روشنائی مورد نیاز تونل مقدار کمی در نظر گرفته می‌شود.

۲ـ۳ ـ شروع استفاده از برنامه

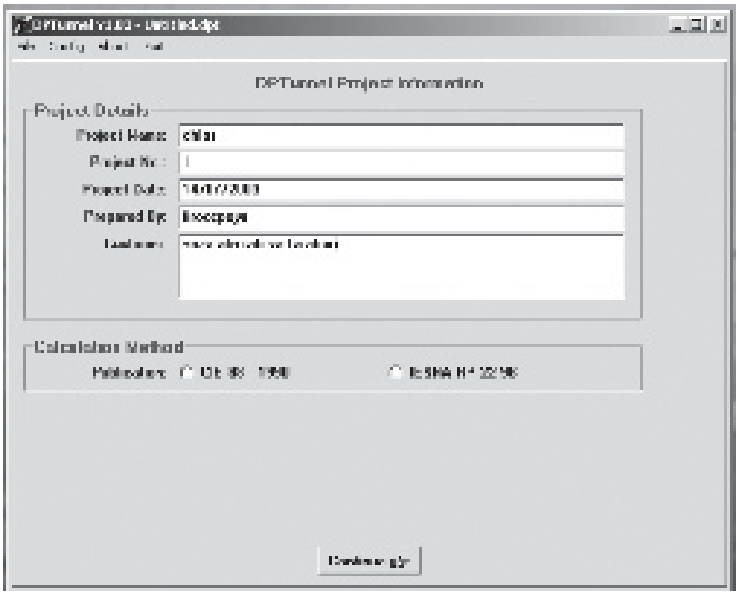
اولیـــن باری که شـــما برنامه DP TUNNEL را اجرا می کنیـــد اولین چیزی که احتیاج دارید ایجاد یک پروژه است.

از گزینه FILE قسمت NEW را انتخاب کرده و یا Ctrl-N را بزنید یک صفحه مربوط به اطلاعات پروژه روی پنجره اصلی DPT نشان داده می‌شود.(شکل ۲ـ۲)

در این مرحله اطلاعات مربوط به پروژه تونل مورد نظر را بایستی وارد کنید.

پرکردن اطلاعات این بخش اختیاری اســـت و صرفاً جهت نگهداری اطلاعات است و در صورت عدم تمایل اطلاعات را می‌توانید وارد نکنید.

نوع محاسبات را انتخاب کنید CIE یا IES و پس از آن دکمه Continue را کلیک کنید



شکل ۲ـ۲ ـ پنجره اطلاعات پروژه [۸]

تا به قسمت بعد بروید.

۲ـ٤ ـ جزئیات تونل

پنجره جزئیات تونل در شکل (۲ـ۳) نشان داده شده است.

بایستی توجه کرد در صورتی که در مرحله قبل IES را به عنوان مبنای محاسبات انتخاب کنید در شکل (۲ـ۳) مسافت دید مطمئن توقف در جزئیات تونل با سرعت ترافیک عوض می‌شود.

یک شرح خلاصه در باره تونل وارد کنید تا موقع گزارش نمایش داده شود. اطلاعات باید به گونه‌ای باشد که بتوان بوسیله آن ویژگیها تونل را شناخت (مانند نام تونل، محل تونل، جاده و شهر یا روستای نزدیک به آن تونل و غیره) اگر دکمه Hint را کلیک کنید، یک کادر محاوره ای دیده می‌شود که در رابطه با نوع این اطلاعات پیشنهادهایی را ارائه میدهد. محل تونل در نیم کره شمالی یا نیم کره جنوبی است این اطلاعات مورد نیاز محاسبات روشنائی است زیرا موقعیت خورشید، که نکته مهمی در تعیین روشنائی مورد نیاز است را مشخص می‌کند. کلاس تونل را بایستی اعم از تونل مجزا و یا غیر مجزا مشخص کرد.یک تونل مجزا (دو دهانه) شامل ۲ محفظه عبور و مرور مجزا است هر دهانه برای یک جهت ترافیک طراحی شده است و برعکس تونل غیر مجزا یک محفظه دارد که در همان محفظه ۲ جهت ترافیک در جریان است.

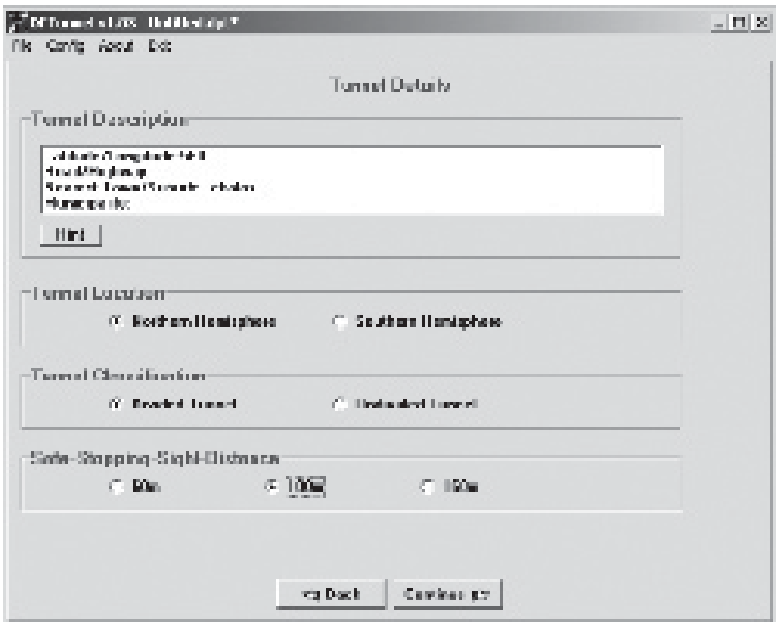
مسافت دید مطمئنه توقف در CIE یا سرعت ترافیک در IES را مشخص کنید این اطلاعات برای محاسبات روشنائی مورد نیاز است. دکمه Continue را کلیک کنید تا به قسمت بعد بروید.

۲ـ۵ ـ جزئیات مدخل شماره ۱ و۲ تونل

پنجره جزئیات مدخل تونل در شکل (۲ـ٤) نشان داده شده است.

در این مرحله جزئیات مدخل شماره ۱ تونل (یا دهانه ورودی) را بایستی وارد کرد.

نام مدخل تونل یک نام رسمی است. اگر مدخل تونل نام رسمی ندارد باید طوری نام



شکل ۲ـ۳ ـ پنجره جزئیات تونل [۸]

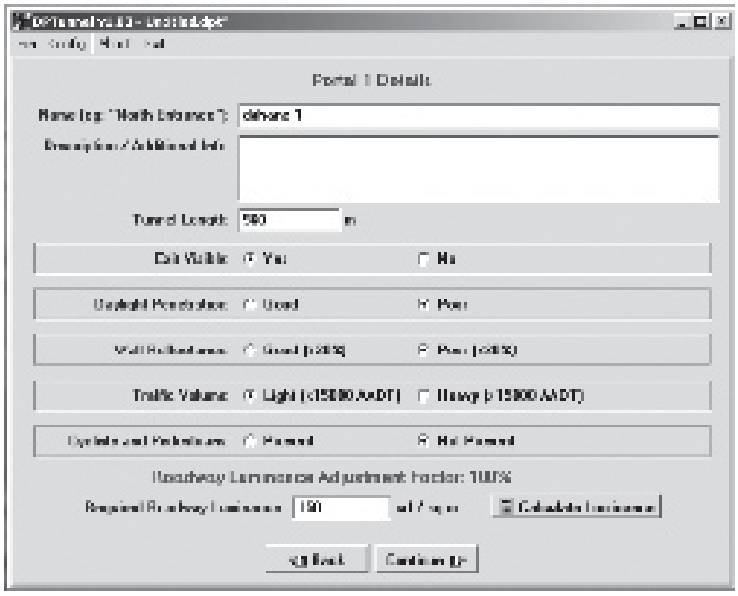
گذاری شـــود که به اندازه کافی ویژگیهای آن نام گذاری، این مدخل تونل را از مداخل دیگر تونل شناســـایی کند. (مانند ورودی جنوبی یا ورودی یک شهر). اطلاعات اضافی دیگری که می‌تواند در خواندن گزارش تونل مفید باشـــد در صورت نیاز تهیه شـــود. برای مثال می‌توان زمینه‌های اطراف دهانه را شرح داد.

جزئیـــات دیگر مدخل تونل از قبیل طـــول تونل ،میزان نفوذ نور روز، ضریب انعکاس دیواره‌ها،میـــزان ترافیک و دیگر اطلاعات به‌دســـت آمده از مطالعـــات میدانی(مندرجات فرم شماره یک) بایستی وارد گردد.

دکمه Continue را کلیک کنید تا به قسمت بعد بروید.

جزئیات مدخل شماره ۲ نیز مانند جزئیات دهانه شماره ۱ تونل است اما برای ورودی دیگر تونل.

۲ـ۶ ـ جزئیات ناحیه داخلی و نور شب هنگام



شکل ٢ـ٤ ـ پنجره جزئیات مدخل تونل

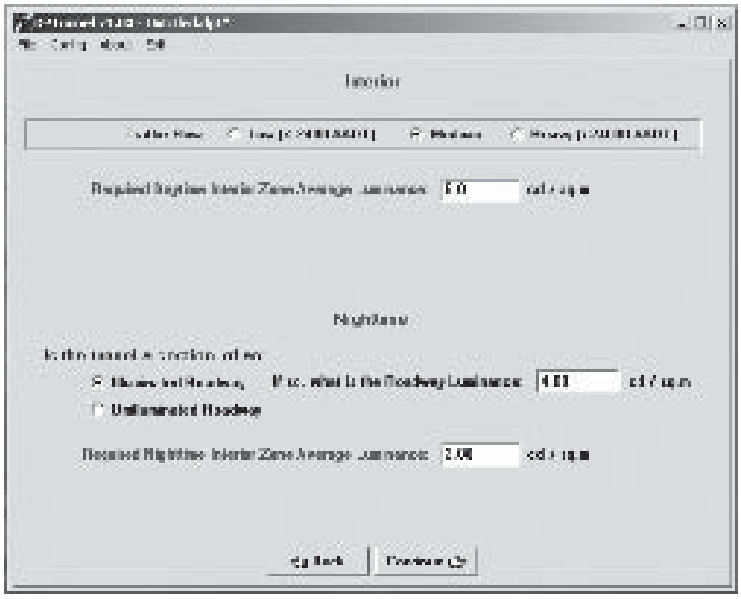
پنجره جزئیات ناحیه داخلی و نور شب براساس CIE و IES در شکل (٢ـ٥) و (٢ـ٦) نشان داده شده است مقدار روشنائی مورد نیاز در روز در ناحیه داخلی تونل به‌طور واضحی بستگی به شدت ترافیک در هر دو سیستم IES و CIE دارد در شب هنگام نور مورد احتیاج تونل در تمام طول تونل برابر $2/5\ cd/m^2$ براســاس استاندارد IES و برابر $1\ cd/m^2$ برای اســتاندارد CIE است اگر جاده دسترســی به تونل دارای روشنائی الکتریکی باشد میزان آن حداقل $4\ cd/m^2$ درنظرگرفته

می شــود و اگر تونل دارای روشنائی الکتریکی باشد یا نباشد در هر شرایطی روشنائی مورد نیاز در داخل تونل باید برابر روشنائی بیرون جاده باشد. [٨]

٢ـ٧ ـ ابعاد تونل

جهت محاســبه روشنائی مورد نیاز برای تمام نواحی تونل بایستی ابعاد داخل تونل را مشخص کنید.

بــرای ایــن کار ابتــدا دکمــه Define tunnel shape را کلیک کنید یــک پنجره به نام



شکل ۲ـ۵ـ پنجره جزئیات ناحیه داخلی و نور شب براساس CIE

شکل ۲ـ۶ ـ پنجره جزئیات ناحیه داخلی و نور شب براساس IESNA

Define Shapeand Surfaces of Tunnel (شـــکل و ســـطح تونل را مشخص کنید) می‌بینید همان‌طور که در شکل (۲ـ۷) نشان داده شده است.

•ارتفاع داخلی تونل ارتفاع فاصله سطح جاده تا سقف بالای آن است.

•پهنای پیاده رو در ســـمت چپ جاده تونل، عرض نواری اســـت که بین دیوار چپ و حد چپ جاده تونل قرار گرفته است و ممکن است محل توقف اضطراری، عبور پیاده، محل دوچرخه سوار و یا باند ایمنی جاده تونل باشد.

•پهنای پیاده رو سمت راست همانند پیاده رو سمت چپ است.

•عـــرض معبر عرضی اســـت که حرکت ترافیک در تونـــل در آن صورت می‌گیرد اگر تونل مجزا باشد کافی است شما تعداد باندهای عبور را در هر راه تونل وارد کنید. و اگر تونل غیر مجزا باشد شما باید جزئیات زیرا را وارد کنید.

۱ـ پهنای رفوژ (خط وسط) عبارت است از عرض جدا کننده بین دو باند عبور و مرور در جهت مخالف.

۲ـ تعـــداد باندهای گذر ســـمت چپ رفـــوژ : تعداد باندهای گذری اســـت که جهت ترافیک در سمت چپ رفوژ قرار دارد(با فرض اینکه از دهانه ۱ به دهانه ۲ میروند).

۳ـ تعداد باندهای گذر سمت راست رفوژ : تعداد باندهای گذری که در سمت راست رفوژ قرار دارد مانند بالا.

می‌توان ضریب انعکاس ســـطح تونل در دیواره چپ و در دیواره راســـت و ســـقف و جاده را مشخص نمود.

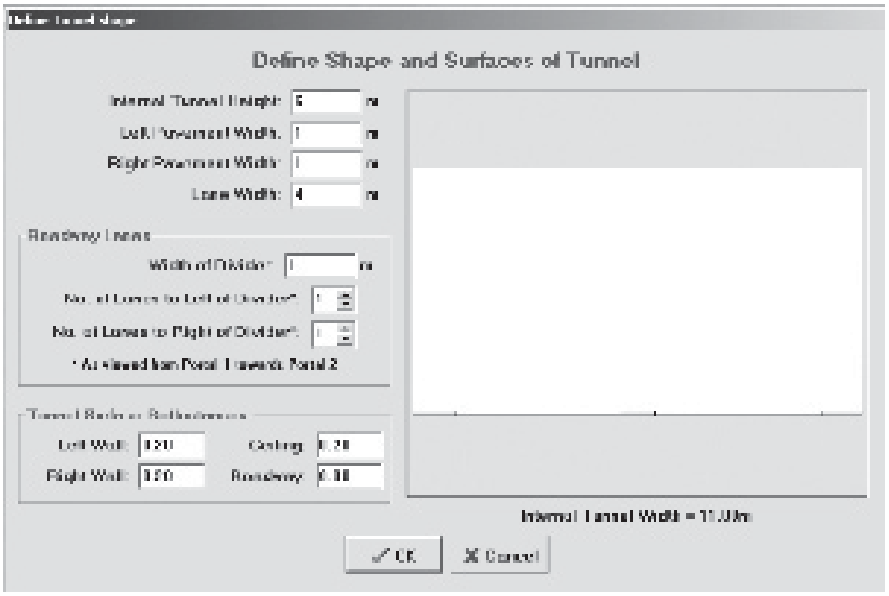
دکمه ok را کلیک کنید تا مشخصات هندسی را ذخیره کند و به منوی اصلی بر گردد.

۵ـ دکمه Continue را کلیک کنید تا به قسمت بعد بروید.

۲ـ۸ چیدمان چراغها

پس از وارد کردن جزییات مورد نیاز ،می‌توان چیدمان چراغها را در تونل انجام داد.

پنجره چیدمان چراغها درشـــکل (۲ـ۸) نشـــان داده شده اســـت طول تونل به۳ قسمت اصلی تقسیم می‌شود.



شکل ۲ـ۷ ـ پنجره نشان دهنده شکل هندسی و ابعاد تونل

• **مدخل ۱:** دهانه ورودی به تونل، طول این ناحیه شـامل ناحیه آستانه و ناحیه انتقال است. اگر تونل کوتاه باشد ممکن است یک و یا هر دو ناحیه یکی شود.

• **مدخل ۲:** دهانه‌ای که از جهت دیگر وارد تونل می‌شوید. طول این ناحیه نیز، شامل ناحیه آستانه و ناحیه انتقال است و در صورتی‌که تونل کوتاه باشد یک یا هر دو قسمت یکی می شوند.

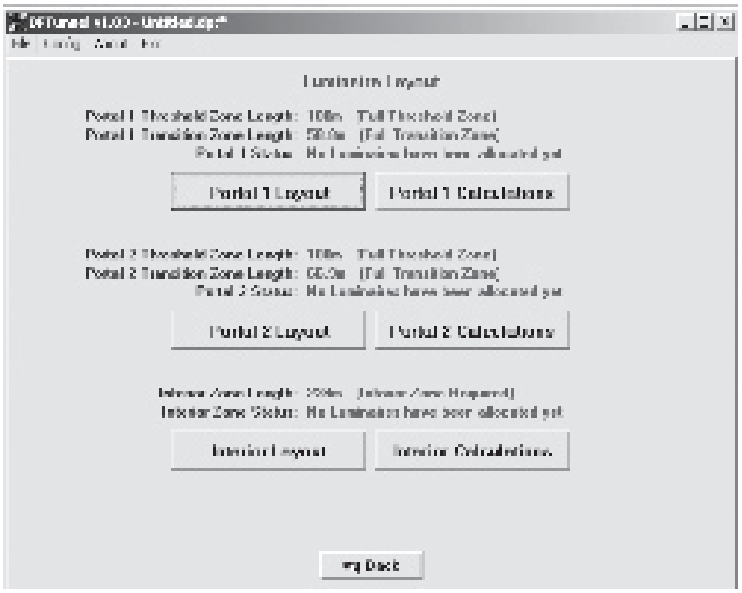
• **ناحیـه داخل تونل:** طول این ناحیه بین دو ناحیه انتقال از ۲ مدخل تونل قرار گرفته است.

در روش CIE روشـنائی مورد نیاز ناحیه آسـتانه و انتقال بسـته به میزان روشنایی دو دهانه متفاوت اسـت، اگر ۲ مدخل تونل دارای روشنائی آستانه یکسان نباشند که (خیلی هم اتفاق می‌افتد) طول ناحیه انتقال آنها نیز با هم فرق می‌کند. می‌توان با کلیک کردن روی دکمه مناسـب چیدمان روشـنائی دهانه یک ،دهانه دو و یا ناحیه داخلی را مشـاهده کرد، یا اینکه عملیات محاسبات انجام شده را مشاهده کرد.

۲ـ۹ـ محاسبات روشنائی مورد نیاز مدخل تونل

مقدار روشنائی مورد نیاز ناحیه آستانه تونل باید به اندازه کافی باشد به‌طوری‌که راننده وقتی به ورودی تونل نزدیک می‌شود با اطمینان و بدون کاهش سرعت و بدون ترس از بودن چیزی خطرناک در تونل، وارد تونل شود.

مقدار روشنائی مورد نیاز به‌طور قابل ملاحظه ای به سرعت تطبیق چشم راننده با میزان



شکل ۲ـ ۸ ـ پنجره چیدمان چراغها

نور، روشنائی انعکاس جاده و زمینه های اطراف دهانه تونل و همچنین به ساعتی از روز که راننده وارد تونل می‌شود بستگی دارد.

روشنائی ناحیه آستانه تونل باید طوری باشد تا با روشنائی ناحیه دسترسی تطابق داشته باشد.

روشـــنائی ناحیه دسترسی روشـــنائی ناحیه دید رانند (Fov)و° از نقطه SSD در جلوی تونل اســـت. این روشـــنائی، مربوط به زمینه جاده و اطراف دهانه تونل است و یک تخمین از روشنائی تطابقی در جهت حرکت ماشین به‌دست می‌دهد.

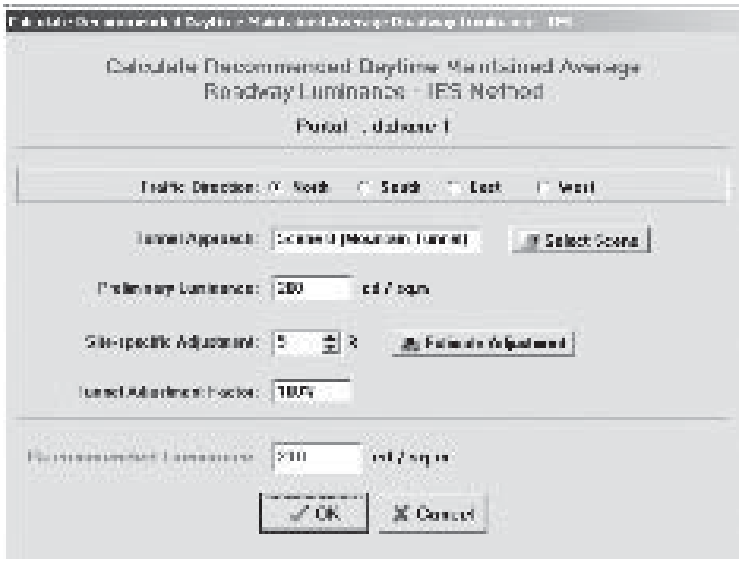
هر چند که ناحیه روشـــنائی ناحیه دسترســـی تا زمانی که تونل ساخته نشود ناشناخته است با یک تصور و تقریب می‌توان روشنائی این ناحیه را به منظور طراحی یک سیستم نور دهی مناسب تا زمانیکه تونل طراحی می‌شود، حدس زد.

در شـــرایطی کـــه تونل کوتاه باشـــد و یا اینکه میزان نفوذ نـــور روز به داخل آن خوب باشد، روشنائی ناحیه آستانه می‌تواند تا ۵۰ درصد و یا بیشتر کاهش یابد و در شرایط استثنائی ممکن اســـت به نور دهی در روز احتیاج نباشد. محاسبات روشنائی ناحیه آستانه در متدهای IES و CIE با هم تفاوت دارد. در زیر به این دو روش اشاره می‌کنیم:

۲ـ۹ـ۱ ـ روش IES

پنجره محاســـبات روشنائی مدخل تونل در روش IES در شکل (۲ـ۹) نشان داده شده اســـت در روش IES از یک جدول جهت تعیین روشـــنائی ناحیه آستانه استفاده می‌شود. سه پارامتری که در این جدول اســـتفاده می‌شود عبارتند از سرعت ترافیک، جهت ترافیک، نحوه نزدیک شدن به تونل و سپس تغییر ضرایب ویژه براساس محل مورد نیاز انجام می‌شود.

5- Field Of View



شکل ۲ـ۹ ـ پنجره محاسبات روشنائی مدخل تونل و محاسبه L20 در روش IES

الف ـ سرعت ترافیک

سـرعت ترافیک یک پارامتر مهم است، زیرا برای سـرعتهای بیشتر باید رانندگان دید بهتری و اطمینان بیشتری موقع رسیدن به مدخل تونل داشته باشند در غیر این‌صورت باعث کندی حرکت آنها و عدم اطمینان در هنگام رسیدن به مدخل تونل خواهد شد. در نتیجه برای سرعت بیشتر روشنائی ناحیه آستانه بیشتری مورد نیاز است.

ب ـ جهت ترافیک

پارامتر مؤثر دیگر جهت ترافیک می‌باشد مناطقی که نور آفتاب بیشتری دارند روشنی فضا بیشتر از مناطقی است که نور آفتاب کمتری دارند. رانندگانی که در جهت نور خورشید حرکت می کنند، دید بیشتری (FOV) احتیاج دارند.

پس باید روشـنائی ناحیه آسـتانه بیشتری جهت تطبیق چشـم آنها به هنگام ورود به مدخل تونل تأمین کرد. که با اطمینان بیشتری به تونل نزدیک شوند.

برای تونلی که در نیم کره شـمالی اسـت و جهت ترافیک به سمت جنوب می‌باشد، این مسـأله یک فاکتور منفی اسـت. در صورتی‌که اگر تونلی در نیم کره جنوبی واقع شـده

باشد، حرکت ترافیک به سمت شمال یک فاکتور مهم است. این فاکتور به‌طور اتوماتیک در فرضیات DPT در نظر گرفته می‌شود.

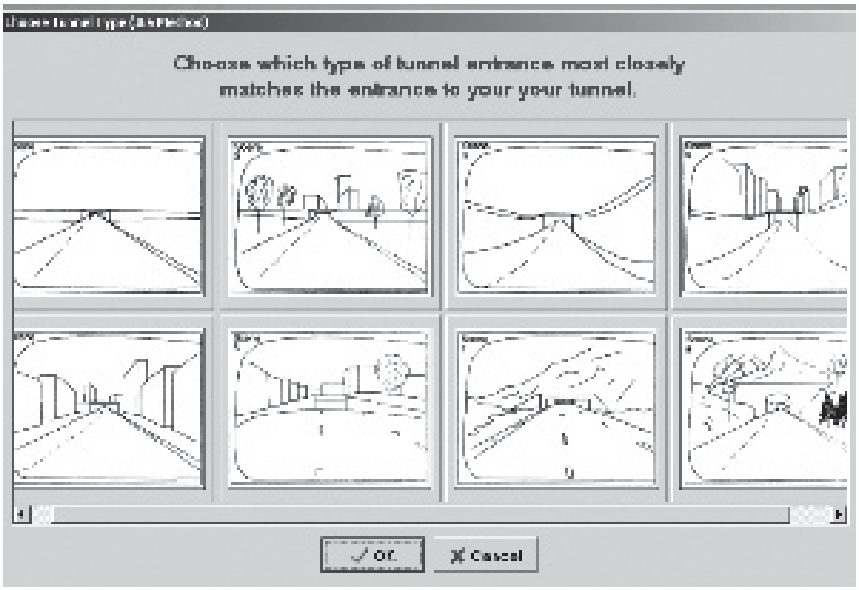
ج ـ نزدیک شدن به تونل

همانگونه که قبلاً عنوان شـد در روزهای آفتابی روشـنایی تطبیقی برای دید رانندگان (FOV) بایـد زیاد باشـد، هر چند که اگـر یک راننده از نور آفتاب دور شـود اما به یک کوه پوشیده از برف نزدیک شود و یا به منطقه‌ای که انعکاس نور زیادی دارد نزدیک شود باز هم احتیاج به روشـنائی بیشتر جهت تطبیق دید، در مدخل تونل دارد. انتخاب نزدیک شدن طبق تصاویر نمونه‌ای است که در شکل (٢ـ١٠) نشان داده شده است.

هر چند شـبیه سازی تونلهای خاص به‌طور احتمالی ممکن است با هیچ یک از این ٨ نمونه یکی نباشد پس باید نزدیکترین نمونه را انتخاب کرد.

شـکلهای ٣و٢و١ به‌عنوان جاده رو باز معمولی و شـکلهای ٤و٥و٦ تونلهای شهری و شکل (٧و٨) به‌عنوان تونلهای کوهستانی هستند.

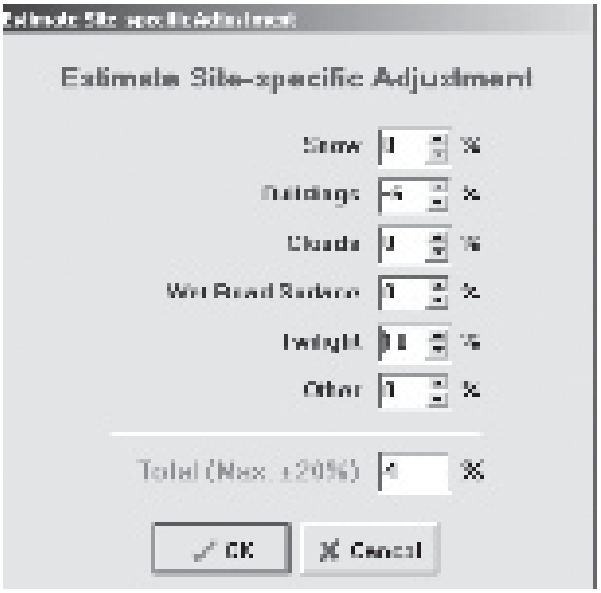
برای تونلهای نیم کره شـمالی حرکت به سـمت شـمال یک پارامتر معنی داراست در صورتی‌کـه در نیمکره جنوبی حرکت به سـمت جنـوب یک پارامتر با معنی اسـت. و این موضوعات باید در DPT در نظر گرفته شود.



شکل ۲ـ۱۰ ـ اشکال مختلف دهانه‌های تونل

د ـ تنظیمات ویژه محل

این تنظیمات راحداکثر تا ۲۰درصد مقدار درخشـــندگی اســـتاندارد، مطابق با ضریب ویژه محلی می‌توان اعمال نمود برای مثال اگر خورشـــید، به هنگام رسیدن به تونل در مقابل دید راننده باشـــد و یا اگر در اطراف مدخل تونل ســـاختمانهایی با انعکاس زیاد وجود داشته باشـــند باید روشنائی آستانه را بالا برد یک راهنمائی تنظیم ویژه محل در شکل (۲ـ۱۱) آمده اســـت.در واقع بســـته به اینکه چند درصد فضای قابل رؤیت آسمان ،جاده ،برف و غیره باشد می‌توان درصد کل را به‌دست آورد.



شکل ۲ـ۱۱ ـ پنجره تنظیمات ویژه

۲ـ۹ـ۲ ـ روش CIE

روش CIE به‌طور واقعی روشـــنائی ناحیه دسترســـی مورد نظر را معین می‌کند که این روشنائی همان روشنائی زمینه‌ایی است که راننده در مسافت SSD از ورودی تونل مشاهده می‌کند، روشنائی ناحیه دسترسی در یک ضریب ضرب می‌شود و از روی آن روشنایی ناحیه آستانه را به‌دست می آوریم. دو روش برای تعیین روشنائی ناحیه دسترسی وجود دارد.

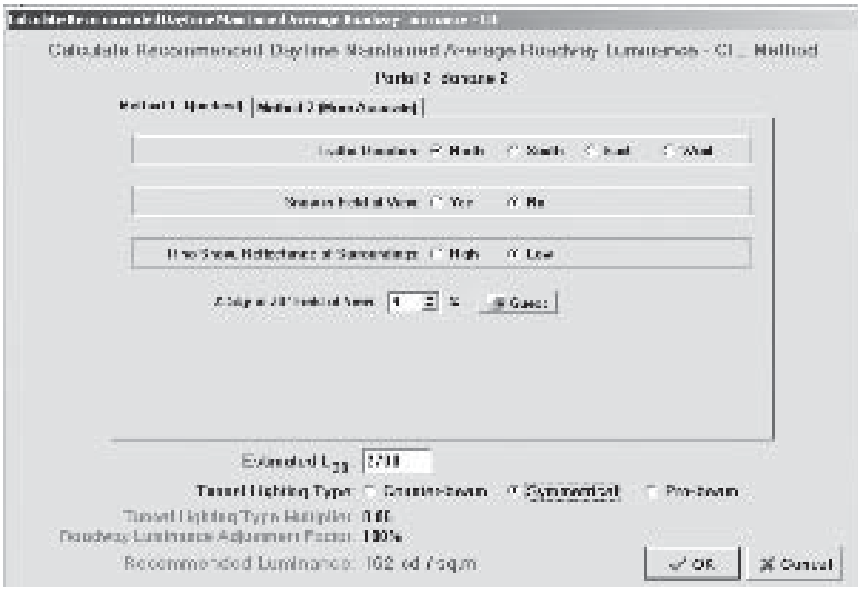
الف ـ روش سریع

پنجره روش ســـریع در شکل ۲ـ۱۲ نشان داده شده است. در روش سریع یک جدول مورد استفاده قرار می‌گیرد مانند روش IES ضرایبی که در این روش باید در نظر گرفته شوند عبارتند از:

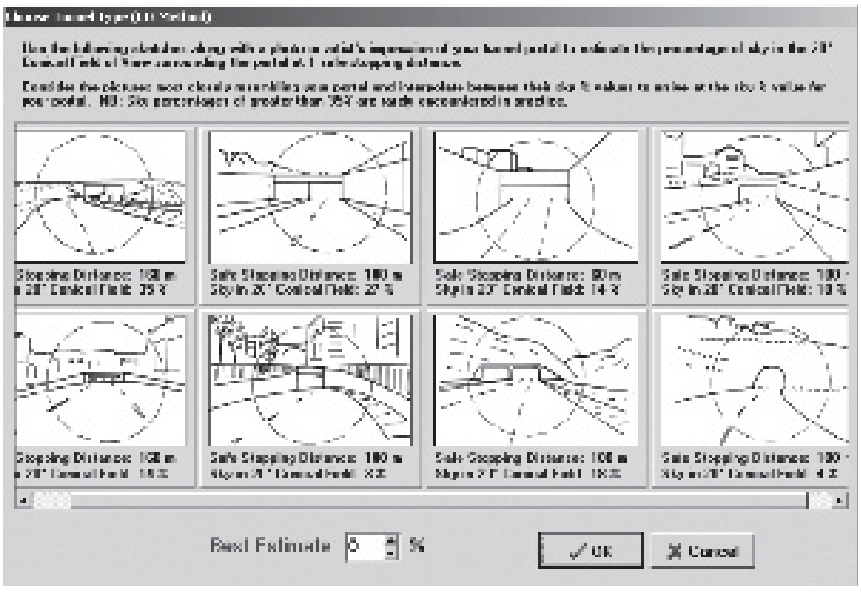
جهت ترافیک، آیا در جاده برف اســـت یا نیســـت، اگر برف نیســـت آیا انعکاس نور محیطی زیاد است یا کم ، درصد روشنائی فضا تا در محدوده زاویه دید ۲۰ درجه.

برای تعیین محدوده دید ۲۰ درجه، می‌توانیم دکمه guess را کلیک کنیم این کلید در شکل (۲ـ۸) شکل نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل (۲ـ۱۳) نشان داده شده است.

یکی از شکلها را که خیلی نزدیک به تونل مورد نظر است انتخاب کرده و درصد تشابه را با بالا و پائین کردن تنظیم می کنیم.



شکل ۲ـ۱۲ ـ روش سریع محاسبه L20 براساس استاندارد CIE



شکل ۲ـ۱۳ ـ انتخاب نوع دهانه تونل

ب ـ روش دقیق

در روش دقیق به یک عکس که از نقطه SSD از مدخل تونل گرفته شده احتیاج داریم اگر تونل هنوزاحداث نشده باشد ،گرفتن یک عکس از محل کار مورد نظر و یا یک نقاشی از تونل تمام شده کفایت می کند. لازم به ذکر است که شرح کامل این روش در بخش ۱ـ۵ـ۳ شرح خدمات آمده است.پنجره محاسبه روش دقیق در شکل (۲ـ۱٤) آمده است

ابتدا یک دایره روی عکس که از مرکز ناحیه دید ۲۰درجه گرفته شـده بکشـید. مرکز ایـن دایـره مرکز جاده تونل در مدخل تونل اسـت. در ضمن می‌تـوان از یک عکس با ابعاد ناشناخته نیز استفاده کرد و سپس آنرا مقیاس بندی نمود.

برای مثال ارتفاع تونل را برای محاسبه شعاع دایره روی عکس در نظر میگیریم. نمونه هایی از ناحیه دید ۲۰ درجه در شکل (۲ـ۱۳) آمده است. تخمین مقدار دید راننده به‌صورت درصدی از مساحت دایره در زمینه های مختلف انعکاس کننده نور در نظر گرفته می‌شود.

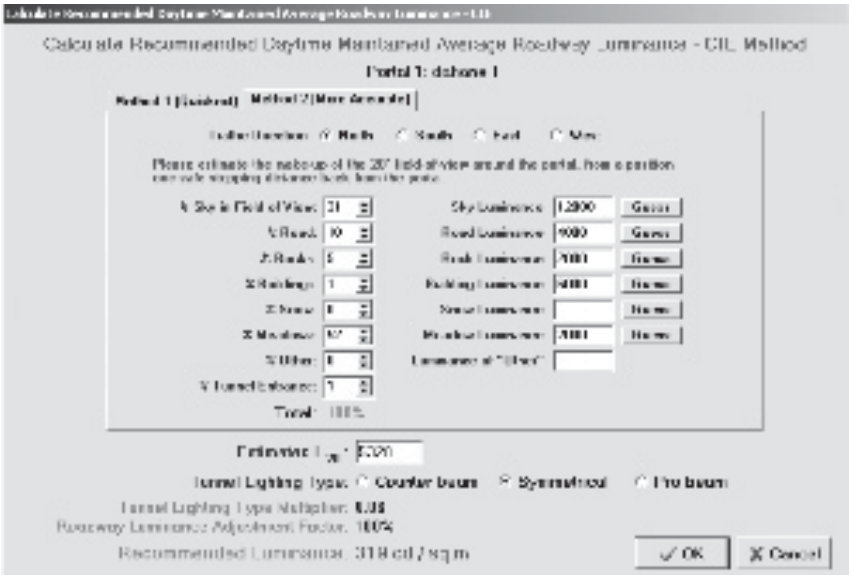
به عنوان مثال در شکل (۲ـ۱٤) ناحیه دید ۲۰ درجه شامل ۳۱ درصد فضا، ۱۰ درصد جاده، ۵ درصد صخره، ۱ درصد ساختمان، ۱ درصد ورودی تونل و ۵۲ درصد دشت در نظر گرفته شده است.

برای هر نوع نور زمینه ای که در دید (FOV) راننده است باید روشنائی را حدس زد. می‌توانید با کلیک کردن روی دکمه guess نرم‌افزار DPT یک تقریب از روشنائی هر قسمت را به‌دست آورید که در نشریات CIE آمده است.

اگر دید ۱۰۰ درصد فرض شود روشنائی مورد نیاز هنگام ورود ،برابر روشنائی دید ۲۰ درجه است که همان روشنائی ناحیه دسترسی می‌باشد ومعمولاً L_{20} نامیده می‌شود.

با ضرب کردن مقدار L_{20} در ضریبی خاص که قبلاً در بخش ۱ـ٦ ـ۱ ـ شرح خدمات اشاره شدمی‌توان مقدار نهایی درخشندگی ناحیه آستانه را محاسبه کرد.

یکی از این فاکتورها بسـتگی به نوع روشـنائی بکار رفتـه در تونل دارد که در بخش ۲ـ۱۰ ـ همین ضمیمه آمده است.



شکل ۲ـ۱٤ ـ پنجره روش دقیق محاسبه L20

۲ـ۱۰ ـ انواع روشنائی تونل

سیســـتم روشنائی کانتربیم بهترین نوع نور دهی تونل است این سیستم نور بیشتری به طرف راننده می پراکندو همچنین یک کنتراست منفی بین اشیاء کوچک و سطح جاده بوجود می آورد و باعث می شود که اشیاء بهتر دیده شوند و در نتیجه دید بهتری با روشنائی کمتری حاصل می‌شـــود. مقدار L_{th} محاســـبه شده در سیستم کانتربیم نســـبت به سیستم متقارن و یا پروبیم مقدار کمتری دارد و در نتیجه میزان نور مورد نیاز در ناحیه آســـتانه کمتر خواهد بود. این روش معمولاً در تونلهای مجزا که در هر دهانه ترافیک در یک جهت جریان دارد مناسب است ،برای تونلهای ایران که معمولاً دارای ترافیک دوطرفه هستند مناسب نیست لذا مناسب تر است که از سیستم روشنایی یکنواخت استفاده کرد.

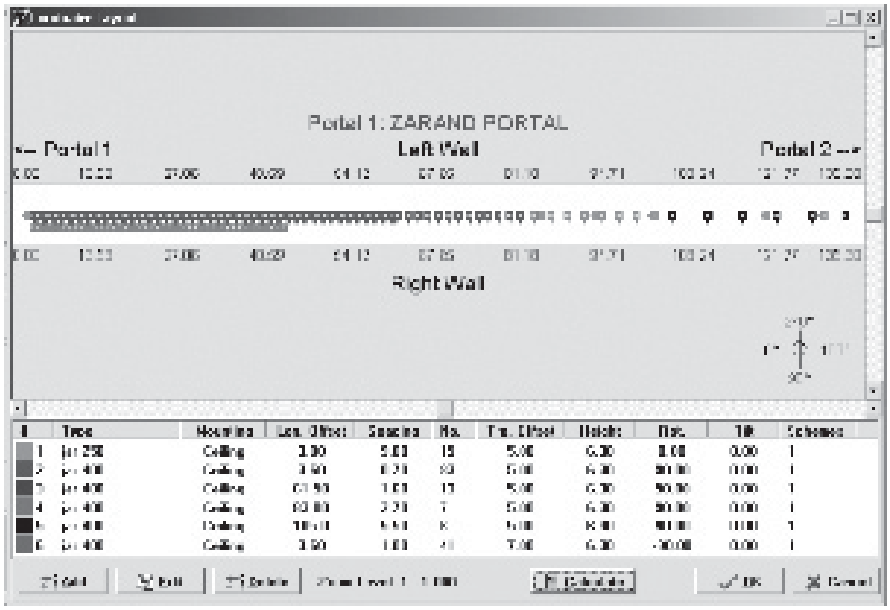
۲ـ۱۱ ـ چیدمان چراغها

به‌علت طبیعت یکنواخت روشنائی تونل، چیدمان چراغها در DPT با اضافه کردن یک گروه چراغ در هر ناحیه انجام می‌شود.

۲ـ۱۱ـ۱ ـ اضافه کردن یک چراغ به یک ناحیه

شکل (۲ـ۱۵) پنجره چیدمان چراغها را نشان میدهد.

- بـــرای اضافـــه کردن یک گروه چراغ به یک ناحیـــه روی دکمه add کلیک کنید. یک پنجره بنام Add Luminaire Array To Zone ظاهر می‌شـــودجزئیات گروه چراغها در پایین صفحه اضافه می‌شود.
- بـــرای ایجاد تغییرات در یک گروه از چراغهـــای موجود،ابتدا آن را انتخاب نموده و سپس دکمه Edit را کلیک می کنیم.
- برای حذف یک گروه چراغ موجود آن را انتخاب و دکمه delet را کلیک می‌کنیم.
- برای انجام محاسبات چراغها برای نواحی مختلف دکمه Calculate را کلیک می‌کنیم.
- برای بزرگنمائی دکمه چپ موس را در منطقه مورد نظر کلیک می کنیم.
- برای کوچکنمائی دکمه راست را در منطقه مورد نظر کلیک می کنیم.
- چنانچه عمل بزرگ نمایی انجام شـــود با استفاده از Scroll- Bars می‌توان در عرض و طول نقشه حرکت کنیم.



شکل ۲ـ۱۵ ـ پنجره چیدمان چراغها [۸]

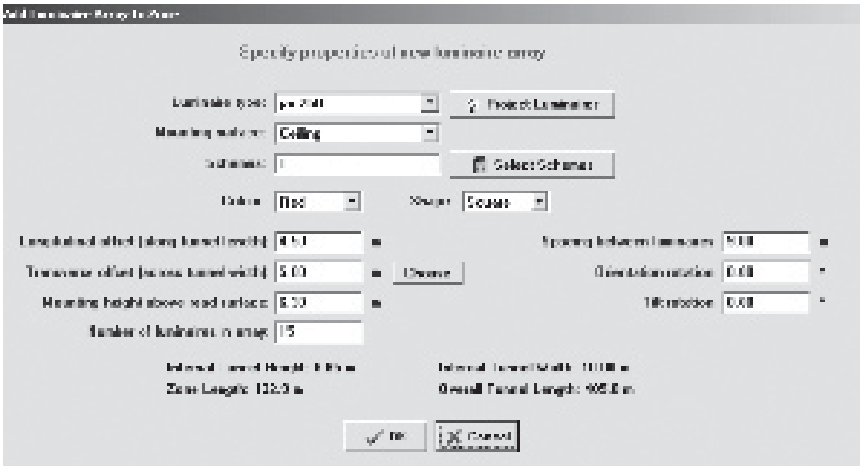
٢ـ١١ـ٢ ـ اضافه کردن یک ردیف چراغ به یک ناحیه

وقتیکه شما دکمه add را برای اضافه کردن یک گروه چراغ انتخاب می کنید (یا دکمه edit برای تغییر یک دسته چراغ) یک پنجره بنام add luminaire Array To Zone نشان داده می‌شود که در شکل (٢ـ١٦) نشان داده شده است.

- نوع چراغ را از یکی از انواع چراغهای مورد تأیید که به برنامه داده شده است انتخاب کنید.
- مکان نصب را اعم از سقف ـ دیوار و یا کف مشخص کنید.
- شـــماتیک مداری را که گروه چراغها باید کار کننـــد انتخاب کنید. می‌توان مدارهای مختلفی برای روزـ شـــب، هوای گرگ و میش (دم صبح ـ غروب شب) داشته باشید بنابراین می‌توان یک گروه چراغ معین را برای روز و دیگر گروه چراغها را برای هوای گرگ و میش در نظر گرفت. می‌توان تعداد کمی از چراغها را در شـــب هنگام وقتی‌که روشـــنائی کم مورد احتیاج است روشن کرد.
- رنگ و شکل چراغ باید مشخص شود.
- مقدار فاصله اولین چراغ از مدخل تونل و فاصله چراغها در تونل بایســـتی مشخص شود.
- مقدار فاصله دســـته چراغها از دیواره‌های کناری مثلاً از دیوار سمت چپ را بایستی مشخص کنید.
- نوع قرار گرفتن و زاویه چراغها را در گروه مشخص کنید.
- ارتفاع نصب گروه چراغها را از سطح جاده مشخص کنید.
- تعداد چراغها را در هر گروه چراغ مشخص کنید.

در انتهای صفحه اطلاعاتی درباره تونل و نواحی مختلف آن نشان داده شده است تا به کاربر در پرکردن اطلاعات مربوط به ویژه گیهای گروههای مختلف چراغها کمک کند.

وقتیکـــه تمام جزئیات را به‌طور قانع کننده ای پر کردید آنگاه دکمه OK را کلیک کنید مشاهده می‌شود که یک گروه چراغ به پروژه شما اضافه می‌شود.



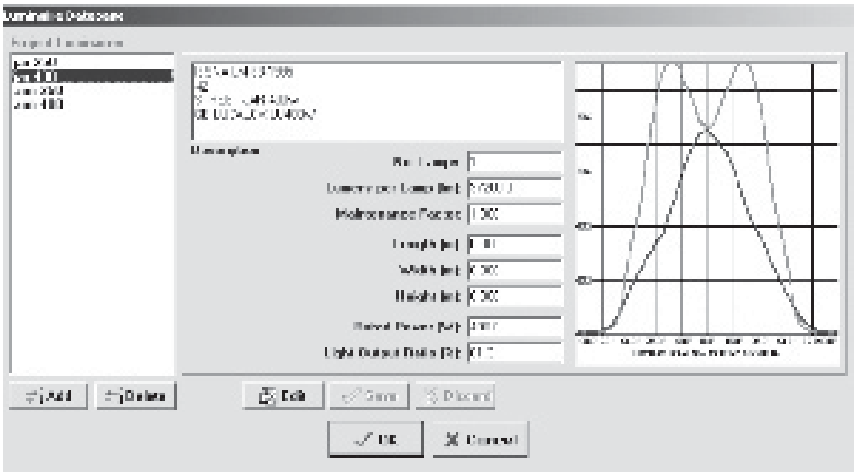
شکل ۲ـ۱۶ ـ اضافه کردن یک ردیف چراغ به یک ناحیه[۸]

۲ـ۱۲ ـ مدیریت چراغهای پروژه

مدیریت چراغهای پروژه یک منبع اطلاعات است که نوع چراغهایی را که در تونل بکار میرود مدیریت می کند.

- در شکل (۲ـ ۱۷) لیست انواع مختلف چراغهای پروژه در سمت چپ نشان داده شده است.
- یک منحنی قطبی(برای چراغهای کلاسC) ویا منحنی بر حسبH-V (برای کلاسB) نشان داده شده است.
- برای اضافه کردن یک نوع جدید چراغ دکمه add را کلیک کنید.ومسیر فایل چراغ مربوطه را وارد کنید
- برای حذف چراغهای پروژه آن را انتخاب و دکمه delete را کلیک کنید.
- برای تغییر جزئیات در یک گروه چراغ دکمه Edit را کلیک کنید بایستی به این مسأله توجه کرد که در فایلهای IES نسبت به شدت روشنائی ۱۰۰۰ لومن چراغها در کارخانه درجه بندی شده اند در این صورت باید لومن هر چراغ را با توجه به درجه بندی کارخانه که برای نور چراغ مشخص کرده است معین نمود و سپس جدول را پر کرد.

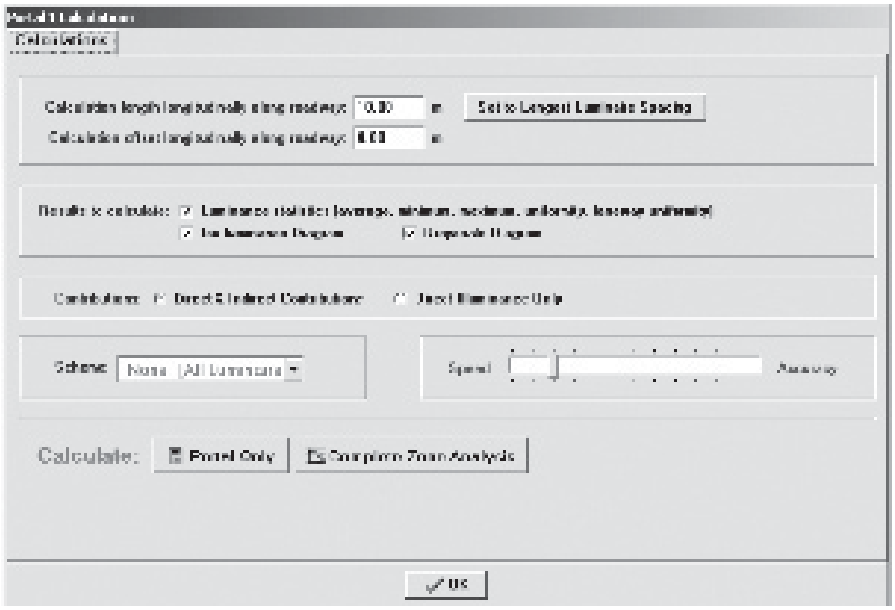
بعد از اینکه تغییرات را انجام دادید دکمه Save را کلیک کنید و یا در غیر این‌صورت دکمه discard را برای انجام نشدن تغییرات کلیک کنید.



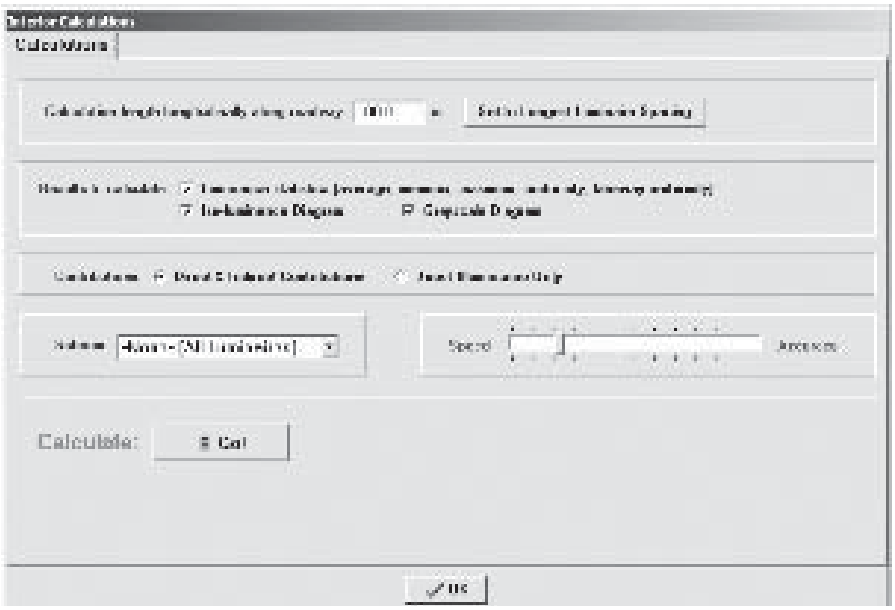
شکل۲ـ۱۷ ـ مدیریت چراغهای پروژه [۸]

۲ـ۱۳ـ محاسبات

روشنائی جاده‌ای و روشنائی دیواره‌ها در هر مدخل تونل و همچنین در نواحی داخلی تونل محاسبه می‌شود در شکل(۲ـ۱۸) پنجره محاسبات DPT برای مدخل تونل نشان داده شده است ودر شکل (۲ـ۱۹) پنجره محاسبات داخل تونل نشان داده شده است.



شکل ۲ـ۱۸ پنجره محاسبات روشنایی دهانه‌ها



شکل ۲ـ۱۹ پنجره محاسبات روشنایی ناحیه داخلی تونل

در این محاسبات دو سری محاسبه اصلی داریم که در ذیل به آن می پردازیم.

الف ـ محاسبه سطوح

در مرحلـه اول یک تجزیه تحلیل روی جاده و دیوارهای تونل انجام می‌شـود و این موضوع برای چک کردن سـریع مقدار روشـنائی مورد نیاز در مدخل تونل به هنگام چیدمان چراغها مفید اسـت. برای اینکه ببینید که روشـنائی مورد نیاز آستانه تونل تامین شده است یا خیر.

•طول ناحیه محاسـبات بوسیله محاسبه طولی از تونل انجام می‌شود شما می‌توانید از DPT برای تعیین گروه چراغها، برای بیشـترین فاصله چراغها اسـتفاده کنید و مقدار طول را برابر آن قرار دهید. مثلاً می‌توان طول یک دسـته از چراغها را معادل طول ناحیه آسـتانه در نظر گرفت.

•عرض ناحیه محاسباتی به‌طور اتوماتیک معادل عرض جاده در نظر گرفته می‌شود.

•برای محاسبات مدخل تونل بایستی فاصله اولین چراغ از مدخل ورودی را مشخص کنید.

با قرار دادن مسـافت کوتاه در محاسبات نواحی شما می‌توانید مطمئن شوید که توزیع پراکندگی نور چراغهای خارج از نواحی محاسبه در نظر گرفته شده است.

•نوع خروجی را که می خواهد نشان داده شود مشخص کنید. (برای مثال Iso Lux و Statistic و Gery Scale).

•اگر می خواهید که توزیع نورهای پراکندگی (نور منعکس شـده از سـطح جاده) در محاسبات در نظر گرفته شود بایستی آنرا مشخص کنید.

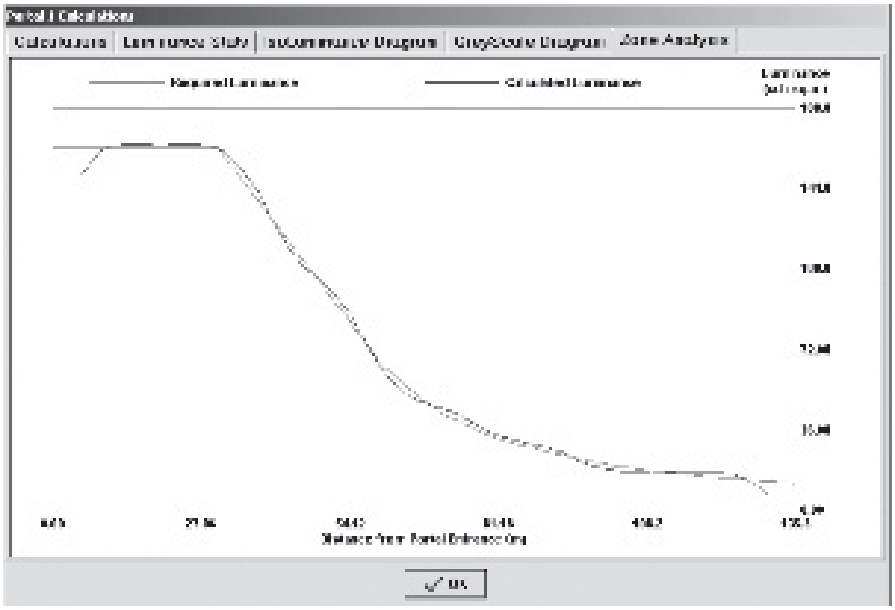
•اگر ترکیبی را هنگام چیدمان چراغها مشـخص کرده اید می‌توانید ترکیب مورد نظر را مشخص کنید.

•کلید لغزشـی را جهت انتخاب بین سـرعت و دقت را می‌توانید استفاده کنید معمولاً نتیجه عملیات سریع خیلی نزدیک به عملیات نهایی است، می‌توان در مراحل اولیه از سرعت بالا استفاده کرد و در مراحل نهایی دقت را افزایش داد.

• دکمه GO را کلیک کنید و محاسبات را برای نواحی داخل تونل و یا فقط ناحیه مدخل تونل تکرار کنید.

ب ـ تجزیه تحلیل نواحی

تجزیه تحلیل نواحی فقط برای دهانه‌ها ممکن است و جهت نواحی داخل تونل بکار گرفته نمی‌شود. نواحی محاسباتی با یک منحنی مبنا مطابق شکل (۲ـ۲۰) مقایسه می‌شود این منحنی براساس میزان روشنایی مورد نیاز و فاصله از دهانه رسم شده است آرایش چراغها را باید به گونه‌ای انجام داد تا منحنی چراغها تقریباً مشابه منحنی کاهش درخشندگی مفروض باشد آنگاه می‌توان مطمئن بود که آرایش چراغها روشنایی مورد نظر را در ناحیه آستانه و انتقال تأمین می کند.



شکل ۲ـ۲۰ ـ مقایسه منحنی روشنایی به‌دست آمده از آرایش چراغها و منحنی مبنا [۸]

ضمیمه ۳

در این بخش روشهای طراحی روشنایی ناحیه دسترسی ارائه شده است.

۳ـ۱ ـ عوامل موثر در طراحی روشنایی جاده دسترسی:

الف ـ اهمیت و کیفیت ترافیک

ب ـ وضعیت اطراف معبر از نظر صنعتی،تجاری و یا مسکونی بودن آن

ج ـ ویژگی‌های آسفالت راه

د ـ موانع موجود در کنار راه همچون درختان، فضای سبز، وجود پیاده رو و یا دوچرخه‌رو

ه ـ وجود عوارض راه همچون تقاطع‌ها، میادین، تونل‌ها و پیچ‌ها و غیره

و ـ ملاحضات زیبایی سیستم روشنائی

۳ـ۲ ـ مراحل طراحی سیستم روشنائی معابر:

۳ـ۲ـ۱ـ تعیین نوع راه:

اولین گام در طراحی روشنائی معابر و تعیین درخشندگی آن مشخص نمودن نوع راه است. راه بسته به اهمیت مورد نظر در شبکه (راهها)، دارای درجه های مختلف است. که به شرح زیر تقسیم بندی شده است: [۱۷]

الف) آزاد راه: راهی با روسازی آسفالتی یا بتنی برای عبور سریع وسائل نقلیه موتوری،با حداقل چهار خط عبور که مسیرهای رفت و برگشت از هم جدا شده و بدون تقاطع همسطح، بدون دسترسی از حاشیه، ممنوعیت عبور پیاده و دوچرخه و سایر وسایل نقلیه غیر موتوری، ورود و خروج با زاویه کم و در موردهایی ممنوعیت عبور تمام یا بخشی از وسایل نقلیه تجاری.

ب) بزرگراه: مانند آزاد راه ولی با امکانات محدود تقاطع هم سطح و دسترسی از حاشیه.

ج) راه اصلی: راهی با روسازی آسفالتی یا بتنی که برای عبور وسائل نقلیه موتوری و به ندرت وسائل نقلیه غیر موتوری و پیاده درنظر گرفته می‌شود و جزئی از شبکه سراسری و ملی راهها است راه اصلی در بسیاری از حالتها، به صورت دو خطه دو طرفه عمل می‌کند ولی در مواردی می‌تواند به چهار خطه و حتی شش خطه پیوسته یا مجزا توسعه یابد. تقاطعها معمولاً همسطح است بنابر این راههای اصلی به سه گروه زیر تقسیم بندی گردیده است:

۱ – راه اصلی جدا شده با عبورهای مجزا و حد اقل دو خط عبور در هر طرف.

۲ – راه اصلی درجه یک دو طرفه با حداقل دو خط عبور با سواره رو به عرض ۳/ ٦٥ متر برای هر خط عبور و شانه های طرفین به عرض حداقل ۸۵ /۱ متر.

۳ – راه اصلی درجه دو با سواره رو به عرض ۰ /۷ متر با شانه های طرفین به عرض حداقل یک متر.

د) راه فرعی: راه فرعی،ارتباط مراکز جمعیت و تولید داخلی یک منطقه را برقرار می‌کند و جزئی از شبکه داخلی آن است. راه فرعی عموماً به صورت دو خطه دو طرفه عمل می‌کند. راههای فرعی به دو گروه زیر تقسیم بندی گردیده است:

۱ – راه فرعی درجه یک با حداقل دو خط عبور با سواره روی رو سازی شده به عرض ۲۵ /۳ متر برای هرخط عبور به اضافه شانه های طرفین

۲ – راه فرعی درجه دو با دو خط عبور و سواره روی شنی به عرض ۵ /۵ متر به اضافه شانه های طرفین.

ه) راه روستایی: نقش این راه، تأمین ارتباط کاملاً محلی و محدود بین روستاها، یا اتصال روستاها به راههای فرعی (واحتمالاً اصلی) است. کم بودن ترافیک و پایین بودن هزینه اجرا شاخص مهم این نوع راه است.

سرعت مجاز و سرعت طرح برای راه‌های شهری مطابق جدول (۳ـ۱) است.

جدول۳ـ۱ـ سرعت مجاز راههای شهری [۱]

طبقه بندی راه	سرعت مجاز (km /h)	سرعت طرح (km /h)
آزادراه، بزرگراه	۷۰ـ۹۰	۸۰ـ۱۰۰
آزادراه، بزرگراه، راه اصلی	٤۰ـ٦۰	۵۰ـ۷۰
راه اصلی، راه فرعی و روستایی	۳۰ و کمتر از ۳۰	۳۰ و کمتر از ۳۰

۳ـ۲ـ۲ـ تعیین مشخصات راه:

پاره ای از مشـخصات راه توسـط اندازه‌گیـری آنها در محل تعیین خواهند شـد.این مشخصات عبارتند از : عرض معبر (W_k)، عرض شانه‌راه (W_{hs})، تعداد و عرض لاین‌ها در هر طرف (W_R)، عرض رفوژ وسط راه و نوع رویه راه : بتن C1 (q0=0.1)، آسفالت درشت R3,C2 (q0=0.07)،آسـفالت ریز R4 (q0=0.08) رنگ آسفالت (فوق العاده روشن، بالاتر از حد متوسط، پائین تر از حد متوسط، فوق العاده تیره).

۳ـ۲ـ۳ ـ ارتفاع نصب:

– در راههای اصلی و فرعی دارای عرض کم با تعداد تقاطع زیاد به طوری که با افزایش ارتفاع نصب تعداد پایه‌های مورد نیاز کم نگردد، ارتفاع نصب ۸ متر توصیه می‌شود.

– در راهـهـای اصلی و راه‌های عریض و پرترافیک دارای پیچ و خم و تقاطع‌های زیاد که فاصله نصب پایه‌ها کم است ارتفاع نصب ۱۰ متر توصیه می‌شود.

– ارتفـاع نصب ۱۲ متر برای اسـتفاده در راه‌های عریض با حجـم عبور و مرور زیاد توصیه می‌شـود. در این حالت فاصله نصب پایه‌ها زیاد شده و نتیجتاً از تعداد پایه‌های مورد نیاز کاسـته می‌گردد. همچنین در آزادراهها و بزرگراههای دو طرفه با سـه باند حرکت و یا کمتر در هر طرف پایه‌های ۱۲ متری توصیه می‌شود.

– در آزادراهها و بزرگراهها با چهار باند حرکت در هر طرف پایه‌های ۱۵ متری توصیه می‌شود.

تبصره: برای راههای اتصالی و راههای ارتباطی به دلیل کم شـدن عرض راه و داشتن خمیدگی استفاده از پایه‌های ۱۰ متری مناسب است.

۳ـ۲ـ٤ ـ محدودیت خیرگی:

در راه‌های اصلی و فرعی که سرعت طرح در آن زیاد و ساختمانهای اطراف آن کم است حداکثر آستانه افزایش (TI)۱۵درصد توصیه می‌شود و در سایر موارد نباید از ۳۰ درصد تجاوز نماید مقدار خیرگی قابل قبول وزارت راه کمتر از ۱۰ می باشد.

در آزادراهها و بزرگراهها برای کنترل خیرگی آستانه افزایش (TI) نباید از ۱۰ درصد تجاوز نماید. این آستانه افزایش برای حالت تمیز بودن چراغ و با حداکثر فلوی لامپ باید محاسبه شود.

۳ـ۲ـ۵ ـ انتخاب نوع لامپ:

با توجه به راندمان بالا و طول عمر زیاد لامپهای سدیم برای تامین روشنائی معابر باید ترجیحاً از لامپهای بخار سدیم کم فشار و پرفشار استفاده می شود. این نوع لامپ نور تکرنگ زردی تولید می‌نماید. در میان لامپهای بخار سدیم موجود در بازار با توجه به قیمت لامپ و منحنی شار نوری آن (متناسب با کاربرد) لامپ بهینه را نتخاب می کنیم.

۳ـ۲ـ٦ ـ طول بازو:

طول بازوی پایه باید حتی‌الامکان کوتاه باشد. باید توجه داشت که به منظور محدود کردن ارتعاش و لرزش پایه طول بازو نباید از ۲۵ درصد ارتفاع نصب بیشتر در نظر گرفته شود.

۳ـ۲ـ۷ ـ آرایش نصب:

در راه‌های اصلی و فرعی یکطرفه با عرض متوسط روش نصب زیگزاگ پیشنهاد می‌شود.

در راه‌های اصلی و فرعی یکطرفه با عرض زیاد روش نصب روبرو پیشنهاد می‌شود.

در راه‌های اصلی و فرعی یکطرفه با عرض کم روش نصب در یکطرف پیشنهاد می‌شود.

در راه‌های اصلی و فرعی دوطرفه که عرض رفوژ وسط راه زیاد است روشنایی هر طرف از راه باید به صورت مستقل طراحی شود. [۱]

در راه‌های اصلی و فرعی دو طرفه که عرض رفوژ وسط راه و همچنین فاصله بین لبه پیاده روهای طرفین راه از یکدیگر کم باشد به صورت راه یکطرفه عریض در نظر گرفته شده و طراحی روشنائی بر این اساس صورت می‌پذیرد.لذا در این مورد می‌توان از آرایش نصب زیگزاگ و یا نصب روبرو استفاده کرد وبرای مناطقی که رفت و آمد اشخاص پیاده در آن کم باشد می‌توان از آرایش نصب در وسط استفاده کرد.

در آزادراهها و بزرگراهها با توجه به نوع و عرض رفوژ وسط راه می‌توان از یکی از سه روش نصب در وسط، نصب روبرو یا نصب در یک طرف استفاده نمود. در صورت امکان بهترین روش نصب در وسط می‌باشد چون باعث ایجاد نور زیادی در سطح جاده و تقاطع می‌گردد ولی در صورت کم بودن عرض رفوژ می‌توان از روش نصب روبرو یا در صورت زیاد بودن عرض از روش نصب در یک طرف استفاده نمود.

۳ـ۲ـ۸ ـ زاویه بازو:

زاویه بازوی پایه برای نصب چراغ باید مطابق با توصیه سازنده چراغ انتخاب شود.

۳ـ۲ـ۹ ـ ضریب نگهداری چراغ:

ضریب نگهداری چراغ که تابعی از درجه حفاظت لامپ چراغ، دوره زمانی تمیز کردن چراغ ومیزان آلودگی محیط است و از جدول (۳ـ۲) به‌دست می‌آید.

جدول ۳ـ۲ ضریب حفاظت چراغهای مختلف [۱]

فاصله زمانی تمیز کردن(ماه)	کلاس حفاظت محفظه لامپ چراغ								
	حداقل IP2			حداقل IP5			حداقل IP6		
	میزان آلودگی محیط			میزان آلودگی محیط			میزان آلودگی محیط		
	زیاد	متوسط	کم	زیاد	متوسط	کم	زیاد	متوسط	کم
۱۲	۰/ ۵۳	۰/ ٦۲	۰/ ۸۲	۰/ ۸۹	۰/ ۹۰	۰/ ۹۲	۰/ ۹۱	۰/ ۹۲	۰/ ۹۳
۱۸	۰/ ٤۸	۰/ ۵۸	۰/ ۸۰	۰/ ۸۷	۰/ ۸۸	۰/ ۹۱	۰/ ۹۰	۰/ ۹۱	۰/ ۹۲
۲٤	۰/ ٤۵	۰/ ۵٦	۰/ ۷۹	۰/ ۸٤	۰/ ۸٦	۰/ ۹۰	۰/ ۸۸	۰/ ۸۹	۰/ ۹۱
۳٦	۰/ ٤۲	۰/ ۵۳	۰/ ۷۸	۰/ ۷٦	۰/ ۸۲	۰/ ۸۸	۰/ ۸۳	۰/ ۸۷	۰/ ۹۰

۳ـ۳ ـ معیارهای طراحی روشنایی معابر:

پس از انتخاب کلیه پارامترهای شرح داده شده در بند قبل، با استفاده از نرم‌افزار CALCULUX و وارد نمودن این مشخصات معیارهای سنجش روشنائی را به‌دست می‌آوریم. این معیارها عبارتند از:

۱. میزان روشنائی سطح راه (average)

۲. یکنواختی کلی (U_0)

۳. یکنواختی طولی (U_l)

٤. درصد خیرگی (T_I)

در نرم‌افزار به روش سعی و خطا (زوایای مختلف، فواصل نصب مختلف، ارتفاع‌های نصب مختلف) واستفاده از چراغ‌های متفاوت مقادیر بالا را در بازه استانداردهای موجود به‌دست می‌آوریم. این مقادیر در جدول (۳ـ۳) و (۳ـ٤) ذکر شده است.

جدول ۳ـ۳ استاندارد نیازهای روشنایی آزاد راهها [۱]

نیازهای روشنائی برای آزاد راهها براساس BS5489			
نوع راه	یکنواختی طولی	یکنواختی کلی	متوسط روشنایی(cd/m^2)
اتوبان	۰/ ۷	۰/ ٤	۲
راه دسترسی یک لاین و دولاین و راه خروجی	۰/ ۷	۰/ ٤	۱/ ٥
لاین توقف اضطراری و باند کند رو و شانه راه	۰/ ۷	۰/ ٤	۰/ ٥

جدول ۳ـ٤ استاندارد نیازهای روشنایی آزاد راهها [۱]

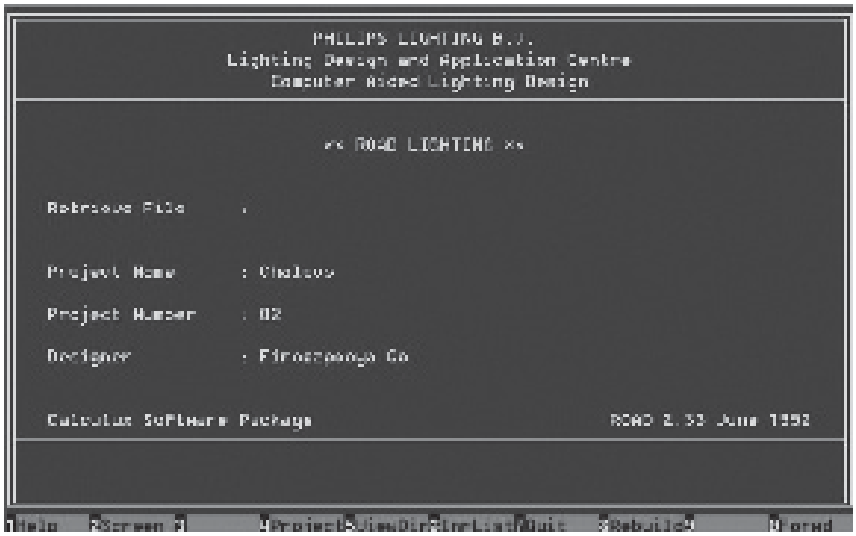
نیاز روشنائی برای راههای اصلی و بزرگراهها براساس BS5489			
نوع راه	یکنواختی طولی	یکنواختی کلی	متوسط روشنایی(cd/m^2)
راههای با سرعت بالا و دو بانده	۰/ ۷	۰/ ٤	۱/ ٥
راههای مهم شهری وبین شهری	۰/ ٥	۰/ ٤	۱
راههای با اهمیت پایین و محلی	۰/ ٥	۰/ ٤	۰/ ٥

۳ـ٤ ـ معرفی نرم‌افزار طراحی روشنایی ناحیه آستانه(CALCULUX)

این نرم‌افزار شامل قسمت‌های مختلفی در زمینه طراحی روشنائی راه، داخل ساختمان، استادیوم‌ها و غیره می‌باشد.

۱)اولین گام در استفاده از این نرم‌افزار دادن اطلاعات است. در این قسمت، نام و شماره پروژه و نام طراح ذکر خواهد شد.

توجه : در این نرم‌افزار کلید F2 نرم‌افزار را برای گرفتن اطلاعات آماده می سازد. پس از اتمام عملیات وارد کردن اطلاعات، کلید F3 را می زنیم. کلید F10 صفحات را رو به جلو و کلید F9 صفحات را رو به عقب بر می‌گراند.



شکل ۳ـ۱ ـ صفحه وارد کردن اطلاعات نرم‌افزار

۲)صفحه دوم نرم‌افزار مربوط به آرایش و نوع چیدمان چراغ‌ها در راه است.

گزینه اول (Single-Sided Left) : نصب چراغ در یک طرف وسمت چپ جاده

گزینه دوم (Single-Sided Right): نصب چراغ در یک طرف وسمت راست جاده

گزینه سوم (Opposite): نصب در دو طرف جاده و روبروی هم

گزینه چهارم (Staggered): نصب زیگزاگ

گزینه پنجم (Central): نصب در رفوژ وسط راه

با توجه به شناختی که از معبر داریم یکی از گزینه‌های بالا را انتخاب می کنیم.

شکل ۳ـ۲ ـ نوع چیدمان چراغها

۳)صفحه سوم مربوط به اطلاعات کلی نصب پایه چراغها است، که این اطلاعات جهت محاسبه میزان روشنائی و یکنواختی جاده وارد می‌شود:

Spacing: فاصله بین دو پایه چراغ

Height : ارتفاع مرکز فتومتریک چراغ از سطح جاده

Overhang: میزان جلو آمدگی یا عقب رفتگی امتداد مرکز فتومتریک چراغ از لبه معبر

Tilt: زاویه چراغ با سطح افق

Width: پهنای جاده

No Of Lanes: تعداد لاین‌های موجود در جاده

Central: این گزینه تنها در آرایش نصب در وسط بوده و پهنای رفوژ وسط جاده است. بازدن کلید F2 کلید اطلاعات را وارد نموده و کلید F3 را زده و با فشردن کلید F10 به صفحه بعد می رویم.

٤)این صفحه مربوط به نوع رویه سطح معبر است. براساس استاندارد CIE رویه سطح معابر به چهار درسته تقسیم می‌شود:

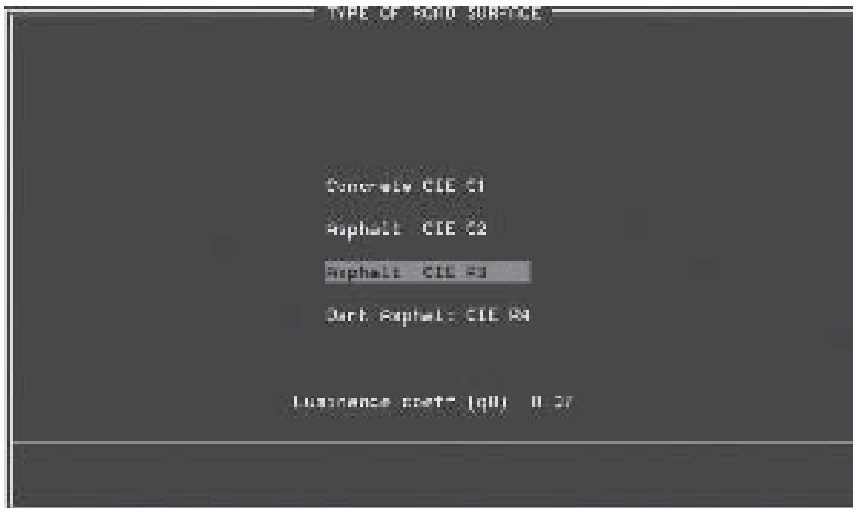
الف ـ رویه C1: رویه‌های بتنی و آسـفالت با حداقل ۱۵ درصد مواد مصنوعی افزوده شده برای روشن کردن رنگ آسفالت.

ب ـ رویه C2: رویه‌های آسفالتی با ترکیبی متشکل از ۱۰ الی ۱۵ درصد مواد مصنوعی روشن کننده.

ج ـ رویه R3: رویه‌های آسفالتی با مواد ترکیبی تیره رنگ و دارای مواد پوشش دهنده برای صیقلی کردن سطح راه.

د ـ رویه R4: رویه‌های آسفالتی تیره رنگ با سطح کاملاً صیقلی

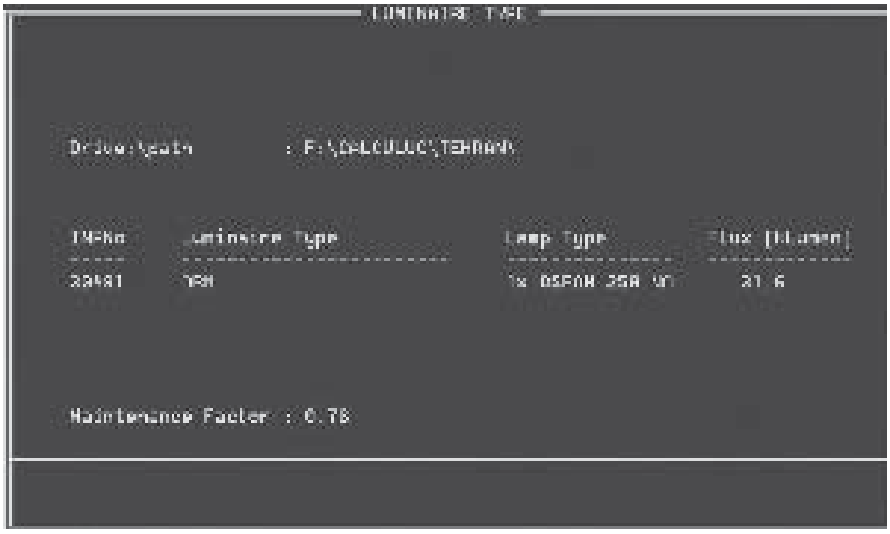
با انتخاب هر یک از انواع این رویه‌ها (معمولاً در بزرگراه‌ها نوع R3 اسـت)، ضریب مربوط به سطح معبر (q0) نیز به طور خودکار انتخاب می‌شود.



شکل ۳ـ۳ ـ تعیین نوع رویه راه

۵)در صفحه پنجم نوع چراغ پیشنهادی ذکر می‌شود. در اولین سطر مسیر ذخیره‌سازی فایل چراغ را مشخص می‌کنیم. در سطر بعد با درج شماره INR چراغ سایر مشخصات چراغ از قبیل نوع چراغ، نوع لامپ و میزان روشنائی چراغ بر حسب واحد لوکس به طور خودکار درج می‌شـود. در آخرین سطر این صفحه ضریب نگهداری چراغ (Maintenance Factor)

را مشـــخص می‌کنیم. این ضریب بستگی به درجه حفاظت (IP) لامپ چراغ ، میزان آلودگی محیط زیست و دوره زمانی تمیز کردن چراغ داشته و از جدول مربوط به‌دست می‌آید. (این ضریب را معمولاً 0.76 در نظر می‌گیریم).



شکل ۳ـ٤ ـ تعیین نوع چراغ

٦) این صفحه مربوط به درج نتایج است. در قسمت بالایی صفحه جدولی نمایش داده شـــده که روشـــنائی را در نقاط مختلف معبر نشـــان می‌دهد و در پائین صفحه سایر اطلاعات ذکر شده است:

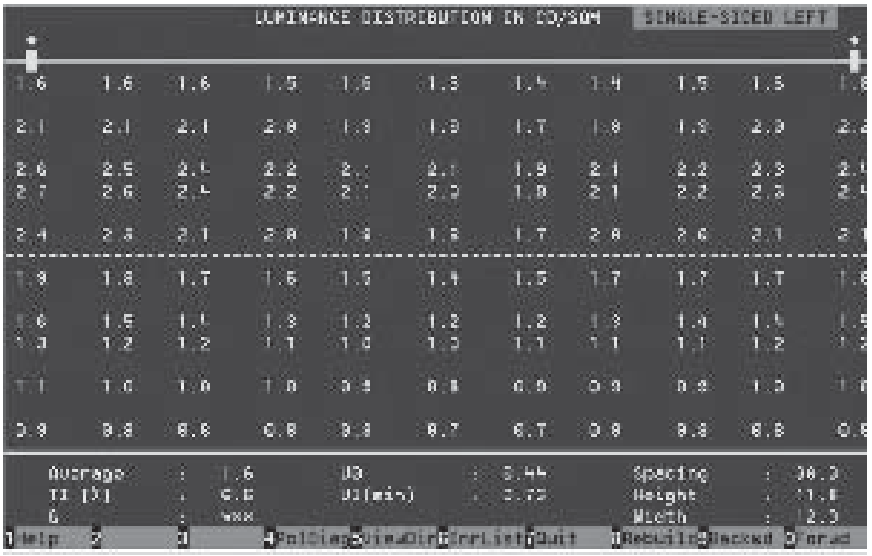
Average: مقدار متوسط روشنائی در سطح معبر (مقدار مجاز بیشتر از ۱/۵)

UI [٪]: درصد خیرگی (کمتر از ۱۰ درصد)

U_0: یکنواختی کلی سطح معبر (بیش از ۰/٤)

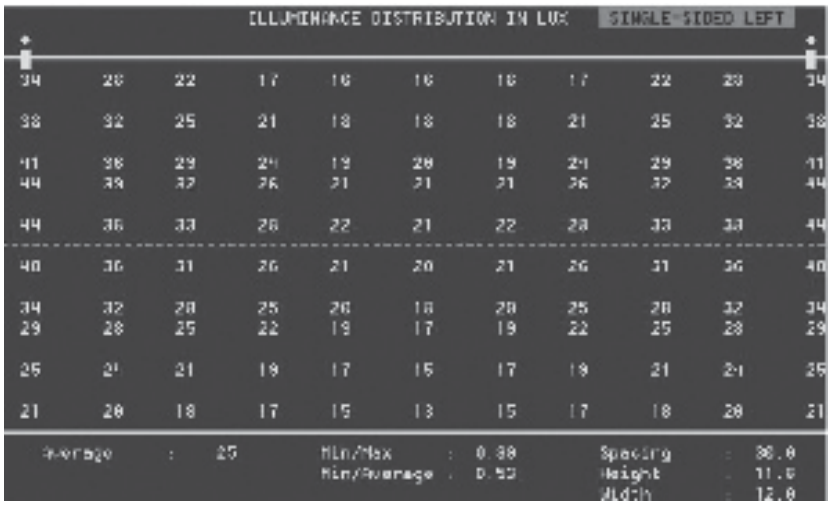
U_1: یکنواختی طولی سطح معبر (بیش از ۰/۷)

ایـــن نتایج به همراه تعدادی از مشـــخصه‌های پایه چـــراغ از قبیل Average و ارتفاع و عرض جاده در این صفحه نمایش داده می‌شود.



شکل ۳ـ۵ ـ جدول توزیع درخشندگی سطح جاده بر cd/m^2

۷) این صفحه نیز مانند صفحه قبل بیانگر نتایج اســت ولی واحدها بر خلاف صفحه پیش که بر حسب cd /m۲ بود در این صفحه بر حسب LUX می‌باشد.



شکل ۳ـ۶ ـ توزیع شدت روشنایی سطح جاده بر حسب LUX

۸) این صفحه مربوط به ذخیره فایل یا گرفتن پرینت از صفحه ها است.

شکل ۳ـ۷ ـ صفحه گرفتن پرینت و ذخیره اطلاعات

ضمیمه ٤

دسته‌بندی روشنایی تونلها:

دسته‌بندیهای متفاوتی برای روشنایی تونلها انجام گرفته است معمولاً روشنایی تونلها را براساس چهار پارامتر زیر می‌توان دسته‌بندی کرد :

الف: طول تونل

ب: سرعت طرح

ج: حجم ترافیک

د: نوع ترکیب ترافیک (ترافیک سریع، کند و ترافیک مختلط)

مهمترین عامل در دسته‌بندی تونلها را می‌توان طول تونل نام برد تقریباً اکثر توصیه های داده شده توسط استانداردها براساس طول تونلها و بلند و کوتاه بودن آنها می‌باشد همان‌طور که بعد ها خواهیم دید براساس طول تونلها می‌توان لزوم یا عدم لزوم روشنائی تونل را تعیین کرد. روشهای مختلفی برای این امر ذکر شده است که به تفصیل بررسی خواهد شد. روشنائی تونلهای بلند و کوتاه تقریباً مشابه می‌باشد. به همین دلیل ابتدا روشنائی تونلهای بلند بررسی می‌شود با اندک تغییراتی می‌توان اصول روشنائی تونلهای کوتاه را بررسی کرد.

دسته‌بندی تونلهای بلند :

یک دسته‌بندی کلی توسط CIE و CEN برای روشنایی تونلها بلند صورت گرفته است این دسته‌بندی، تونلها را براساس فاکتورهای ارزشی تقسیم می‌کند. تونلها را براساس جمع فاکتور های ارزشی برای هر تونل به هفت کلاس مختلف تقسیم می‌کنند. برای این کار ابتدا بایستی براساس جدول (٤ـ١) در وضعیتهای مختلف فاکتورهای وزنی را محاسبه کرده و حاصل جمع فاکتورهای وزنی را حساب کرد، سپس با استفاده از جدول (٤ـ٢) می‌توان کلاس تونل را تعیین کرد.

جدول٤ـ١ ـ نرخ فاکتورهای وزنی در حالتهای مختلف ترافیک و وضعیتهای متفاوت

وضعیت	ترافیک یک طرفه	ترافیک دو طرفه	فاکتورهای وزنی
نرخ ترافیک veh /h	>۱۲۰۰	—	۷
	٦٥٠_۱۲۰۰	>۱۲۰۰	٦
	۳٥۰_٦٥۰	٦٥۰_۱۲۰۰	٥
	۱۸۰_۳٥۰	۳٥۰_٦٥۰	٤
	۱۰۰_۱۸۰	۱۸۰_۳٥۰	۳
	٦۰_۱۰۰	۱۰۰_۱۸۰	۲
	۳۰_٦۰	٦۰_۱۰۰	۱
	<۳۰	<٦۰	۰
ترافیک مختلط	——		۲
درصد ماشین نسبت به کامیون بیشتر از ۱٥	——		۱
ماشینهای ویژه	——		۰
وضعیت نوری بد	——		۲
وضعیت نوری خوب	——		۰
درجه بالای راحتی مورد نیاز	——		٤
درجه راحتی مورد نیاز متوسط	——		۲
درجه راحتی مورد نیاز پایین	——		۰

جدول ٤ـ۲ـ تعیین کلاس بندی روشنایی تونل

حاصلجمع فاکتورهای وزنی	کلاس روشنایی تونل
۰ـ۳	۱
٤ـ٥	۲
٦ـ۷	۳
۸ـ۹	٤
۱۰ـ۱۱	٥
۱۲ـ۱۳	٦
۱٤ـ۱٥	۷

استاندارد CIE روش طراحی روشنایی تونل را براساس کلاسه بندی های فوق استوار نموده است. به کاربرد دسته‌بندیهای فوق در بخش ۱ـ٦ـ۱ شرح خدمات اشاره شده است.

ضمیمه ۵

الف) شرح خدمات طراحی روشنائی تونلهای راه

مراحل اول و دوم طراحی سیستمهای روشنائی تونلهای راه بشرح زیر می‌باشد.

۵ ـ۱ ـ مرحله اول مطالعات

۵ ـ۱ـ۱ـ جمع‌آوری اطلاعات شامل:

میـــزان ترافیک، ارتفاع مجاز، ســـرعت طرح، نوع راه و وضعیت جاده‌ای دسترســـی به تونل. اطلاعات فوق بایستی از سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده ای کل کشور و اداره کل راه و ترابری استان مربوطه به‌صورت کتبی استعلام شود.

۵ ـ۱ـ۲ ـ مطالعات اولیه و تعیین پارامترهای مختلف براساس اطلاعات جمع‌آوری شده شامل فاصله دید توقف (SSD) و فاصله نقطه تطابق.

۵ ـ۱ـ۳ ـ مطالعات میدانی شامل:

اطلاعات هندســـی، جغرافیائی، ســـاختاری و ثبت اطلاعات برداشـــت شـــده در فرم شماره۱، تصحیح مقدار SSD براساس شرایط موجود در محل تونل، عکس برداری از روی نقطه SSD، اندازگیری ابعاد هندســـی تونل،نقشه‌برداری از تونل و راههای دسترسی به تونل، تعیین ضرایب انعکاس دیواره‌ها، ســـقف و سطح جاده مطالعه ساختار دیواره‌ها و سقف تونل از نقطه نظر نصب چراغها.

۵ ـ۱ـ٤ ـ مطالعه وبررسی روشنائی براساس طول تونل

بررســـی لزوم نیاز به روشـــنائی تونل طبق اســـتاندارد CIE، IES و مـــوارد مندرج در نشریه۱۹۵ سازمان مدیریت وبرنامه ریزی کل کشور.

۵ ـ۱ـ۵ ـ تعیین پارامترهای مختلف روشنائی تونل شامل:

تعیین درخشـــندگی ناحیه دسترســـی (L_{20}) در دو طرف تونل با استفاده از روش شبکه (مطابق نشریه ۱۹۵ و عکس‌های تهیه شده از مطالعات میدانی)

تعیین طول نواحی مختلف (آستانه، انتقال، داخلی، خروجی)

تعیین روشنائی نواحی مختلف

تعیین روشنائی راه‌های دسترسی به تونل

تعیین محدوده ظاهر شدن اثر فلیکر

۵ ـ۱ـ ٦ ـ تعیین مشخصات فنی چراغ

تعیین مشـــخصات فنی چراغ‌های مناسب جهت داخل و خارج تونل شامل مشخصات روشنائی، الکتریکی، فیزیکی

تهیـــه فایل کامپیوتری و دفترچه چراغ‌ها که به تائید آزمایشـــگاه فنی روشـــنائی معتبر رسیده باشد.

۵ ـ۱ـ۷ ـ دریافت تاییدیه چراغ‌ها از کارفرما

تعیین مشخصات فنی چراغهای اضطراری مورد نیاز (با کارفرما هماهنگ شود).

۵ ـ۱ـ۸ ـ بررسی سیستم برق اضطراری

در این مرحله بایستی از کارفرما کتباً استعلام شود.

۵ ـ۱ـ۹ ـ بررسی و مقایسه روشهای مختلف نصب چراغ

در داخل تونل بسته به شکل و ساختار تونل و نوع چراغ.

۵ ـ۱ـ۱۰ ـ تعیین نحوه آرایش چراغها با اســتفاده از نرم‌افزار و تعیین ضرایب یکنواختی طولی و کلی بررسی اثرات فلیکر که آیا در خارج از محدود تعیین شده دربند ۱ـ۵ است یا خیر

در این مرحله با استفاده از اطلاعات مراحل قبل و وارد کردن داده‌ها در نرم‌افزار بهترین آرایش نصب چراغ به‌دست می‌آید.

۵ ـ۱ـ۱۱ ـ تعیین پله‌های روشنائی مورد نیاز برای روز آفتابی، صبح، غروب و شب

۵ ـ۲ ـ مرحله دوم

خدمات این مرحله پس از تصویب مطالعات مرحله اول تونل شروع می‌شود که شامل موارد زیر است.

۵ ـ۲ـ۱ ـ تهیه نقشه آرایش چراغها

براساس آرایش چراغهای تعیین شده در مرحله اول در محیط AUTO CAD چیدمان واقعی چراغها با مقیاس مناسب در داخل تونل مشخص می‌شود. در این مرحله سمبلی برای چراغ با اندازه واقعی چراغ در نظر گرفته می‌شود و هر چراغ مطابق آرایش تعیین شده شامل فاصله از دیوار، فاصله از ابتدای تونل، فاصله از سقف و غیرو.

نقشــه آرایش چراغها بایستی کلیه اطلاعاتی را که در مورد نصب چراغها درتونل لازم است، شامل شود.

۵ ـ۲ـ۲ ـ تهیه نقشه سیم‌کشی‌ها

در این مرحله براســاس سطوح روشــنائی مورد نیاز و پله‌های روشنائی ارائه شده به وســیله نرم‌افزار، هر تعداد از چراغها در یک مدار روشــنائی قرار داده می‌شــود و نقشه سیم کشی‌ها رسم می‌گردد.

۵ ـ۲ـ۳ ـ تعیین سطح مقطع کابلها و انتخاب کابل مناسب

سطح مقطع کابل توسط جریان مجاز عبوری از سیم و حداکثر افت ولتاژ تعیین می‌شود.

میزان افت ولتاژ مجاز طبق استاندارد نشریه ۱۱۰ برابر ۳ درصد در محل ترمینال چراغ و حداکثر ٤ درصد در روی سوکت لامپ در نظر گرفته می‌شود.

۵ ـ۲ـ٤ ـ محاسبه توان مصرفی هر خط

با توجه به تعداد چراغی که بوسیله هر فیدر روشن می‌شود توان خط مربوطه محاسبه می‌گردد.

طراحی سیستم کنترل و نوشتن نرم‌افزار مربوطه شامل:

الف ـ تعیین نوع و تعداد فتوسل های مورد نیاز و ارائه مشخصات فنی.

ب ـ تعیین نوع PLC و ارائه مشخصات فنی (چنانچه از PLC استفاده شود)

ج ـ نوشتن برنامه PLC

۵ ـ۲ـ۵ ـ طراحی تابلوهای برق شامل :

ـ نقشه تک خطی مدار قدرت

ـ نقشه مدار فرمان

ـ تعیین مشخصات قطعات و ابعاد تابلوها.

۵ ـ۲ـ٦ ـ طراحی سیستم اتصال زمین شامل:

ـ طراحی سیستم اتصال زمین جهت رسیدن به مقاومت ۲ اهم

ـ ارائه نقشه‌های اجرایی

۵ ـ۲ـ۷ ـ طراحی مدار توزیع نیرو

تعیین محل و نحوه نصب تابلوی های برق و تعیین مسیر کابلهای عبوری همراه با ارائه نقشه‌های اجرائی از محل پست تا تابلوهای برق.

۵ ـ۲ـ۸ ـ تعیین مسیر کابل‌کشی‌ها، مقطع، متراژ، نوع کابل، سازنده و ارائه نقشه‌های اجرائی.

۵ ـ۲ـ۹ ـ تعیین میزان برق مورد نیاز و تعیین ظرفیت پست‌های برق

۵ ـ۲ـ۱۰ ـ طراحی پست‌های برق مورد نیاز

۵ ـ۲ـ۱۱ ـ برآورد مقادیر و هزینه‌ها

مقادیر و هزینه‌های اجرای کل سیستم براساس فهرست بهای سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور با جزئیات کامل ارائه گردد.

ب) شرح خدمات روشنائی راه دسترسی به تونل

انجام مطالعات و طراحی روشنائی راه‌های دسترسی به تونل براساس استاندارد BS5489 (برای پارامتر روشنائی) و نشریه شماره ۱۹۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و سایر نشریات سازمان توانیر (برای سایر موارد) به شرح ذیل تهیه گردد.

۵ ـ۳ ـ مرحله اول

۵ ـ۳ـ۱ ـ جمع‌آوری اطلاعات شامل

میزان ترافیک، سرعت طرح، نوع راه وضعیت جاده

اطلاعات فوق بایستی از سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کل کشور و اداره کل راه و ترابری استان مربوط به‌صورت کتبی استعلام شود.

۵ ـ۳ـ۲ ـ مطالعات میدانی

پاره‌ای از مشخصات راه ،قبل و بعد از تونل توسط اندازه‌گیری در محل تعیین خواهد

شد شامل:

ـ عرض معبر، عرض شانه‌راه، تعداد لاین، عرض لاین و عرض رفوژ وسط.

ـ نوع رویه ، رنگ رویه وتعیین ضرایب مختلف انعکاس سطوح، با استفاده از نشریه ۱۹۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی

ـ بررسی مسیر عبوربرق فشار قوی از عرض راه و بررسی ایمنی نصب چراغها

ـ بررسی موانع موجود در مسیر نصب پایه چراغها

ـ نقشه برداری از مسیر راه دسترسی به تونل (نقشه بایستی به تائید اداره کل راه و ترابری استان مربوطه برسد).

۵ ـ۳ـ۳ ـ تعیین ارتفاع نصب پایه‌ها

با توجه به نوع راه بایستی ارتفاع پایه مشخص گردد.

۵ ـ۳ـ٤ ـ تعیین نحوه نصب پایه‌ها شامل

نصب زیگزاگ، روبه‌رو، یکطرف چپ، یکطرف راست، رفوژ وسط

۵ ـ۳ـ۵ ـ تعیین مشخصات فنی چراغ

تعیین مشخصات فنی چراغهای مناسب جهت نصب روی پایه

تعیین مشخصات روشنائی، الکتریکی و فیزیکی چراغ

تهیه فایل کامپیوتری و دفترچه چراغ‌ها که به تائید آزمایشگاه فنی روشنائی معتبر رسیده باشد.

تعیین ضریب نگهداری چراغ

۵ ـ۳ـ٦ ـ دریافت تائیدیه چراغ‌ها از کارفرما

۵ ـ۳ـ۷ ـ تعیین معیارهای طراحی روشنائی معابر با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده شامل:

ـ میزان روشنائی سطح راه

ـ یکنواختی کلی

ـ یکنواختی طولی

ـ درصد خیرگی

۵ ـ۳ـ۸ ـ ارائه طرح روشنائی اولیه

در این مرحله با اســتفاده از نرم‌افزار فاصله بین پایه چراغ‌ها، ارتفاع پایه و زاویه چراغ به نحوی که معیارهای طراحی روشنائی معابر را تامین نماید مشخص می‌شود.

۵ ـ٤ ـ مرحله دوم

خدمات این مرحله پس از تائید و تصویب مرحله اول آغاز می‌شود.

۵ ـ٤ـ۱ ـ نقشه آرایش چراغها

نقشه آرایش چراغهای طراحی تایید شده بر روی نقشه نواری و مقطع عرضی بایستی به‌طور کامل مشــخص شود شامل نقطه شــروع، محل پایه، فاصله پایه‌ها (هم به‌صورت فایل کامپیوتری و هم روی کاغذ).

۵ ـ٤ـ۲ ـ طراحی پایه چراغ و فونداسیون های مربوطه شامل :

ـ طراحی پایه چراغ و فونداســیونها براساس نشریه ۱۹۵ و دیگر استانداردها نظیر آئین نامه فولاد AISC و آئین نامه بتن ACI

ـ ارائه مشخصات و نقشه اجرائی پایه چراغها

ـ ارائه مشخصات و نقشه اجرائی فونداسیون

۵ ـ٤ـ۳ ـ کابل کشی

ـ تعیین مسیر کابل کشی و نحوه اتصال به تابلو برق (در صورت نیاز به عبور کابل برق از عرض راه بایستی روش عبور به همراه تمامی مشخصات ذکر گردد).

ـ تعیین مقطع، متراژ، نوع کابل، سازنده کابل

حدود مجاز جریان کابلهای زمینی مطابق با فصل ١٤ نشریه ۱۹۵ در نظر گرفته شود حداکثر افت ولتاژ مجاز برای خطوط تغذیه تا پایه‌های روشنائی سه درصد و از پایه تا لامپ حداکثر یک درصد.

۵ ـ٤ـ٤ ـ طراحی سیستم زمین (ارتینگ)

طراحی سیستم ارت جهت رسیدن به مقاومت حداکثر ۲ اهم همراه با نقشه‌های اجرائی.

۵ ـ٤ـ۵ ـ طراحی سیستم کنترل

تعیین مشخصات فتوسل، محل نصب و نحوه نصب آن

۵ ـ٤ـ٦ ـ برآورد مقادیر و هزینه‌ها

مقادیر و هزینه‌های اجرای کل سیستم براساس فهرست بهای سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کل کشور تعیین گردد.

منابع و مراجع:

[۱] ســازمان برنامه و بودجه دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سازمان توانیر، مشخصات فنی عمومی و اجرایی روشنائی راههای شهری نشریه شماره ۱۹۵

[2] BRITISH STANDARD، Road Lighting Part 7. Code of practice for the lighting of tunnels and underpasses، BS5489 Part 7، 1992

[3] Ir. D. A. Schreuder، Road Lighting For Safety، Translated by : Adriana Morris

[4] Research And Development Sector-Technical University,Sofia، Tunnel Lighting- Design&Control،2002

[5] American National Standard Institute، American National Standard For Roadway Lighting Equipment – Tunnel lighting Luminaires، (ANSI C136.27)، 1996

[٦] سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور ،وزارت راه و ترابری، آیین نامه ایمنی راههای کشور

[۷] ســازمان برنامه و بودجــه دفترامور فنی و تدوین معیارهای، مشــخصات فنی عمومی و اجرایی تاسیســات برقی کارهای ساختمانی(نشریه شــماره ۱۱۰)، جلد اول : تاسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط

[8] Optical & Photometric Technology DPTUNNEL، Tunnel Lighting Programme Mannual، 1995

[9] Illuminating Engineerig Society of North American (IESNA) ،Lighting Handbook Reference & Application، IESNA، Aug 1994

[10] J. E.Kaufman.، IES Lighting Handbook، Pub: Illuminating Engineering Society 1972

[11] R.H.Simons ، A. R. Beam، Lighting Engineering Applied Calculations Pub:PLAIUTA TREE 2001

[12] Sermin Onaygil,önder Guler,Emre Erkin، Defermination of The Effects of Strnctural Properties on Tunnel Lighting With Examples Form Turkey، Tunnelling and Underground Space Technology 18 (2003) 85–91

[13] Ahmed Al Amondi and Mohammed Salah Smiai، Lighting Tunnel Saudi Arabia، Energy Research Institute (ERI)، King Abdulaziz City for-Science and Technology (KACST)،2003

[١٤] حسن کلهر، مهندسی روشنائی ،١٣٦٦

[۱۵] حسن کلهر، مهندسی تأسیسات الکتریکی،۱۳٦٦
[۱٦] حسن مدنی، تونلسازی جلد دوم(خدمات فنی)،دانشگاه صنعتی امیر کبیر،۱۳۷۷
[۱۷] آئین نامه طرح هندسی راهها، نشریه شماره ۱٦۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی۱۳۷۵

فهرست انتشارات پژوهشکده حمل و نقل

عنوان	تاریخ انتشار	قیمت (ریال)
الف) پروژه‌های تحقیقاتی		
۱. کاربرد آب و مصالح محلی چابهار برای ساخت بلوکهای ساختمانی	بهار ۸۳	۱۱ /۰۰۰
۲. شیوه‌های طراحی و کاربرد حفاظها و ضربه‌گیرهای ایمنی در راهها	بهار ۸۳	۱۳ /۰۰۰
۳. ضوابط طراحی و اجرای روسازی راه آهن بدون بالاست	بهار ۸۳	۱٤ /۰۰۰
٤. بررسی و مقایسه فنی و اقتصادی رویه‌های بتنی و آسفالتی	بهار ۸۳	۲۷ /۰۰۰
۵. بررسی مسائل کمی و کیفی مصرف قیر در راههای کشور	زمستان ۸۳	۱٦ /۰۰۰
٦. ضوابط طراحی و اجرای آسفالت ماستیک	بهار ۸٤	۱۱ /۰۰۰
۷. راهنمای طراحی و ایمن‌سازی پایه علایم راه	بهار ۸٤	۱۱ /۰۰۰
۸. بررسی عوامل مؤثر در ارزیابی و توجیه فنی و اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی پروژه‌های راه و راه‌آهن	تابستان ۸٤	۲٤ /۰۰۰
۹. راهنمای طراحی واجرای سیستم زهکشی آبهای سطحی و زیرسطحی راه، راه‌آهن وفرودگاه (و نقشه‌های اجرایی)	تابستان ۸٤	۲۳/۰۰۰
۱۰. روشهای جدید طرح مخلوط‌های آسفالتی بر اساس عملکرد و پیشنهاد روش مناسب برای کشور	تابستان ۸٤	۱۳/۰۰۰
۱۱. راهنمای تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راهها	تابستان ۸٤	۱۸/۰۰۰
۱۲. تسلیح خاکریز و بستر راهها با استفاده از ژئوگرید	تابستان ۸٤	۱٤/۰۰۰
۱۳. سیستمهای هوشمند حمل‌ونقل ریلی	پاییز ۸٤	۲۰/۰۰۰
۱٤. ظرفیت باربری محوری شمع‌ها	زمستان ۸٤	۱۷/۰۰۰
۱۵. تثبیت شیب شیروانی خاکریزها و خاکبرداری‌ها	بهار ۸۵	۱٤/۰۰۰
۱٦. روشهای نوین تعیین مشخصات و ارزیابی روسازی راه	بهار ۸۵	۱۰/۰۰۰
۱۷. طرح ضوابط مخلوطهای آسفالتی برای مناطق گرمسیر، سردسیر و شیبهای تند جاده‌ها	بهار ۸۵	۱۰/۰۰۰
۱۸. روشهای بازیافت سرد و گرم آسفالت و امکان‌سنجی اقتصادی آن در ایران	بهار ۸۵	۱۵/۰۰۰
۱۹.ارائه روشهای ساماندهی فعالیت عوارضی در آزادراههای کشور	بهار ۸۵	۲۲/۰۰۰

۲۰. کاربرد پلیمر در بهبود خواص قیرها و مخلوطهای آسفالتی	بهار ۸۵	۱۷/۰۰۰
۲۱. آشنایی با جداسازهای لرزه‌ای و تاثیر آنها بر عملکرد پلها	زمستان ۸۵	۲۵/۰۰۰
۲۲. آب و هوا و ایمنی جاده‌ها	زمستان ۸۵	۲۵/۰۰۰
۲۳. روشهای ثبت تصادفات و شناسایی نقاط پرتصادف	بهار ۸٦	۳۵/۰۰۰
۲٤. ساعت کار مجاز رانندگان حمل و نقل باری	بهار ۸٦	۲۰/۰۰۰
۲۵. کاربرد CBRغیراشباع در طراحی روسازی	بهار ۸٦	۲۰/۰۰۰
۲٦. سیستمهای کنترل هوشمند تونل	تابستان ۸٦	٤۰/۰۰۰
۲۷. راهنمای ایمن‌سازی گلوگاه‌های راه	تابستان ۸٦	۲۰/۰۰۰
۲۸. راهنمای ایمن‌سازی مدارس حاشیه راهها	تابستان ۸٦	٤۵/۰۰۰
۲۹.آزمایش‌ها و تحلیل های دینامیکی در طراحی و اجرای شمع‌ها	پاییز ۸٦	۱۵/۰۰۰
۳۰. کاربرد ژئوسنتتیکها در روکش های آسفالتی جهت کنترل ترکهای انعکاسی	پاییز ۸٦	٤۰/۰۰۰
۳۱. اثر روش تراکم بر میزان قیر بهینه در طرح اختلاط بتن آسفالتی	پاییز ۸٦	۲٦/۰۰۰
۳۲. راهنمای بازرسی ایمنی راه (جلد اول)	پاییز ۸٦	٤۰/۰۰۰
۳۳. راهنمای بازرسی ایمنی راه (جلد دوم)	زمستان ۸٦	۳۵/۰۰۰
۳٤. راهنمای بازرسی ایمنی راه (جلد سوم)	زمستان ۸٦	۵۰/۰۰۰
۳۵. راهنمای طراحی و اجرای خط کشی راه‌ها	زمستان ۸٦	۲۷/۰۰۰
۳٦. بررسی نرم افزارهای تحلیل و طراحی روسازی راه و ارائه گزینهٔ مناسب برای کشور	بهار ۸۷	۳۰/۰۰۰
۳۷. بررسی آزمایشگاهی اثر نوع دانه‌بندی و فضای خالی در بتن آسفالتی و شیار جای چرخ و قیرزدگی در راه‌های کشور	تابستان ۸۷	۲۷/۰۰۰
۳۸. جمع‌آوری و طبقه‌بندی آسیبهای وارده به پلها در زلزله‌های گذشته	تابستان ۸۷	۲۷/۰۰۰
۳۹. تعیین هدف بهسازی لرزه‌ای پل‌های راه‌آهن (فلزی و بتنی مرکب)	تابستان ۸۷	۱۰/۰۰۰
٤۰. راهنمای بهسازی لرزه‌ای تکیه‌گاه پلها	تابستان ۸۷	۱۰/۰۰۰
٤۱. راهنمای طراحی دیوارهای حایل طره‌ای	تابستان ۸۷	۳۵ /۰۰۰
٤۲. راهنمای فعالیت مراکز امدادرسانی فنی خودرو در راههای کشور	پاییز ۸۷	۱۳/۰۰۰
٤۳. راهنمای کاربری اراضی اطراف حریم راهها و راه‌آهن	پاییز ۸۷	۳۵/۰۰۰
٤٤. راهنمای به‌کارگیری سامانه‌های کنترل سرعت هوشمند در جاده‌ها	پاییز ۸۷	۲۰/۰۰۰
٤۵. مبانی روشهای طراحی و احداث تونلهای راه و راه‌آهن در مناطق لرزه‌خیز	پاییز ۸۷	۲۵/۰۰۰
٤٦. چارچوب سیستم مدیریت روسازی راهها در ایران	زمستان ۸۷	٤۱/۰۰۰

٤٧. مقررات حمل‌ونقل هوایی	زمستان ٨٧	٣٩٠/٠٠٠
٤٨. الگوی بهینه قیمت‌گذاری و تخصیص یارانه سوخت در بخش حمل‌ونقل زمینی	زمستان ٨٧	٥٥/٠٠٠
٤٩. راهکارهای کاهش هزینه احداث زیرساختهای حمل‌ونقل جاده‌ای	زمستان ٨٧	٤٠/٠٠٠
٥٠. مبانی کاربرد تزریق در سنگهای درزه‌دار در تونلها	بهار ٨٨	٦٠/٠٠٠
٥١. راهنمای به‌کارگیری سامانه نظارت تصویری در جاده‌ها	بهار ٨٨	٧١/٥٠٠
٥٢. طراحی سیستمهای ایمنی تونلهای راه	تابستان ٨٨	١٠/٠٠٠
٥٣. طراحی سیسمهای روشنایی تونلهای راه	تابستان ٨٨	١٢/٠٠٠

ب) کتب

١. فرهنگ جامع دریایی	تابستان ٨٣	١٥/٠٠٠
٢. برنامه‌ریزی و طراحی فرودگاه (دو جلد)	تابستان ٨٣	٣٩/٠٠٠
٣. فرهنگ و اصطلاحات فنی و مهندسی راه	تابستان ٨٣	٧/٠٠٠
٤. فرهنگ مصور دریایی (همراه با نسخه الکترونیک)	پاییز ٨٤	٤٠/٠٠٠
٥. معرفی آثار منتشر شده معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری و		
پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری	زمستان ٨٦	–
٦. طرح هندسی راهها و خیابانها (جلد اول)	بهار ٨٧	٥٠/٠٠٠
٧. طرح هندسی راهها و خیابانها (جلد دوم)	بهار ٨٨	٣٥/٠٠٠
٨. مدیریت نوین روسازی	بهار ٨٨	٧٠/٠٠٠

ج) لوح فشرده

١. آیین‌نامه ایمنی راهها (مجموعه هفت جلدی منتشر شده از سوی	پاییز ٨٤	٤٧ /٥٠٠
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی)	پاییز ٨٥	٥٠ /٠٠٠
٢. آیین‌نامه طراحی بنادر و سازه‌های دریایی ایران		
٣. معرفی آثار منتشر شده معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری و	تابستان ٨٧	–
پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری	زمستان ٨٧	٥/٠٠٠
	زمستان ٨٧	

فهرست انتشارات معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری

عنوان	تاریخ انتشار	قیمت (ریال)
الف) گزارش‌های تخصصی		
۱. ممیزی ایمنی راه	تابستان ۸۲	۱۰ /۰۰۰
۲. پیشنهاداتی برای آزمایش ژئوتکستایلها	پاییز ۸۲	۱۰/۰۰۰
۳. راهنماییهای سودمند برای طراحی و ساخت خاکریزهای راه	پاییز ۸۲	۱۰/۰۰۰
٤. روشها و شرایط لازم برای عملیات خاکی به منظور کاهش اثرات زیست محیطی پروژه‌های راه	پاییز ۸۲	۱۰/۰۰۰
۵. آلودگی ناشی از دی اکسید نیتروژن در تونلهای راه	پاییز ۸۲	۱۰/۰۰۰
٦. ایمنی در تونلها	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۷. مدیریت ترافیک و کیفیت سرویس	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۸. بهینه سازی شبکه‌های موجود بین شهری	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۹. بیست و دومین همایش جهانی راه پیارک	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۰. یارانه‌ها هزینه‌ها و منافع اجتماع حمل‌ونقل عمومی	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۱. برنامه‌ریزی و بودجه در شبکه راهها	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۲. روشهای مشارکت همگانی در توسعه پروژه راه	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۳. قیمتهای بین‌المللی سوخت (بنزین و گازوییل)	بهار ۸۳	۱۱/۰۰۰
۱٤. سیاست حمل‌ونقل اروپایی تا سال ۲۰۱۰	بهار ۸۳	۱۱/۰۰۰
۱۵. مبانی تحلیل اقتصادی	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۱٦. گزارش سالانه ژوئیه GRSP ۲۰۰۳	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۷. راهنمای ممیزی ایمنی راه	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۸. راهنمای فیلم‌های IRF	تابستان ۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۹. انتخاب مصالح و طراحی روسازیهای انعطاف‌پذیر برای آمدوشد و شرایط آب‌وهوایی سخت	تابستان ۸۳	۱٦/۰۰۰
۲۰. راههای دسترسی به مناطق برون‌شهری	تابستان ۸۳	۱۰/۰۰۰
۲۱. روشهای ساده نگهداری راه	تابستان ۸۳	۱۱/۰۰۰
۲۲. تجهیزات اتوماتیک بررسی ترک خوردگی روسازی راه	تابستان ۸۳	۱۰/۰۰۰

۲۳. ارتقا و بهبود عملکرد داخلی راهها	پاییز ۸۳	۱۰/۰۰۰
۲٤. تأمین مالی و ارزیابی اقتصادی	پاییز ۸۳	۱۰/۰۰۰
۲۵. بهبود تأمین منابع مالی و مدیریت نگهداری راه	پاییز ۸۳	۱۰/۰۰۰
۲٦. بازیافت روسازیهای انعطاف‌پذیر موجود	پاییز ۸۳	۱۰/۰۰۰
۲۷. حمل‌ونقل هوشمند	پاییز ۸۳	۱۰/۰۰۰
۲۸. محیط زیست و پروژه‌های راهسازی	پاییز ۸۳	۱۰/۰۰۰
۲۹. تقسیم مسؤولیت برای داشتن جاده‌های ایمن‌تر	پاییز ۸۳	۱۰/۰۰۰
۳۰. فرآیند تصمیم‌گیری در اعمال سیاستهای پایدار حمل‌ونقل جاده‌ای	زمستان ۸۳	۱۰/۰۰۰
۳۱. کیفیت خدمات جاده‌ای	زمستان ۸۳	۱۰/۰۰۰
۳۲. روشهایی برای ارزیابی خطر وقوع زمین لغزه‌ها	زمستان ۸۳	۱۰/۰۰۰
۳۳. روشهای ارزیابی اقتصادی برای پروژه‌های راه در کشورهای عضو پیارک	زمستان ۸۳	۱۰/۰۰۰
۳٤. راهنمای ارزیابی سیستمهای نگهدارنده خاک	زمستان ۸۳	۱۰/۰۰۰
۳۵. آشنایی با مفاهیم مدیریت روسازی	بهار ۸٤	۱۰/۰۰۰
۳٦. راهنمای انعقاد قرارداد، نحوه انتخاب و مدیریت مشاوران در فعالیتهای مهندسی پیش از ساخت	بهار ۸٤	۱۰/۰۰۰
۳۷. تضمین کیفیت در عملیات خاکی	بهار ۸٤	۱۰/۰۰۰
۳۸. رویه‌های بتنی مسلح پیوسته	بهار ۸٤	۱۰/۰۰۰
۳۹. طبقه‌بندی تونلها، دستورالعملها، تجربیات موجود و پیشنهادات	بهار ۸٤	۱۰/۰۰۰
٤۰. نقش مدل‌های اقتصادی و اجتماعی- اقتصادی در مدیریت راه	بهار ۸٤	۱۰/۰۰۰
٤۱. پیشرفت مدیریت و تأمین بودجه نگهداری راهها در افریقا	تابستان ۸٤	۱۰/۰۰۰
٤۲. حمل‌ونقل ترکیبی، اقداماتی جهت تشویق به استفاده از حمل‌ونقل عمومی	تابستان ۸٤	۱۰/۰۰۰
٤۳. برنامه ملی ایمنی ترافیک کشور ترکیه	پاییز ۸٤	۱۱/۰۰۰
٤٤. بررسی توسعه حمل‌ونقل در منطقه اسکاپ در سال ۲۰۰۳، آسیا و اقیانوسیه	پاییز ۸٤	۱۷/۰۰۰
٤۵. تبادل فناوری و توسعه	زمستان ۸۵	۱۰/۰۰۰
٤٦. راههای دارای رویه بتنی	زمستان ۸۵	۱۰/۰۰۰
٤۷. تجدید ساختار بخش راه	زمستان ۸۵	۱۰/۰۰۰
٤۸. حمل‌ونقل کالا	زمستان ۸۵	۱۰/۰۰۰

٤٩. گزارش سالانه ژوئن GRSP ٢٠٠٤	زمستان ٨٥	١٠/٠٠٠
٥٠. به‌کارگیری مصالح حاصلا از بازیافت رویه‌های آسفالتی و بتن خرد شده در خاکریز	زمستان ٨٥	١٠/٠٠٠
٥١. تراکم ترافیک در آزادراهها و بزرگراهه	زمستان ٨٥	١٠/٠٠٠
٥٢. کاربرد بتن غلتکی در راهسازی	زمستان ٨٥	١٠/٠٠٠
٥٣. راهنمای تأمین روشنایی راهها	زمستان ٨٥	١٠/٠٠٠
٥٤. راهسازی در نواحی بیابانی	زمستان ٨٥	١٠/٠٠٠
٥٥. مدیریت عملکرد پلها	بهار ٨٥	١٠/٠٠٠
٥٦. سیستم مدیریت ایمنی در صنعت حمل‌ونقل ریلی	بهار ٨٥	١٢/٠٠٠
٥٧. راهنمای ممیزی سیستم مدیریت ایمنی هوایی	بهار ٨٥	١٠/٠٠٠
٥٨. توسعه ابزارهای سنجش عملکرد	بهار ٨٥	١٠/٠٠٠
٥٩. نگهداری نواحی کنار راه و زهکشی (جلد اول)	تابستان ٨٥	٣٠/٠٠٠
٦٠. تعمیر و نگهداری راههای شوسه (جلد دوم)	تابستان ٨٥	٣٠/٠٠٠
٦١. تعمیر و نگهداری راههای دارای رویه آسفالتی (جلد سوم)	تابستان ٨٥	٢٥/٠٠٠
٦٢. نگهداری سازه‌ها و ادوات کنترل ترافیک (جلد چهارم)	تابستان ٨٥	١٥/٠٠٠
٦٣. فناوری و اقدامات ابتکاری کنترل ترافیک در اروپا	تابستان ٨٥	١٠/٠٠٠
٦٤. معرفی سیستم مدیریت ریسک	تابستان ٨٥	١٠/٠٠٠
٦٥. تعمیر و مقاوم‌سازی زیرسازه پلها	تابستان ٨٥	١٢/٠٠٠
٦٦. الگوی مناسب برای بهره‌برداری و نگهداری تونلهای جاده‌ای	پاییز ٨٥	٢٠/٠٠٠
٦٧. مدیریت ایمنی راه	پاییز ٨٥	٢٦/٠٠٠
٦٨. مطالعه‌ای بر مدیریت ریسک در راهها	پاییز ٨٥	١٠/٠٠٠
٦٩. ارزیابی و تأمین بودجه نگهداری راه در کشورهای عضو پیارک	پاییز ٨٥	١٠/٠٠٠
٧٠. گزارش جهانی در خصوص پیشگیری از صدمات ناشی از تصادفات جاده‌ای	پاییز ٨٥	١٠/٠٠٠
٧١. حفاظت کاتدیک عرشه پلها	پاییز ٨٥	١٠/٠٠٠
٧٢. روشهای بهبود ایمنی در راههای بین‌شهری	پاییز ٨٥	١٠/٠٠٠
٧٣. اندودهای آب‌بندی آسفالت	زمستان ٨٥	١٠/٠٠٠
٧٤. مخلوط‌های آسفالتی با مقاومت بالا در برابر شیارشدگی	زمستان ٨٥	١٠/٠٠٠
٧٥. مروری بر مدیریت دارایی در راهها	زمستان ٨٥	١٠/٠٠٠
٧٦. مدیریت راه	زمستان ٨٥	١٠/٠٠٠
٧٧. بزرگراه آسیایی و توسعه	زمستان ٨٥	١٠/٠٠٠

۷۸. راههای با روسازی انعطاف‌پذیر	بهار ۸۶	۱۰/۰۰۰
۷۹. سیستمهای مدیریت سوانح رانندگی مورد استفاده در تونلها	بهار ۸۶	۱۰/۰۰۰
۸۰. نقش و جایگاه اداره راه	بهار ۸۶	۱۰/۰۰۰
۸۱. آسفالت متخلخل	بهار ۸۶	۱۰/۰۰۰
۸۲. مطالعه تطبیقی فعالیتهای مدیریت پل	تابستان ۸۶	۱۲/۰۰۰
۸۳. روکش سطحی راه	تابستان ۸۶	۱۰/۰۰۰
۸۴. بودجه و عملیات نگهداری راه (یک دیدگاه آسیایی)	تابستان ۸۶	۱۴/۰۰۰
۸۵. رویکرد چندوجهی برای سیستم حمل و نقل	تابستان ۸۶	۱۰/۰۰۰
۸۶. راهنمای انتخاب و انجام آزمایش‌های فرآورده‌های خط‌کشی راه	پاییز ۸۶	۱۰/۰۰۰
۸۷. محدودیتهای وزن و ابعاد وسایل‌نقلیه – تجارب و روندها	پاییز ۸۶	۱۰/۰۰۰
۸۸. آزمون بین المللی هماهنگ سازی اندازه گیری پروفیل طولی و عرضی راه و گزارش آنها	پاییز ۸۶	۱۲/۰۰۰
۸۹. راهنمای سیستم های حمل و نقل هوشمند- ویراست دوم	زمستان ۸۶	۶۰/۰۰۰
۹۰. دستیابی به کیفیت در عملیات راهسازی	بهار ۸۷	۱۰/۰۰۰
۹۱. نکاتی درخصوص راههای برون شهری	بهار ۸۷	۱۰/۰۰۰

ب) کتب

۱. راهنمای ایمنی راه (پیارک)	پاییز ۸۶	۱۲۵/۰۰۰
۲. مدیریت پل	پاییز ۸۶	۷۵/۰۰۰
۳. روش‌های طراحی و اجرای آسفالت‌های حفاظتی	زمستان ۸۶	۲۰/۰۰۰
٤. تحلیل تصادفات و شناسایی و اصلاح نقاط پرتصادف	زمستان ۸۶	۱۹/۰۰۰

ج) لوح فشرده

۱. نشریات Austroads (شامل ۱۸۶ عنوان از نشریات وزارت راه استرالیا و نیوزلند در موضوعات مختلف به صورت فایل pdf)	پاییز ۸۳	۳٤/۵۰۰
۲. فیلم‌های آموزشی راه IRF (شامل ۱۰۷ فیلم در ٤۲ لوح فشرده)	زمستان ۸۳	۳٤/۵۰۰ (قیمت واحد)
۳. نشریات SWOV (شامل ۱۳۸ عنوان از نشریات SWOV DRI, VTI, NCHRP, در موضوعات مختلف بصورت فایل pdf)	بهار ۸٤	۳٤/۵۰۰

فهرست ابلاغیه‌های شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل

عنوان	تهیه کننده	بررسی و تایید	تاریخ انتشار	قیمت
۱. آیین‌نامه نحوه بارگیری، حمل و مهار ایمن بار وسایل‌نقلیه باربری جاده‌ای	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری	زمستان ۸٤	۰۰۰/۵۰
۲. راهنمای تهیه مشخصات فنی، جزئیات و نقشه‌ها در پل و سازه‌های راه	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری	زمستان ۸٤	۰۰۰/۲٦
۳. دستورالعمل آزمایشهای استاتیکی شمعها	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری کمیته ابنیه شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	زمستان ۸۵	۰۰۰/۲۰
٤. دستورالعمل مطالعات و طراحی سیستمهای ایمنی، روشنایی، تهویه، کنترل و برق تونلهای جاده‌ای	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری کمیته ابنیه شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	زمستان ۸۵	۰۰۰/۲۰
۵. دستورالعمل تحویل موقت و قطعی راهها	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری کمیته نظامهای فنی و اجرایی شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	زمستان ۸۵	۰۰۰/۲۰
٦. راهنمای طراحی و اجرای علایم برجسته راه	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری کمیته ایمنی شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	تابستان ۸٦	۰۰۰/۳۲
۷. دستورالعمل بازرسی ایمنی راه	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری کمیته ایمنی شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	تابستان ۸٦	۰۰۰/۲۲
۸. راهنمای درزگیری رویه‌های آسفالتی	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری کمیته زیرسازی و روسازی شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	تابستان ۸٦	۰۰۰/۱۱
۹. راهنمای لکه‌گیری رویه‌های آسفالتی	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری کمیته زیرسازی و روسازی شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	تابستان ۸٦	۰۰۰/۱٦
۱۰. دستورالعمل ارزیابی زیست محیطی طرح‌های حمل و نقل جاده‌ای	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری کمیته اقتصاد شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	زمستان ۸٦	۰۰۰/۱۲

۱۱. دستورالعمل ارزیابی زیست محیطی طرح‌های حمل و نقل ریلی	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری کمیته اقتصاد شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	زمستان ۸۶	۰۰۰/۱۲
۱۲.راهنمای به‌کارگیری سامانه‌های هوشمند کنترل سرعت در جاده ها	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری کمیته اقتصاد شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	بهار ۸۷	۰۰۰/۱۷
۱۳.راهنمای به‌کارگیری سامانه‌های نظارت تصویری در جاده ها هماهنگ با سایر اجزاء ITS	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری کمیته اقتصاد شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	بهار ۸۷	۰۰۰/۱۲

Ministry of Road and Transportation
Transportation Research Institute

Design of Road Tunnels Lighting Systems