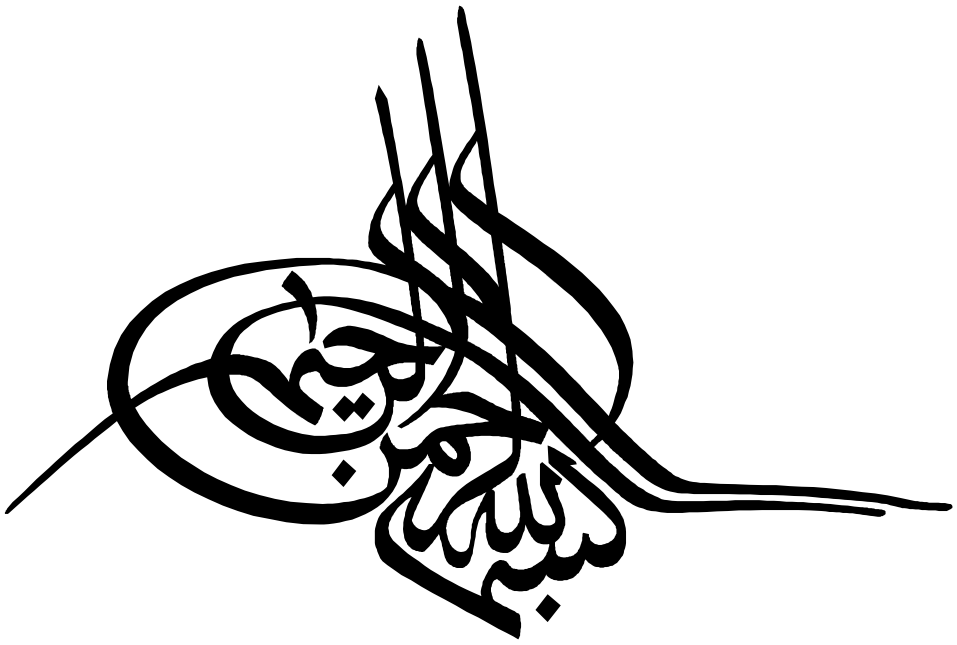

بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت راه و ترابری

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری

دفتر مطالعات فناوری و ایمنی

راهنمای تأمین روشنایی راهها

انجمن ادارات حمل‌ونقل و راههای ایالتی آمریکا (AASHTO)

این مجموعه ترجمه‌ای است از گزارشی تحت عنوان:

An Informational Guide for Roadway Lighting

توجه: هدف از تهیه این‌گونه مجموعه‌ها، طرح موضوعات تخصصی در قالب انتقال فناوری از طریق نشر منابع تخصصی معتبر می‌باشد. لذا به کلیه بهره‌برداران توصیه می‌گردد جهت کاربرد اعداد و استانداردهای مورد اشاره به اصل منابع مراجعه نمایند. بدیهی است ناشر هیچ گونه مسؤولیتی در خصوص پیامدهای سوء ناشی از عدم توجه به توصیه فوق را متقبل نخواهد شد.

راهنمای تأمین روشنایی راهها/ [تهیه و تألیف] انجمن ادارات حمل‌ونقل و راههای ایالتی آمریکا (AASHTO)؛ مترجم سعید مؤتمن.-- تهران: وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، پژوهشکده حمل‌ونقل، ۱۳۸۴.
۵۱ ص.
شابک: ۹-۵۳-۶۲۹۹-۹۶۴ ISBN964-6299-53-9
کتاب حاضر ترجمه‌ای از گزارش An informational guide for Roadway Lighting
۱. راهها -- روشنایی. الف. مؤتمن، سعید. ب. انجمن کارشناسان رسمی راه و ترابری آمریکا American Association of State Highway and Transportation Officials ج.ایران. وزارت راه و ترابری. پژوهشکده حمل‌ونقل. د. عنوان.
HE ۳۳۶/ر۹ر۲ ۳۸۸/۳۱۲
کتابخانه ملی ایران ۸۴-۴۶۲۷۹ م

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری

دفتر مطالعات فناوری و ایمنی- گروه ترجمه و تهیه گزارش‌های تخصصی

عنوان	:	**راهنمای تأمین روشنایی راهها**
تهیه و تألیف	:	**انجمن ادارات حمل‌ونقل و راههای ایالتی آمریکا (AASHTO)**
مترجم	:	**سعید مؤتمن**
ویرایش فنی	:	**امید ظاهری عبده‌وند**
ویرایش ادبی	:	**عصمت شیخ‌الاسلامی**
طرح جلد	:	**لیلا سلوکی**
ناشر	:	**پژوهشکده حمل‌ونقل**
کد انتشار	:	**84/RRRI/186**
شابک	:	**۹-۵۳-۶۲۹۹-۹۶۴**
نوبت چاپ	:	**اول**
تاریخ انتشار	:	**زمستان ۱۳۸۴**
تیراژ	:	**۱۵۰۰**
قیمت	:	**۱۰۰۰ تومان**
لیتوگرافی	:	**باران**
چاپ و صحافی	:	**پژمان**
نشانی	:	**میدان آرژانتین- ابتدای بزرگراه آفریقا- اراضی عباس‌آباد- ساختمان شهید دادمان- وزارت راه و ترابری- طبقه سیزدهم شمالی- واحد اطلاع‌رسانی و نشر پژوهش**
		تلفکس: ۸۲۲۴۴۱۶۴ web:www.rahiran.ir
		وب سایت فروش نشریات http://shop.rahiran.ir

*** کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است***

بسمه‌تعالی

وزارت راه و ترابری به عنوان متولی اصلی صنعت حمل‌ونقل کشور، نیازمند استفاده از بخش وسیعی از خدمات مهندسی در زمینهٔ طراحی، ساخت، نگهداری و بهره‌برداری از اجزاء سیستم حمل‌ونقل می‌باشد. از اینرو ضروری است که دانش فنی مورد نیاز بطور مستمر در اختیار مدیران و کارشناسان مربوطه قرار گرفته تا نیازهای مطالعاتی و تحقیقاتی آنها مرتفع گردد. معاونت پژوهشکده حمل‌ونقل درصدد است ضمن شناسایی نیازهای اساسی بخشهای مختلف وزارت متبوع و انجام تحقیقات علمی ـ کاربردی در زمینهٔ مسائل فنی حمل‌ونقل و همچنین استفاده از آخرین دستاوردها و انجام مبادلات علمی با مجامع و سازمانهای علمی و تخصصی ذیربط، به رفع این نیازها بپردازد. در همین راستا این پژوهشکده برآن است تا با تهیه و تدوین مجموعه گزارش‌های تخصصی، دانش فنی مورد نیاز را به شکلی مناسب در اختیار بخشهای مختلف وزارت متبوع و سایر متخصصان قرار دهد. گزارش حاضر تلاشی در راستای نیل به این هدف می‌باشد.

این گزارش، راهنمایی جهت انعکاس دستورالعمل‌های متداول در تأمین روشنایی راهها می‌باشد و در آن از روشها و تکنیک‌های طراحی سیستم‌های روشنایی راهها با روشهای تراکم نور و شدت روشنایی که در ایالات متحده استفاده می‌شود، بهره‌گیری شده است. این راهنما شامل اطلاعات طراحی در زمینه روشنایی برای کلیه جاده‌ها در تمامی سطوح می‌باشد. اگر چه باید در نظر داشت که یک راهنمای روشنایی راهها نمی‌تواند به طور صریح و قاطع برای کلیه شرایط تدوین شود و در هنگام استفاده از راهنما بایستی معیارهای انتخاب نیز در نظر گرفته شوند.

امید است که با تلاشهای صورت گرفته در دفتر مطالعات فناوری و ایمنی همکاری افرادی که در تهیهٔ این گزارش ما را یاری رساندند، گامی مؤثر در جهت ایجاد تحول، نوآوری و ارتقای عملکردها برداشته شود. در پایان از پژوهشکده حمل‌ونقل، به جهت حمایت از انتشار این مجموعه تشکر و قدردانی می‌گردد.

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری

دفتر مطالعات فناوری و ایمنی

راهنمای تأمین روشنایی راهها

عنوان **صفحه**

۱- مقدمه ۱

۱-۱- نقش انرژی در روشنایی راهها ۱

۱-۲- تکنیک‌های طراحی روشنایی ۳

۱-۳- سطح و یکنواختی شدت روشنایی و تراکم نور ۳

۱-۴- تراکم نوری یا درخشندگی ۴

۱-۵- فاکتورها و اصطلاحات خاص ۸

۲- قابلیت دید و کیفیت روشنایی جاده ۱۱

۲-۱- قابلیت دید ۱۱

۲-۲- کیفیت ۱۱

۳- آزادراهها ۱۳

۳-۱- کلیات ۱۳

۳-۲- الزامات ۱۴

۳-۲-۱- روشنایی پیوسته آزادراهها (**CFL**) ۱۴

۳-۲-۲- روشنایی کامل تقاطع‌های غیرهم‌سطح(**CIL**) ۱۵

۳-۲-۳- روشنایی نسبی تقاطع‌های غیرهم‌سطح(**PIL**) ۱۵

۳-۲-۴- ملاحظات ویژه ۱۶

۳-۳- مقادیر طراحی ۱۶

۳-۳-۱- کلیات ۱۶

۳-۳-۲- ملاحظات طراحی ۱۷

۳-۳-۳- روش شدت روشنایی- سطح و یکنواختی شدت روشنایی ۱۷

۳-۳-۴- روش تراکم نور- سطح، خیره‌کنندگی و یکنواختی تراکم نور ۱۸

۳-۳-۵- سطوح روشنایی در تقاطع‌ها ۱۸

۳-۳-۶- روشنایی نسبی تقاطع‌های غیرهم‌سطح ۱۸

۳-۳-۷- روشنایی تطبیقی (انتقالی) ۱۹

۳-۳-۸- پل‌ها و روگذرها ۱۹

۳-۳-۹- محل نصب تیرهای روشنایی ۱۹
۳-۳-۱۰- سایر نکات ۲۲
۴- خیابان‌ها و بزرگراهها به جز آزادراهها، پیاده‌روها و مسیرهای عبور دوچرخه ۲۳
۴-۱- کلیات ۲۳
۴-۲- الزامات ۲۳
۴-۳- مقادیر طراحی برای مکان‌های غیر از آزادراهها ۲۴
۴-۳-۱- سطوح طراحی روشنایی ۲۴
۴-۳-۲- سایر نکات ۲۴
۴-۴- طبقه‌بندی جاده‌ها، پیاده‌روها و نواحی ۲۷
۴-۴-۱- طبقه‌بندی جاده‌ها و پیاده‌روها ۲۷
۴-۴-۲- طبقه‌بندی نواحی ۲۸
۴-۵- پایه‌های انعطاف‌پذیر ۲۸
۴-۶- محل نصب تیرهای روشنایی ۲۸
۵- روشنایی با تیرهای مرتفع ۲۹
۶- تونل‌ها و زیرگذرها ۳۱
۶-۱- زیرگذرهای وسایل نقلیه ۳۱
۶-۱-۱- چارچوب کلی و راهنمای کاربردی ۳۱
۶-۱-۲- الزاماتی برای روشنایی شب‌هنگام زیرگذرها ۳۱
۶-۱-۳- مقادیر طراحی برای روشنایی زیرگذرها ۳۱
۶-۱-۴- انتخاب و تعیین محل نصب نورافکن‌های زیرگذرها ۳۲
۶-۲- تونل‌های راه ۳۲
۶-۲-۱- محدوده عملکرد و راهنمای کاربردی ۳۲
۶-۲-۲- تونل‌های کوتاه ۳۲
۶-۲-۳- تونل‌های بلند ۳۳
۶-۲-۴- الزاماتی جهت روشنایی تونل‌ها ۳۳
۶-۲-۵- بهینه‌سازی قابلیت دید در تونل‌ها و ویژگی‌های ورودی‌های تونل ۳۳
۶-۳- روشنایی داخل تونل‌ها به هنگام روز ۳۵
۶-۳-۱- تونل‌های کوتاه- قابلیت دید به صورت نیمه‌تاریک ۳۵
۶-۳-۲- روشنایی دهانه ورودی تونل‌ها ۳۵

۶-۳-۳- روشنایی ناحیه بعد از ورودی تونل ۳۶
۶-۳-۴- روشنایی تونل‌ها در شب ۳۷
۶-۳-۵- انتخاب و تعیین محل نصب نورافکن‌های تونل‌ها ۳۷
۶-۳-۶- سیستم‌های کنترل روشنایی تونل‌ها ۳۷
۶-۳-۷- ضریب تعمیر و نگهداری برای طراحی روشنایی تونل‌ها ۳۷
۷- استراحتگاههای ایمن در راه ۳۹
۷-۱- الزامات ۳۹
۷-۲- مقادیر طراحی ۳۹
۷-۳- تعمیر و نگهداری ۴۲
۷-۴- دیگر نواحی خاص ۴۲
۸- روشنایی تابلوهای راهنمایی ۴۳
۸-۱- کلیات ۴۳
۸-۲- الزامات ۴۳
۸-۳- انواع روشنایی تابلوهای راهنمایی ۴۴
۸-۴- طبقه‌بندی نواحی ۴۴
۸-۵- کنتراست و درخشندگی تابلوها ۴۴
۸-۶- یکنواختی ۴۴
۸-۷- استانداردهای رنگ تابلوها ۴۵
۸-۸- محل نصب نورافکن‌ها ۴۵
۹- ملاحظات تعمیر و نگهداری در طراحی روشنایی راه ۴۶
۹-۱- کلیات ۴۶
۹-۲- ضرایب تعمیر و نگهداری ۴۶
۹-۳- تعمیر و نگهداری نورافکن‌ها ۴۶
۹-۳-۱- افت در واحد نوری ناشی از آلودگی (**LDD**) ۴۷
۹-۳-۲- کاهش لومن خروجی لامپ (**LLD**) ۴۷
۹-۴- تعمیر و نگهداری پایه‌های نگهدارنده ۴۷
۹-۵- تعمیر و نگهداری سیستم‌های کنترل و توزیع برق ۴۸
۹-۶- عوامل خارجی ۴۸
۱۰- مراجع ۴۹

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱- طبقه‌بندی سطح راهها..... ۷
جدول ۲- مقادیر طراحی متوسط تراکم نور حفظ شده برای جاده‌ها به غیر از آزادراهها..... ۲۵
جدول ۳ - متوسط شدت نور افقی حفظ شده..... ۲۶
جدول ۴- سطوح روشنایی حفظ شده پیشنهادی برای استراحتگاهها..... ۴۰
جدول ۵- تراکم نور..... ۴۱
جدول ۶- تراکم و شدت نور برای روشنایی تابلوها..... ۴۵

فهرست نمودارها

نمودار ۱- نمایش هندسی محاسبه تراکم نور..... ۵
نمودار ۲- محاسبه تراکم نور..... ۶
نمودار ۳- محل نصب نورافکن‌های معمولی جهت روشنایی نسبی تقاطع‌های غیرهم‌سطح..... ۲۱

۱- مقدمه

این راهنما جهت انعکاس دستورالعمل‌های متداول در تأمین روشنایی راهها، مورد بازبینی قرار گرفته است. این راهنما از روش‌ها و تکنیک‌های طراحی سیستم‌های روشنایی راهها با روش‌های تراکم نور[1] و شدت روشنایی[2] که در ایالات متحده استفاده می‌شود، بهره گرفته است.

راهنمای قبلی منتشر شده در سال ۱۹۷۶ که طراحی روشنایی راه را به روش تراکم نور در نشریهٔ شماره ۲۳ کمیتهٔ C.I.E توصیه نموده، جزییات این روش را اعلام نکرده است.

روش تراکم نور که در این‌جا آورده شده است، مشابه با روش مطروحه در C.I.E است. اما طوری اصلاح شده است که منطبق با طراحی اعمال شده در مؤسسه استانداردهای ملی آمریکا (ANSI) با عنوان "روش استاندارد ملی آمریکا برای روشنایی راهها- چاپ ۱۹۸۳" باشد.

از تکنیک شدت روشنایی و یا روش تراکم نور در طراحی روشنایی جاده‌ها برای تأمین مقادیر قید شده در این راهنما، می‌توان بهره جست. بررسی جامع طراحی مورد نظر، با به کارگیری هر دو روش می‌تواند در تعیین بیشترین کیفیت و بالاترین بازدهی انرژی سیستم، مفید و مؤثر باشد.

همان‌گونه که در قانون ایالات متحده، ماده ۲۳ در بخش ۴۰۲ الف آورده شده است، هر ایالت بایستی یک برنامه جامع برای ایمنی راهها داشته باشد که شامل ارایه استانداردهای هماهنگ جهت دستیابی به سیستم روشنایی راهها است. استاندارد برنامه ایمنی راه، شمارهٔ ۱۲ (مرجع شماره ۴) شامل توصیه‌هایی برای مکان‌هایی در جاده است که بایستی روشنایی آنها بهبود یافته و یا تأمین گردد و تنها محدود به راههای دسترسی یا آزادراهها نمی‌شود. از این رو، این راهنما شامل اطلاعات طراحی در زمینهٔ روشنایی بوده که برای کلیهٔ جاده‌ها در تمام سطوح قابل اعمال می‌باشد.

راهنمای فوق شامل اطلاعات روشنایی آزادراهها در یک بخش و در بخش دیگر، اطلاعاتی در مورد روشنایی خیابان‌ها و بزرگراهها به غیر از تسهیلات دسترسی کنترل‌شده می‌باشد. علاوه بر تسهیلات پارکینگ و استراحتگاه[3]، تابلوهای راهنمایی و تعمیر و نگهداری، بخش‌هایی نیز به روشنایی تونل‌ها و زیرگذرها پرداخته است.

یک راهنمای روشنایی جاده‌ها نمی‌تواند به طور صریح و قاطع برای کلیهٔ شرایط تدوین شود. معیارهای انتخاب مکان‌های نصب روشنایی در زیربخش‌هایی با عنوان شرایط الزامی[4] ارایه شده است. دستورالعمل‌هایی نیز با جزییات بیشتر آورده شده که به هنگام طراحی سیستم‌های روشنایی بایستی مدنظر قرار گیرد.

۱-۱- نقش انرژی در روشنایی راهها

موضوع انرژی در سطح ملی همواره از اهمیت خاصی برخوردار بوده است. مصرف، حفظ و بقای انرژی و هزینه‌های آن امروزه بخشی لاینفک از امور مهندسی و طراحی‌های فنی به شمار می‌آیند. اگرچه میزان مصرف انرژی در روشنایی راهها کسر بسیار کوچکی از کل انرژی مورد نیاز در کشور را تشکیل می‌دهد، ولی به منظور بهره‌برداری مفید و

1- Luminance
2- Illuminance
3- Rest areas
4- Warranting conditions

محتاطانه از انرژی، بایستی این نیازها در سطح ملی مورد نظر قرار گیرند. همچنین افزایش هزینه‌های انرژی الکتریکی بایستی مورد توجه ویژه‌ای قرار گیرد. با توجه به شرایط حفظ انرژی و محدودیت‌های مالی، امروزه بسیاری از ادارات و سازمان‌ها به منظور حصول اطمینان از بهره‌وری انرژی مطابق با استانداردهای روز، نیاز به آزمودن سیستم‌های روشنایی موجود جاده‌ها و یا سیستم‌های جدید پیشنهادی دارند. نتیجه این تلاش‌ها دستیابی به بهترین نسبت احتمالی هزینه به سود برای جامعه خواهد بود.

اگرچه تنها حدود ۰/۲ درصد از کل انرژی مصرفی در کشور، در روشنایی جاده‌ها مصرف می‌شود، اما مزایای این روشنایی به هنگام خاموشی بایستی در چارچوب ایمنی، امنیت اجتماعی، تسهیلات و رفاه عمومی در نظر گرفته شود. بسیاری از محققان به نقش روشنایی راهها در کاهش وقوع تصادفات (وسایل نقلیه و عابرین پیاده) و حوادث ناشی از بروز جرم و خرابکاری اشاره کرده‌اند. این‌ها منافع عینی و مشخصی هستند که با استفاده از سیستم‌های پیشرفته و مطلوب روشنایی و بهره‌مندی از فناوری و تجهیزات مدرن و امروزی که تا چند سال قبل در دسترس نبوده‌اند، می‌توانند به مراتب مقرون به‌صرفه‌تر بوده و نتایج مطلوب اقتصادی به همراه داشته باشند.

به منظور حفظ و بقای انرژی، برخی از سازمان‌ها اقداماتی از قبیل خاموش نمودن کل و یا قسمتی از سیستم روشنایی بر پایهٔ زمان‌بندی روزانه (به جز رمپ‌ها و یا تقاطع‌ها) را آغاز نموده‌اند. برخی از اثرات معکوس این گونه اقدامات فوراً مشخص می‌شود. در روش‌های جایگزینی روشنایی، گاهی اوقات میزان یکنواختی نور نامطلوب و در برخی موارد وضعیتی به مراتب بدتر از عدم روشنایی خواهد داشت. با توجه به قطع جزیی یا کامل سیستم روشنایی به صورت زمان‌بندی و چه به طور دایم، مسأله نیاز و ایمنی رانندگان در مقابل فعالیت‌های حفظ انرژی بایستی مورد بررسی دقیق قرار گیرند. نتیجه این گونه اقدامات ممکن است به افزایش تصادفات رانندگی و مشکلات عملیاتی بیانجامد، تا آنجایی که هزینه‌های انرژی بیش از هزینه‌های فزاینده تصادفات و هزینه‌های مربوطه خواهد بود. بنابراین توصیه می‌شود فعالیت‌های حفظ انرژی با سیستم‌های روشنایی موجود، در جهت کسب بهره‌وری بیشتر در سیستم‌های انرژی هدایت شوند.

ضرایب طراحی تأثیرگذار در مصرف انرژی و اقتصاد عملیاتی، در این راهنما ارایه شده است. به منظور بالا بردن کارآیی واقعی سیستم انرژی روشنایی راهها، مواردی چون نوع منبع نور، سیستم نوری روشنایی، هندسه سیستم روشنایی، ویژگی‌های انعکاس نور روسازی جاده‌ها و فعالیت‌های تعمیر و نگهداری ادارات مرتبط، به مطالعه و بررسی دقیقی نیاز دارند. تخمین زده می‌شود که حدود ۷۰-۶۰ درصد از روشنایی راهها در ایالات متحده، در حال حاضر از منابع نوری بخار جیوه بهره می‌گیرند. این منبع نوری، با مشخصهٔ لامپ ۵۵ لومن بر وات در مقایسه با لامپ سدیم که بهرهٔ ۱۸۰-۱۰۰ لومن بر وات دارد، از بهرهٔ انرژی پایین‌تری برخوردار است. مسلماً، امکان حفظ انرژی با تعویض لامپ‌های فوق میسر خواهد بود. بهبود و اصلاح سیستم‌های بالاست برقی[1] نیز در کاهش انرژی مصرفی نقش مؤثری دارد.

چنانچه بهره‌برداری بهینه از انرژی مدنظر باشد، خواننده این راهنما بایستی با زمینه‌های بسیاری در طراحی سیستم روشنایی آشنا بوده و آنها را مورد ارزیابی قرار دهد. تفاوت در کارآیی منابع نوری، کنترل مؤثر نور ساطع شده از

1- Ballast

نورافکن‌ها، تأثیرات ناشی از ویژگی‌های انعکاسی روسازی و وجود یکنواختی در تشخیص شـی، موجـب پیچیـدگی در طراحی می‌گردد. بهره‌گیری از این فاکتورها به همراه درک بهتر از عملکرد بصری راننده، منجر به حداکثر اسـتفاده بهینـه از انرژی بدون قربانی کردن نیازهای ایمنی ترافیک شده و موجب بهبود فواید استفاده از روشنایی راه خواهد بود.

۱-۲- تکنیک‌های طراحی روشنایی

توسعهٔ صنایع و تجربهٔ عمومی در روشنایی راهها، منتهی به یـک روش جـامع و قابـل قبـول در زمینـهٔ طراحـی سیستم‌های روشنایی گردیده است. برای آن که محـدوده معینـی کـاملاً روشـن شـود و روشـنایی کـاملی فـراهم شـود، روش‌های قابل قبولی جهت تحلیل فوری گزینه‌های مختلف در لامپ‌ها، نورافکن‌ها، ارتفاع نصب، فواصل نـورافکن‌هـا، انرژی مورد نیاز و ... برای تعیین طراحی روشنایی مطلوب وجود دارند. با توسعه منابع نوری بهتر و درخشـندگی بـالاتر، کاربرد آنها در طراحی‌های کنونی بیشتر خواهد بود.

طراحی نصب یک سیستم روشنایی راه فرایند بهره‌بـرداری از ویژگـی‌هـای فتومتریـک[1] شـناخته شـده ترکیبـات نورافکن- لامپ محسوب می‌شود. در مورد تراکم نور و روشنایی، انعکاس نور روسازی نیز مورد نیاز است. روش سعی و خطا در مورد موقعیت و مکان نورافکن‌های مفروض در محاسبات روشنایی جهت تعیین متوسط میزان تـراکم نـور یـا شدت روشنایی در جاده به کار می‌رود. برای هر یک از ترکیبات لامپ- نورافکن، داده‌ها و اطلاعاتی از سازندگان وجود دارد که حاوی عملکرد فتومتریک نورافکن‌ها می‌باشد و در صورت وجود تراکم نـور، همـراه بـا ویژگـی‌هـای انعکـاس روسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد تا از نظر تئوری بتوان موقعیت واحدهای نوری جهت تولید شدت روشنایی مطلـوب بر روی نواحی روسازی مورد نظر را تعیین نمود.

مقدار واقعی شدت روشنایی یا تراکم نور اندازه‌گیری شده در جاده‌ها، ممکن است اختلافـاتی بـا ارقـام محاسـبه شده بر مبنای اطلاعات دریافتی از سازندگان و یا فاکتورهای متغیر شـرایط نصـب ماننـد ولتـاژ، درجـهٔ‌حـرارت، میـزان رطوبت، خروجی هر لامپ، نحوهٔ آرایش منابع نوری و غیره داشته باشد. با این وجود مقـادیر متوسـط تـراکم نـوری یـا شدت روشنایی و تغییرات در متوسط سطوح فوق، معمولاً بر پایه این واقعیت که در جـاده‌هـای واقعـی کـدام یـک بـه صورت مطلوب و قابل قبول پدیدار می‌شود، انتخاب شده است، ضمن این که اطلاعات محاسبه شده بر مبنای داده‌هـای سازندگان نیز در آن دخیل می‌گردد.

۱-۳- سطح و یکنواختی شدت روشنایی و تراکم نور[2]

سطح و یکنواختی شدت روشنایی یا تراکم نور در طول راه، بستگی به جنبه‌های کنترلی متعددی دارد کـه شـامل لومن (واحد شار نوری) خروجی منبع نوری، توزیع تراکم نوری، ارتفـاع نصـب، انعکـاس نـور روسـازی‌هـا، فواصـل و ترتیب منابع نوری می‌شود. همان میزان متوسط از شدت روشـنایی و تـراکم نـور را مـی‌تـوان بـا اسـتفاده از روش‌هـا و ترتیبات مختلف نصب مانند بهره‌گیری از تعدادی منابع نوری با خروجی بالاتر و یـا تعـداد بیشـتری از منـابع نـوری بـا

1- Photometric
2- Level and uniformity of illuminance and luminance

خروجی پایین، به دست آورد. یکی از عوامل مهم در مقایسهٔ گزینه‌های مختلف، یکنواختی در شدت روشنایی یا تراکم نور در طول مسیری است که بایستی به سیستم روشنایی مجهز گردد.

نورافکن‌ها و منابع نوری در طیف وسیعی از انواع و اندازه‌های مختلف وجود دارند. سیستم‌های روشنایی که از لامپ‌های با شار نوری و کارآیی بالا استفاده می‌کنند را می‌توان جهت تأمین سطح مطلوب تراکم نور و شدت روشنایی، طراحی نمود. همچنین، در انتخاب تجهیزات که تضمین کننده میزان مطلوب روشنایی با کمترین هزینه‌های سازگار برای نصب، بهره‌برداری و نگهداری است، بایستی دقت لازم صورت گیرد. استفاده از منابع نوری در ارتفاع نصب بالا، مزایای متعددی دارد که بایستی به هنگام طراحی به آن توجه نمود. در حال حاضر، استفاده از ارتفاع‌های نصب ۴۰ تا ۵۰ فوت (۱۲ الی ۱۵ متر) افزایش یافته است. لامپ‌های جیوه[1] بیشترین کاربرد را در روشنایی جاده‌ها داشته‌اند. امروزه، تمایل در جهت استفاده از لامپ‌های سدیم با بهرهٔ بیشتر می‌باشد که کاربرد با طیف بیشتری را جهت نصب در ارتفاع بیشتر و فواصل طولی بیشتر بین منابع نوری را در طراحی‌های امروزه داراست. در دکل‌های روشنایی مرتفع، از لامپ‌های متال هالید[2] ۱۰۰۰ واتی و لامپ‌های سدیم فشار قوی[3] ۱۰۰۰-۴۰۰ وات، به طور گسترده‌ای استفاده می‌گردد. از لامپ‌های فشار پایین سدیم[4] در طراحی سیستم‌های روشنایی بسیاری ازتونل‌ها و جاده‌ها استفاده شده که نتایج موفقیت‌آمیزی به همراه داشته است. به منظور دستیابی به مؤثرترین و اقتصادی‌ترین سیستم روشنایی، انتخاب مناسب‌ترین منابع نوری و اندازه‌های آنها بایستی مدنظر قرار گیرد.

۱-۴- تراکم نوری یا درخشندگی[5]

مفهوم درخشندگی یا تراکم نوری قابلیت دید در جاده، ضمن آن که فرایند پیچیده‌تری از طراحی محسوب می‌شود، منعکس کننده وسعت میدان دید قابل مشاهده توسط راننده می‌باشد. تراکم نوری در روشنایی راهها مقیاسی است از نور منعکس شده از سطح روسازی که با چشم رانندگان قابل رویت است. هرچه حد درخشندگی بالاتر باشد، میزان کنتراست[6] لازم برای مشاهده یک شیء در صحنه مورد نظر کمتر است.

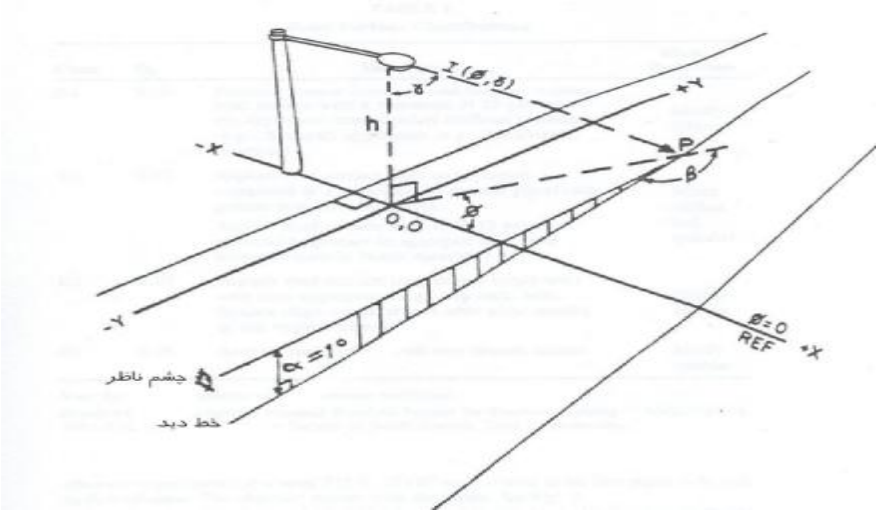
محاسبه این مقدار نه تنها نیاز به محل دقیق، توزیع و شدت روشنایی منبع نور دارد، بلکه داشتن اطلاعات لازم در مورد خصوصیات انعکاسی روسازی و موقعیت مکانی نظاره‌گر را نیز می‌طلبد (نمودار ۱).

خواص انعکاسی روسازی مدتی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته و مقادیر آن به طور پیوسته جهت کنترل تغییرات و بررسی دقیق‌تر مشخصات انعکاسی آنها، مرتباً مورد بررسی قرار می‌گیرند. سیستمی که از سال ۱۹۷۰ توسط C.I.E تدوین شده و با استاندارد ANSI نیز مطابقت دارد، خصوصیات انعکاسی روسازی‌ها را به چهار دسته R1، R2، R3 و R4 تقسیم‌بندی نموده است. هر دسته‌بندی دارای جدول منحصربه‌فردی در مورد خصوصیات و مقادیر انعکاسی برای زوایای مشخص بوده که به نام جداول r معروف هستند. طبقه‌بندی سطح راه در جدول ۱ توضیح داده شده است.

1- Mercury lamps
2- Metal halide lamps
3- High pressure sodium lamps
4- Low pressure sodium lamps
5- Luminance considerations
6- Contrast

هنگام طراحی سیستم روشنایی جاده‌ها با استفاده از دسته‌بندی فوق، نوع نهایی سطح جاده هنگامی‌که سیستم روشنایی فعال است، در نظر گرفته می‌شود.

محاسبات روشنایی همان طور که در استاندارد ANSI آورده شده است، ارتفاع چشم رانندگان را در ۴/۸ فوت (۱/۴۵ متر) از سطح زمین در نظر گرفته است. این میزان یک رقم طراحی می‌باشد که مورد توافق بین‌المللی بوده و بر ارتفاع ۳/۵ فوت (۱/۰۷ متر) چشم راننده اثر نمی‌گذارد. خط سیر چشم نظاره‌گر یک درجه زیر سطح افق و موازی با لبهٔ جاده و به فاصله $\frac{1}{4}$ عرض خطوط عبوری از طرفین جاده در نظر گرفته می‌شود.



نمودار ۱- نمایش هندسی محاسبه تراکم نور

از هندسه فوق جهت محاسبه تراکم نور"L" استفاده شده است:

$$L = q\,(\alpha.\beta.\gamma)\,\acute{I}\;E_P$$

$$E_P = \frac{I(f.g)\cos^3 g}{h^2}$$

که در آن:

q : ضریب انعکاسی جهت‌دار

α : زاویه دید ناظر نسبت به سطح افق

B : زاویه بین خطوط ترسیمی خط دید ناظر و مسیر نور در نقطه مورد نظر

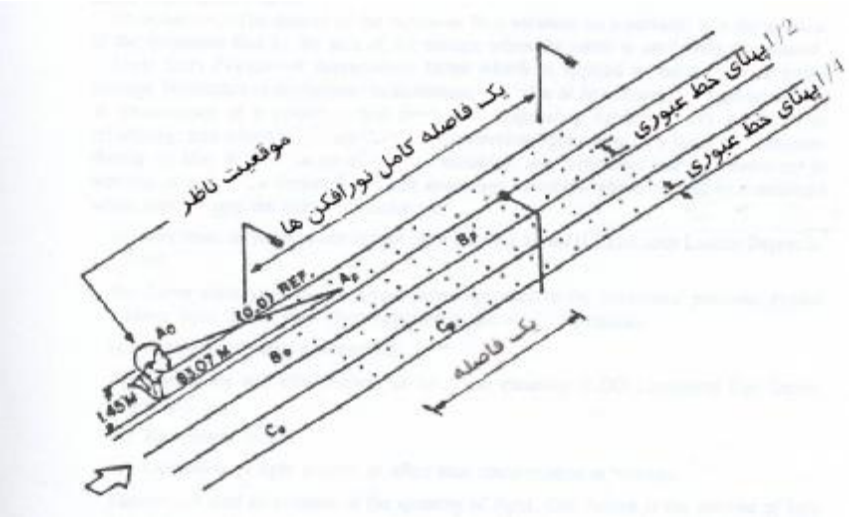
f : زاویه بین خط مرجع قطع کننده جاده و مسیر نور در نقطه مورد نظر

E_P : شدت روشنایی افق در نقطه P

I : شدت نور در واحد کاندلا (تابعی از γ ،f)

h : ارتفاع نصب نورافکن یا واحد نورانی

راننده در نقطه‌ای به فاصلهٔ ۲۷۲ فوت (۸۳/۰۷ متر) از اولین نقطهٔ محاسبه در نظر گرفته می‌شود و مطابق نمودار ۲ در جهت نقاط حرکت می‌نماید. یکنواختی تراکم نور از طریق نسبت سطح متوسط به نقطهٔ حداقل و نسبت نقطهٔ حداکثر به نقطهٔ حداقل محاسبه می‌گردد. روش نسبت متوسط به نقطهٔ حداقل از متوسط تراکم نور ناحیه طراحی بین دو منبع نورانی متوالی نسبت به حداقل مقدار موجود تراکم نور در هر مکان از محوطه بهره می‌گیرد. در روش حداکثر به حداقل، از حداکثر مقادیر بین دو منبع روشنایی متوالی استفاده می‌گردد. یکنواختی تراکم نور، با توانایی دید برای تشخیص اختلاف در سطوح درخشندگی رابطهٔ نزدیکی دارد.



نمودار ۲- محاسبه تراکم نور

محاسبه نور منعکس شده از جاده در جهت چشم ناظر برای هر نقطه‌ای از جاده که با اولین نورافکن ۸۳/۰۷ متر فاصله دارد، انجام شده است. ناظر با نقاط حرکت می‌نماید: به طور مثال محاسبه در نقطه A_P ، از موقعیت مکانی چشم ناظر در نقطه فوق حاصل شده است، به همین ترتیب برای نقاط B_P و C_P . موقعیت مکانی چشم ناظر ۱/۴۵ متر بالاتر از سطح روسازی در نظر گرفته شده است. ناظر به نقطه مورد نظر با زاویه یک درجه نسبت به سطح روسازی جاده می‌نگرد.

یک فاصله کامل نورافکن‌ها (سیکل نورافکن) = Luminaire Cycle

تعداد نقاط مورد نیاز جهت محاسبه= $\frac{\text{Luminaire Cycle}}{10}$ (نبایستی از ۵ متر بین نقاط تجاوز نماید)

محاسبات بایستی شامل حداقل ۳ سیکل نورافکن بالا و یک سیکل نورافکن در پایین نقطه مرجع باشد (0, 0 REF)

همگام با روش تراکم نور مذکور، ارزیابی اثر خیرگی سیستم‌های روشنایی ثابت نیز بایستی در ضوابط تعیین تراکم نور مدنظر قرار گیرند. مقادیر اثر تابش خیره‌کننده[1] (تراکم نور مخفی یا مستور[2]) به منظور دادن اطلاعات به طراح جهت شناسایی اثر مستور بودن درخشندگی بوده و به صورت درصدی از متوسط کل روشنایی سنجیده شده است.

جدول ۱- طبقه‌بندی سطح راهها

رده	Qo	شرح	نوع انعکاس
R2	۰/۱۰	روسازی جاده از نوع بتن تهیه شده از سیمان پرتلند. روکش جاده آسفالت ترکیبی از حداقل ۱۵ درصد مصالح دانه‌بندی شده که شامل مواد درخشنده مصنوعی (مانند سینوپال[3]) و مصالح‌بندی (مانند لابرودریت[4]، کوارتز) می‌باشد	اکثراً پخش‌کننده
R2	۰/۰۷	روسازی آسفالت با استفاده از مصالح دانه‌بندی شده به صورت ترکیبی از حداقل ۶۰ درصد درشت دانه[5] (با اندازه بزرگتر از ۱۰ میلی‌متر) روسازی آسفالت با ۱۰ الی ۱۵ درصد مواد درخشنده مصنوعی در مخلوط مصالح دانه‌بندی شده (به طور معمول در شمال آمریکا استفاده نمی‌شود)	مخلوط (پخش‌کننده و آینه‌ای)
R3	۰/۰۷	روکش جاده آسفالت (معمولی و carpet seal) با مصالح دانه‌بندی شده تیره (به طور مثال trap rock ، blast furnace slag) با بافت زبر و خشن بعد از چند ماه استفاده (راههای معمولی)	اندکی آینه‌ای
R4	۰/۰۸	روکش جاده آسفالت با بافت بسیار نرم	اکثراً آینه‌ای

توجه: Qo نمایشگر ضریب تراکم نور متوسط می‌باشد.

(اقتباس از "روش استاندارد ملی آمریکا برای روشنایی راهها" ANSI / IES RP-8 , 1983، انجمن مهندسی روشنایی شمال آمریکا)

1- Disability glare
2- Veiling luminance
3- Synopal
4- Labradorite
5- Gravel

۱-۵- فاکتورها و اصطلاحات خاص

تعاریف کلی اصطلاحات فنی به کار رفته در این جا و توضیح برخی فاکتورها در طراحی روشنایی به شرح زیر آورده شده است. فهم دقیق این فاکتورها و اصطلاحات برای طراحی صحیح الزامی است.

- **متوسط شدت روشنایی اولیه:** متوسط سطح شدت روشنایی افقی در محدوده روسازی مسیر طی شده، هنگامی که سیستم روشنایی نصب شده و لامپ‌ها و واحدهای نورانی تمیز و عاری از آلودگی باشند. در واحد متوسط فوت- کاندلا (لوکس) جهت ناحیهٔ روسازی بیان می‌گردد.

- **متوسط شدت روشنایی حفظ شده:** متوسط شدت روشنایی افقی روی روسازی هنگامی که خروجی لامپ و نورافکن به واسطهٔ ضرایب تعمیر و نگهداری کاهش می‌یابد. در واحد متوسط فوت- کاندلا (لوکس) جهت ناحیه روسازی بیان می‌گردد.

- **کاندلا:** واحد شدت روشنایی می‌باشد. قبلاً واژهٔ "کاندل" استفاده می‌گردید.

- **کاندلا بر مترمربع:** واحد سیستم بین‌المللی (SI) برای تراکم نور (درخشندگی فتومتریک) که بیانگر تراکم نور یکنواخت یک سطح که ساطع کننده یا منعکس کنندهٔ نور در نرخ یک لومن بر مترمربع بوده یا متوسط تراکم نور هر سطح ساطع کننده یا منعکس کننده نور در همان نرخ باشد. یک کاندلا بر مترمربع مساوی ۰/۲۹۱۹ فوت‌ـ لامبرت می‌باشد.

- **قدرت کاندل:** شدت نور در یک جهت مشخص می‌باشد و برحسب کاندلا بیان می‌گردد.

- **روشنایی کامل تقاطع‌های غیرهم‌سطح**[1]: روشنایی آزادراه در خطوط تقاطع‌های غیرهم‌سطح، خطوط عبوری، خطوط افزایش سرعت و کاهش سرعت، پایانه رمپ‌ها [2] و تقاطع‌های مابین دورترین نقاط رمپ‌ها.

- **ضریب تجهیزات**[3]: ضریبی که در محاسبهٔ شدت روشنایی یا تراکم نور به کار گرفته می‌شود و به منظور جبران اختلاف ناشی از تلفات نور در تجهیزات ارایه شده تجاری توسط سازندگان به هنگام مقایسه با مدل‌های آزمایشگاههای فتومتریک، اعمال می‌گردد. به طور معمول این اتلاف را حدود ۵ الی ۱۰ درصد اتلاف نور در ضریب تجهیزات در نظر می‌گیرند (EF=0.90-0.95).

- **فوت- کاندل:** شدت روشنایی در یک سطح برابر با یک فوت مربع که در آن توزیع شار نوری یکنواخت به میزان یک لومن ایجاد شده باشد. یک فوت کاندل معادل ۱۰/۷۶ لوکس می‌باشد.

1- Complete interchange lighting

2- Ramp terminals

(مسیر ارتباطی یا اتصالی دوجاده متقاطع هم‌سطح، غیرهم‌سطح و یا موازی می‌باشد که از آن، جهت ورود به یکی از آن دو جاده یا خروج از یکی از آنها استفاده می‌شود)

3- Equipment factor

- **فوت- لامبرت:** واحد درخشندگی فتومتریک (تراکم نور) که مساوی با $1/p$ کاندلا بر فوت مربع می‌باشد و یا تراکم نور یکنواخت یک سطح پخش کننده عالی که ساطع یا منعکس کنندهٔ نور در نرخ یک لومن بر فوت مربع می‌باشد. یک فوت لامبرت برابر با ۳/۴۲۶ کاندلا بر مترمربع است.

- **شدت روشنایی**[1]: چگالی شار روشنایی یک سطح می‌باشد و میزان توان نوری تابیده بر سطح را که یکنواخت می‌باشد، نشان می‌دهد.

- **ضریب اتلاف نور**[2]: ضریب کاهشی که به متوسط تراکم نور یا شدت روشنایی اولیه جهت محاسبهٔ مقدار کاهش متوسط تراکم نوری یا شدت روشنایی در یک زمان مشخص و از پیش تعیین شده در یک سیکل عملکرد، اعمال می‌گردد. این ضرایب معمولاً بلافاصله قبل از تعویض لامپ‌ها هنگامی‌که کاهش در نور مؤثر خروجی لامپ‌ها و روشنایی در طول عمر آن، رخ می‌دهد محاسبه شده و از متغیرهای متعددی تشکیل شده است. مهم‌ترین این متغیرها که به هنگام محاسبهٔ فاکتور کاهش نور بایستی در نظر گرفته شود، عبارتند از:

  الف- کاهش لومن خروجی لامپ با در نظر گرفتن ساعات کارکرد لامپ
  (LLD - Lamp Lumen Deprecation)

  ب- بعضی از لامپ‌های تخلیهٔ الکتریکی هنگامی‌که در وضعیت افقی قرار می‌گیرند، خروجی نور کمتری نسبت به زمانی که در حالت عمودی قرار دارند، خواهند داشت.

  پ- برنامهٔ زمان‌بندی تعویض لامپ‌ها

  ت- تکرار و تأثیر عمل تمیز نمودن نورافکن‌ها (LDD - Luminaire Dirt Deprecation)

  ث- ضریب تجهیزات

  ج- عملکرد منابع نوری در ولتاژ و جریان‌های غیر از مقادیر اسمی

- **لومن:** واحد اندازه‌گیری کمیت نور می‌باشد. یک لومن مقدار نوری است که بر یک فوت مربع می‌تابد و هر نقطه از آن ۱ فوت از منبع نوری با ظرفیت ۱ کاندلا فاصله دارد. یک منبع نوری یک کاندا کلاً ۱۲/۵۷ لومن ساطع می‌کند.

- **نورافکن یا واحد نورانی:** یک واحد کامل روشنایی شامل یک یا چندین لامپ به همراه قطعات طراحی شده جهت توزیع نور، جهت‌دهی و حفاظت از لامپ‌ها و به منظور اتصال لامپ‌ها به منبع تغذیه می‌باشد.

- **درخشندگی یا تراکم نور**[3]: شدت نور هر سطح در یک جهت به ازای واحد سطح

- **لوکس:** واحد سیستم بین‌المللی (SI) شدت روشنایی می‌باشد. یک لوکس برابر میزان توان نوری تابیده بر سطح یک متر مربع بوده که کلیهٔ نقاط آن سطح به فاصلهٔ یک متر از منبع نوری یک کاندلا قرار دارند و توزیع یکنواخت برای آنها صادق می‌باشد. هر لوکس برابر ۰/۰۹۲۹ فوت کاندلا می‌باشد.

1- Illuminance
2- Light loss factor
3- Luminaire

- **روشنایی نسبی تقاطع‌های غیرهم‌سطح**[1] : به یک سیستم روشنایی گفته می‌شود که شامل تعدادی نورافکن بوده که در حاشیه برخی یا کلیه پایانه‌های رمپ نصب شده‌اند. معمولاً رسم بر این است که در مکان‌هایی که رمپ‌های ورودی و خروجی توسط خطوط عبوری به آزادراهها وصل می‌شوند و یا در مکان‌هایی که رمپ‌ها به تقاطع‌ها می‌رسند، از سیستم روشنایی جهت این گونه مناطق استفاده شود.

- **یکنواختی شدت روشنایی:** به نسبت متوسط فوت کاندل (لوکس) شدت روشنایی روی سطح روسازی به فوت‌ـ کاندل (لوکس) در نقطه‌ای با کمترین شدت روشنایی در سطح روسازی اطلاق می‌گردد. نسبت فوق به نسبت یکنواختی مرسوم می‌باشد. یک نسبت یکنواختی ۳:۱ به این معنی است که مقدار متوسط فوت کاندل (لوکس) سطح روسازی سه برابر مقدار فوت- کاندل (لوکس) در نقطهٔ دارای حداقل شدت روشنایی در سطح روسازی می‌باشد.

- **یکنواختی تراکم نور:** روش نقطه‌ای متوسط سطح به حداقل عبارت است از نسبت متوسط تراکم نور در منطقهٔ طراحی جاده بین دو منبع نوری متوالی، به کمترین مقدار تراکم نور در هر نقطه. روش نقطه‌ای حداکثر به حداقل از مقادیر حداکثر و حداقل تراکم نور دو منبع نورانی متوالی استفاده می‌نماید. یکنواختی تراکم نور (متوسط به حداقل و حداکثر به حداقل) شامل قسمتی از جاده که عبور وسایل صورت می‌پذیرد، می‌باشد و شامل راههای جدا شده [2] با طراحی‌های مختلف در هر دو سمت نمی‌گردد.

- **تراکم نور مخفی**[3]: به تراکم نوری که به واسطهٔ وجود یک شبکه از کنتراست آن کاسته می‌گردد گفته می‌شود. اثر نور مخفی یا مستور که توسط منابع درخشنده تولید می‌گردند موجب کاهش عملکرد دید و رویت می‌گردد.

1- Partial interchange lighting

2- Divided highways (راهی که در آن ترافیک مسیرهای مخالف به وسیله جزیره میانی از یکدیگر مجزا شده باشند)

3- Veiling luminance

۲- قابلیت دید و کیفیت روشنایی جاده

۲-۱- قابلیت دید[1]

هدف از روشنایی راهها، دستیابی به حدی از قابلیت دید می‌باشد که رانندگان و عابرین پیاده را قادر به رویت سریع، مشخص و قابل تفکیک کلیهٔ جزییات مهم شیء مورد نظر، هم‌ترازی جاده (جهت و محیط اطراف آن) و هرگونه مانعی که ممکن است در جاده حضور پیدا کند، می‌نماید. تقریباً کلیه جنبه‌های ایمنی ترافیک با میدان دید رابطه دارند. عواملی که مستقیماً بر قابلیت دید اثر می‌گذارند، عبارتند از:

۱- درخشندگی یک شیء در/ یا کنار جاده
۲- درخشندگی کلی زمینهٔ جاده
۳- اندازه شیء و جزییات آن
۴- کنتراست بین یک شیء و محیط اطراف آن
۵- کنتراست بین روسازی و محیط اطراف آن از دید ناظر
۶- زمان موجود برای رویت شیء توسط ناظر
۷- تابش خیره کننده (ناتوانی دید در اثر درخشندگی[2]: کاهش توانایی در رویت یا کشف یک شیء- *تابش ناراحت کننده[3]: ناراحتی بصری که اثری در درک سریع دید یا توانایی تشخیص یک شیء ندارد)*
۸- بینایی راننده
۹- وضعیت شیشه جلوی اتومبیل

دید خوب در جاده‌ها به هنگام شب نتیجهٔ وجود روشنایی (ثابت و یا توسط وسیله نقلیه) می‌باشد که تراکم نور کافی و دقیق در سطح روسازی را با یکنواختی خوب ایجاد نموده و شدت روشنایی مناسب در مناطق همجوار را ضمن این که به طور قابل قبولی از اثر خیره‌کنندگی به دور می‌باشد، ایجاد می‌نماید.

۲-۲- کیفیت

کیفیت روشنایی به توانایی نسبی نور موجود در ایجاد اختلاف کنتراست در دید بستگی دارد، به گونه‌ای که قابلیت تشخیص تابلوهای راهنمایی در رویت اشیا فراهم گردد. عوامل مشخصی وجود دارند که در تولید یک سیستم روشنایی با کیفیت دخیل هستند، هر چند که عوامل وابسته‌ای نیز وجود دارند که جهت دستیابی به حداکثر کیفیت، باید از تعادل بین این عوامل اطمینان حاصل نمود. با کاهش ناتوانی دید در اثر درخشندگی (تابش خیره‌کننده)، می‌توان دید را بهبود بخشید و با کاهش درخشندگی ناراحت کننده می‌توان عملکرد دید راننده را بهتر نمود. تابش خیره‌کننده انعکاسی، موجب کاهش اختلاف کنتراست گردیده و بایستی در جهت کاهش آن اقدام نمود.

1- Visibility
2- Disability glare
3- Discomfort glare

با ایجاد تغییر در تراکم و یا درخشندگی نور روسازی می‌توان به تغییرات در کنتراست و یکنواختی تراکم نور روسازی، نواحی زمینه و کیفیت آن دست یافت. تغییرات ایجاد شده در بعضی از این نواحی، ممکن است که در روند ایجاد اثرات مخالف بر روی بقیه عوامل نقش ایفا نمایند. جهت دستیابی به تعادل صحیح عوامل فوق، بایستی در تنظیم نورافکن، ارتفاع نصب، یکنواختی و موقعیت نورافکن‌ها احتیاط و دقت لازم صورت گیرد.

۳- آزادراهها[1]

۳-۱- کلیات

توافق عمومی مبنی بر آن است که بخش‌هایی از آزادراهها بایستی با منبع روشنایی ثابت روشن گردند. این مبحث، نتایج موجود برای انتخاب آن بخش‌هایی از آزادراههایی را که بایستی با روشنایی ثابت نورپردازی گردند، به طور خلاصه بیان می‌نماید. اطلاعات فنی مربوط به طراحی این‌گونه سیستم‌ها در مقالات منتشر شده قابل دستیابی است.

سود سرمایه‌گذاری از محل اعتبارات عمومی که صرف تأمین روشنایی آزادراهها می‌گردد، مزایایی را برای عموم مردم به دنبال خواهد داشت. روشنایی مطلوب جهت رانندگان موجب افزایش دید بهتر و تشخیص وسایل نقلیه در فاصله مناسب می‌گردد. مشکلات کمتر به هنگام رانندگی در شب و به هنگام بارندگی‌های شدید و سنگین از دیگر مزایای آن می‌باشد. همچنین، روشنایی مطلوب موجب استفاده بهتر از بزرگراهها به هنگام رانندگی در شب، کاهش تصادفات و احتمالاً بهبود ظرفیت جاده‌ها می‌گردد. در مقایسه آمار تصادفات در شب برای بزرگراههای با روشنایی ثابت نسبت به بزرگراههای بدون روشنایی، نتایج مطلوبی به دست آمده است.

مسلماً مزایای حاصل از منابع نوری ثابت متناسب با حجم ترافیک هستند. تعداد خودروهای از کار افتاده و توقف‌های اضطراری نیز با حجم ترافیک متناسب است. روشنایی به هنگام بروز تصادفات یا در جاهایی که وسایل نقلیه ناگزیر به توقف اجباری و ناخواسته می‌شوند، مزیت ویژه‌ای می‌یابد.

وجود یک تقاطع غیرهم‌سطح برون‌شهری در یک تقاطع فاقد سیستم روشنایی شرایطی را ایجاد می‌کند که بایستی قبل از اقدامات لازم در خصوص روشنایی، توجه ویژه‌ای به آن نمود. طبیعتاً در اینجا فضای کافی برای نصب کامل و مناسب تابلوی راهنمایی وجود دارد. در جایی که نوع تقاطع غیرهم‌سطح و جزییات آن مشابه اغلب تقاطع‌های در آزادراهها می‌باشند، یک سیستم کامل انعکاسی نیز گنجانده می‌شود و نواحی انشعاب از جاده و یا ادغام مجدد را می‌توان بدون وجود روشنایی نیز تشخیص داد. البته نصب چند واحد روشنایی در نقطهٔ حرکت یا توقف آنها و یا در پایانهٔ رمپ‌ها می‌تواند به سهولت عملکرد راننده با ایجاد نواحی مانور کمک نماید. به طور خلاصه، بسیاری از تقاطع‌های غیرهم‌سطح برون‌شهری، با حجم ترافیکی سبک به میزان کافی در شب قابل تشخیص هستند و نیازی به روشنایی راه ندارند. معذالک، تحت شرایطی روشنایی نسبی تقاطع غیرهم‌سطح مناسب است و در برخی موارد هم‌چنان روشنایی کامل تقاطع غیرهم‌سطح ترجیح داده می‌شود.

در حال حاضر، هیچ گونه توافق همگانی دربارهٔ مزایای استفاده از سیستم روشنایی نسبی وجود ندارد و ادارات راه بایستی با دقت قبل از نصب روشنایی نسبی کلیهٔ عوامل را مورد بررسی قرار دهند (رجوع به NCHRP، گزارش شماره ۲۵۶ – مرجع ۲۳).

1- Freeways

۳-۲- الزامات

شرایط الزامی در این بخش بر پایه ایجاد سیستم روشنایی برای آزادراهها بنا شده است. این الزامات، حداقل شرایط لازم را زمانی که یک سازمان در صدد ایجاد سیستم های روشنایی برای یک پروژه جدید یا موجود است، تعیین می‌نماید. تقبل شرایط فوق، اداره راه را ملزم به تأمین روشنایی نمی‌کند. حوزه‌های استحفاظی راه ممکن است ارزش‌ها و شرایط بیشتر و محدودکننده‌تری را برای کاربردهای محلی اتخاذ کنند.

تصمیم‌گیری برای تأمین روشنایی به محض ایجاد و شرایط الزام، بر عهده اداره راه خواهد بود. اداره راه در تعیین زمان و مکان ایجاد سیستم روشنایی، سیاستی را اتخاذ می‌نماید که شامل همه الزامات و بر پایه عواملی چون وجود سرمایه، اطلاعات ترافیک و تصادفات، درجه‌بندی ایمنی راه و غیره خواهد بود.

تعهدات فوق‌الذکر تنها معیارهای لازم برای توجیه سیستم روشنایی محسوب نمی‌شوند و صرفاً ابزاری قابل فهم جهت کمک به دست‌اندرکاران و طراحان در بررسی روشنایی آزادراهها هستند. شرایط خاص محلی نظیر وجود متناوب مه، یخ، برف، هندسهٔ راه، نور محیط، فاصله دید، تابلوهای راهنمایی و غیره توجیه کننده اصلاح شرایط تعهد در جهت مثبت و یا منفی خواهد بود. تعهدات جداگانه‌ای برای روشنایی پیوسته آزادراهها و روشنایی کامل و نسبی تقاطع‌های غیرهم‌سطح برای پروژه‌های آزادراهی وجود دارند.

۳-۲-۱- روشنایی پیوسته آزادراهها (CFL)[1]

- **مورد CFL-1**: تأمین روشنایی پیوسته آزادراهها در مجاورت شهرهایی که میانگین ترافیک روزانه در آنها ۳۰،۰۰۰ وسیله نقلیه یا بیشتر است.

- **مورد CFL-2**: تأمین روشنایی پیوسته آزادراهها در بخش هایی که تعداد سه یا چند تقاطع غیرهم‌سطح در فاصلهٔ متوسط ۱/۵ مایل یا کمتر از یکدیگر قرار دارند، نواحی مجاور خارج از حریم کلاً ناحیه شهری محسوب می‌گردند.

- **مورد CFL-3**: تأمین روشنایی پیوسته آزادراهها در جایی که طول آزادراه عبوری از یک منطقهٔ حومهٔ شهری توسعه یافته و یا منطقهٔ شهری ۲ مایل یا بیشتر باشد و یک یا چند مورد از شرایط زیر موجود باشند:

الف- هنگامی که ترافیک محلی در یک شبکه کامل خیابانی که دارای سیستم روشنایی است و بخشی از آن از آزادراه قابل رویت است، در جریان باشد.

ب- هنگامی که آزادراه از نواحی توسعه‌یافته مانند مناطق مسکونی، تجاری، صنعتی و یا شهری، کالج‌ها، پارک‌ها، پایانه‌ها و غیره عبور می‌نماید و این مناطق شامل جاده، خیابان، توقفگاه، محوطه انبار و غیره می‌باشند که به سیستم روشنایی مجهز هستند.

1- Continuous freeway lighting

پ- تقاطع های مجزا، با و یا بدون رمپ‌های ارتباطی که با فاصلهٔ متوسط ۰/۵ مایل یا کمتر از هم قرار داشته و تعدادی از آنها به عنوان بخشی از سیستم روشنایی محلی خیابان، روشن شده باشند.

ت- عناصر تقاطع آزادراه ها مانند جزایر میانی و حاشیه مسیرها که به طور قابل توجهی در مقایسه با مناطق دیگر حومه (کم تراکم) دارای عرض کمتر و یا پایین‌تر از حد مطلوب می‌باشند.

۳-۲-۲- روشنایی کامل تقاطع‌های غیرهم‌سطح CIL[1]

- **مورد CIL-1** : روشنایی کامل تقاطع‌ها در جایی که میانگین ترافیک روزانه ورودی و خروجی در آزادراه و در تقاطع‌های فوق‌الذکر از ۱۰۰۰۰ برای مناطق شهری، ۸۰۰۰ برای حومه شهری و یا ۵۰۰۰ برای مناطق برون‌شهری تجاوز کند، الزامی است.
- **مورد CIL-2** : روشنایی کامل تقاطع‌ها در جایی که میانگین ترافیک روزانه جاری در تقاطع‌ها از ۱۰۰۰۰ برای محدوده شهری، ۸۰۰۰ برای حومه شهری و یا ۵۰۰۰ برای مناطق برون‌شهری تجاوز کند، الزامی است.

- **مورد CIL-3** : روشنایی کامل تقاطع‌ها در آزادراههای بدون روشنایی در مکان‌هایی که مراکز تجاری یا صنعتی موجود در طول ساعات تاریکی مجهز به سیستم روشنایی هستند و در حاشیه تقاطع‌ها یا محلی که جاده‌های منتهی به تقاطع‌ها به فاصلهٔ ۰/۵ مایل یا بیشتر از هر طرف تقاطع مجهز به روشنایی باشند، الزامی است.

- **مورد CIL-4** : در نقاطی که نسبت نرخ تصادفات شب به روز در محل تقاطع حداقل ۱/۵ بوده و یا بالاتر از متوسط نواحی مشابه در ایالات متحده (بدون روشنایی) باشد. مطالعات نشان می‌دهد که روشنایی تأثیر به سزایی در کاهش چشمگیر تصادفات در شب دارد.

۳-۲-۳- روشنایی نسبی تقاطع‌های غیرهم‌سطح PIL[2]

- **مورد PIL-1** : در نقاطی که کل میانگین ترافیک روزانه ورودی و خروجی خودروها در آزادراه و در محل تقاطع فوق بیش از ۵۰۰۰ برای مناطق شهری، ۳۰۰۰ برای حومه و برون شهری و یا ۱۰۰۰ برای مناطق برون‌شهری باشد.
- **مورد PIL-2** : نقاطی که میانگین ترافیک روزانه موجود آزاد راه در خطوط عبوری بیش از ۲۵۰۰۰ برای مناطق شهری، ۲۰۰۰۰ برای مناطق حومه شهری و ۱۰۰۰۰ برای مناطق برون‌شهری باشد.

1- Continuous Interchange Lighting
2- Partial Interchange Lighting

- **مورد PIL-3** : در نقاطی که نسبت نرخ تصادفات شب به روز در محل تقاطع حداقل ۱/۲۵ بوده و یا بیشتر از متوسط مناطق مشابه در کل ایالات متحده (بدون روشنایی) باشد. مطالعات بیانگر کاهش محسوس تصادف در نرخ تصادفات شبانه به واسطه نصب روشنایی است.

۳-۲-۴- ملاحظات ویژه

روشنایی پیوسته کامل یا نسبی در مواردی قابل توجیه است که ادارات و سازمان‌های دولتی محلی، برای سرمایه‌گذاری در امر نصب، نگهداری و بهره‌برداری از تسهیلات روشنایی مزایایی را در جهت آسایش، رفاه، امنیت، تحولات اجتماعی و توسعه روابط عمومی در سطح جامعه بیابند. در شرایطی که آزادراهها نیاز به روشنایی پیوسته دارند، روشنایی تقاطع‌های غیرهم‌سطح بایستی کامل باشد و هنگامی که روشنایی آزادراهها به صورت پیوسته الزامی است، اما از ابتدا نصب نشده است، روشنایی نسبی تقاطع‌های غیرهم‌سطح تحت تعهدات CFL-1 و CFL-2 بر پایهٔ روشنایی پیوسته آزادراهها قابل توجیه می‌باشد. این موضوع موانعی را در جهت رفع نیازمندی‌های روشنایی نسبی تقاطع‌ها که در PIL-1 و PIL-2 آورده شده است، ایجاد می‌کند. هنگامی که روشنایی کامل تقاطع‌ها ضروری بوده، ولی هنوز به طور کامل نصب نشده باشد، استفاده از یک سیستم روشنایی نسبی که تعداد واحدهای روشنایی آن بیش از یک سیستم طبیعی روشنایی نسبی باشد، قابل توجیه خواهد بود.

تأمین روشنایی در پایانه‌های رمپ صرف‌نظر از حجم ترافیک، در جایی که نیاز به طراحی سیستم کانال‌کشی با تراز بالاتر یا جزایر مجزا کننده[1] باشد و یا جایی که بینایی و دید ضعیف است، الزامی است. در صورت ضرورت، گزارش شماره ۱۵۲ برنامهٔ تحقیقات ملی مشترک راهها، به نام "تعهدات روشنایی در جاده‌ها" (مرجع ۲) می‌تواند جهت تعیین اولویت پروژه‌های روشنایی، مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۳- مقادیر طراحی

۳-۳-۱- کلیات

اطلاعات این بخش جهت طراحی سیستم روشنایی سنتی آورده شده و یک قسمت جداگانه جهت روشنایی با استفاده از دکل‌های بلند[2] نیز در این کتابچه راهنما ارایه شده است. از بحث قبلی در مورد تعهدات لازم جهت فراهم نمودن روشنایی لازم، به هنگام نتیجه‌گیری بایستی دریافت که منابع نوری ثابت در چه مکان و زمانی باید/ نباید نصب شوند. در جایی که سیستم روشنایی بایستی تأمین گردد، روشنایی آزادراهها و تقاطع‌های غیرهم‌سطح بایستی با توجه به نیازهای زیر تکمیل و طراحی گردند.

1- Divisional islands
2- High Mast Tower Lighting

۳-۳-۲- ملاحظات طراحی

نحوه انتخاب منبع نور، توزیع تراکم نور، ارتفاع نصب و نحوهٔ آویزان بودن نورافکن یک تصمیم مهندسی است که بر پایهٔ عوامل مانند خصوصیات و هندسهٔ جاده، محیط زیست، تعمیر و نگهداری، عوامل اقتصادی، جنبه‌های زیبایی شناسی و اهداف کل روشنایی صورت می‌گیرد. ضریب تجهیزات (EF) بایستی در طراحی دخالت داده شود. تغییرات و اختلافات موجود در تولیدات منابع نوری تجاری موجود در مقایسه با مدل‌های آزمایشگاهی فتومتریک، معمولاً موجب کاهش در عملکرد فتومتریک می‌شوند.

استفاده از لامپ‌ها و بالاست‌های[1] واقع در مرکز نورافکن‌ها و تنظیم دقیق ولتاژ که برای کسب عملکردهای مکرر آزمایشگاهی ضرورت دارد، از لحاظ اقتصادی برای نصب روشنایی مقرون‌به‌صرفه نمی‌باشد. متغیرهای دیگری مانند موقعیت رشته گداخته لامپ، عنصر منعکس کننده نور در محفظه نورافکن و مقاومت عدسی نورشکن موجب کاهش عملکرد نمونه‌های عملی نسبت به داده‌های آزمایشگاهی می‌گردند. از آنجایی که تعیین مقادیر کاهش عملکرد فوق به صورت عملی مشکل می‌باشد. در غیاب داده‌های واقعی، معمولاً رسم بر این است که این اتلاف را با ضریب تجهیزات ۱۰-۵ درصد می‌سنجند (EF=۰/۹۰-۰/۹۵).

۳-۳-۳- روش شدت روشنایی- سطح و یکنواختی شدت روشنایی

سیستم روشنایی مداوم و کامل در آزادراهها و تقاطع‌های غیرهم‌سطح، بایستی قابلیت فراهم نمودن شدت روشنایی متوسط در محدودهٔ ۰/۸-۰/۶ فوت کاندلا (۶ تا ۹ لوکس) در طول آزادراهها را داشته و رمپ‌ها نیز بایستی مانند جادهٔ اصلی روشن گردند. در زمانی که نورافکن دارای کمترین توان نوری مؤثر به واسطه وجود آلودگی و یا عوامل دیگر است، کمترین شدت روشنایی افقی در هر نقطه از سطح جاده بایستی حداقل ۰/۲ فوت کاندلا (۲ لوکس) باشد. نسبت یکنواختی شدت روشنایی متوسط به شدت روشنایی حداقل در هر نقطه ۳:۱ و ۴:۱ معقول فرض می‌گردد. در بعضی از موارد می توان به توزیع نور یکنواخت بیشتری به طور اقتصادی دست یافت، به ویژه هنگامی که قابلیت استفاده از تجهیزات روشنایی در ارتفاع بیشتر وجود داشته باشد، در این شرایط ارجحیت در طراحی با یکنواختی بیشتر است. در بعضی موارد شدت روشنایی بالاتر نیز قابل توجیه می‌باشد.

معمولاً درخشندگی بالای محیط نزدیک جاده‌ها در جایی که از دوربین‌های مدار بسته جهت حفاظت و کنترل مناطق استفاده می شود، ممکن است به سطح بالاتری از شدت روشنایی نیاز داشته باشند. هنگامی که سازه‌های هوایی، ایمنی و حریم مجاز با اشیاء، در نصب تیرهای روشنایی محدودیت ایجاد می کنند، شرایط فیزیکی راهها ممکن است باعث تغییر فواصل تعیین شده از روش شدت روشنایی فوق‌الذکر گردد و لذا مقادیر شدت روشنایی و تراکم نور بالاتر، قابل توجیه خواهد بود، بنابراین توصیه می گردد به جای افزایش یکنواختی توزیع شدت روشنایی و تراکم نور در طول جاده، در شبه‌جزیره‌ها و تقاطع‌ها از سطوح بالاتری از تراکم نور و شدت روشنایی بهره جست.

1- Ballast

۳-۳-۴- روش تراکم نور- سطح، خیره‌کنندگی و یکنواختی تراکم نور

سطح طراحی متوسط تراکم نور مورد نظر (L_{avg}) بایستی در محدودهٔ ۰/۱۷-۰/۱۲ فوت- لامبرت (۰/۶-۰/۴ کاندلا بر سطح مربع) باشد. نسبت سطح متوسط (L_{avg}) به حداقل تراکم نور (L_{min}) نبایستی از ۱-۰/۶ تجاوز نماید. نسبت تراکم نور مخفی یا مستور ($L_{v(max)}$) به متوسط تراکم نور روسازی (L_{avg}) نبایستی از محدودهٔ ۱-۰/۳ تجاوز نماید و یا این که:

$$\frac{L_{avg}}{L_{min}} \le 3.5 \qquad \frac{L_{max}}{L_{min}} \le 6 \qquad \frac{L_{v(max)}}{L_{avg}} \le 0.3$$

طراحی بر اساس متوسط تراکم نور (L_{avg}) بیانگر شرایطی است که منبع نوری در انتهای عمر اسمی خود بوده و توان نوری خروجی نورافکن بر اثر مشخصه ضریب آلودگی منطقه، تنزل یافته است. مقادیر متوسط، حداکثر و حداقل می‌توانند برحسب فوت لامبرت و یا کاندلا در مترمربع تعریف شوند. از آنجایی که حداکثر خیره‌کنندگی تراکم نور ($L_{v(max)}$) معمولاً بر پایهٔ شرایط اولیهٔ تراکم نور پایه‌گذاری می‌گردد، مقدار متوسط تراکم نور ($L_{(avg)}$) نیز بایستی بر پایهٔ مقدار اولیه در نظر گرفته شود. به هنگام استفاده از روش تراکم نور، طراح بایستی تغییرات انعکاس سطح جاده‌ها را که ناشی از استهلاک آن و تأثیر شرایط آب‌وهوایی می‌باشد، لحاظ نماید. میزان انعکاس بتن با گذشت زمان کاهش می‌یابد، در صورتی که سطح آسفالت پس از فرسایش دارای انعکاس بهتری می‌گردد. به علاوه، سطح شیب جاده که در ابتدا به وسیله بتن پوشانده شده است ممکن است در سال‌های آتی با آسفالت پوشیده شود.

۳-۳-۵- سطوح روشنایی در تقاطع‌ها

سطوح روشنایی در تقاطع‌ها نباید در ناحیه تقاطع‌های غیرهم‌سطح کاهش یابد. چنانچه تراکم نور یا شدت روشنایی در تقاطع کافی نباشد، بایستی نسبت به بهبود امکانات و ارتقای سیستم روشنایی اقدام نمود.

۳-۳-۶- روشنایی نسبی تقاطع‌های غیرهم‌سطح

هنگامی که روشنایی نسبی تقاطع‌های غیرهم‌سطح تأمین می‌گردد، نورافکن‌ها بایستی در مکان‌هایی قرار داده شوند تا بهترین نوردهی را در طول خطوط عبوری و خطوط تغییر سرعت در نقاط انشعاب و پیوستن به جاده، داشته باشند. کنترل طراحی سطح کلی روشنایی و یکنواختی آن بایستی مطیع روشنایی کلی جاده در مناطق فوق باشد. نمودار ۳ مثال‌هایی از روشنایی نسبی تقاطع‌های غیرهم‌سطح را که توسط برخی از ادارات با نمایش‌های جداگانه برای شرایط مختلف رمپ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، نشان می‌دهد. برخی از ادارات تعداد بیشتر یا کمتری از واحدهای روشنایی نشان داده شده در نمودار ۳ را متناسب با نیازهایشان می‌دانند. به هنگام نصب دکل‌های روشنایی در نواحی شبه‌جزیره [1] بایستی احتیاط لازم صورت گیرد.

1- Gore areas (محوطه بین مسیر اصلی و جاده انشعابی)

۳-۳-۷- روشنایی تطبیقی (انتقالی)[1]

تغییرات سریع و شدید در سطوح تراکم نور و شدت روشنایی که به خصوص هنگام خروج از جاده‌ای که به سیستم روشنایی پیوسته مجهز می‌باشد رخ می‌دهد را می‌توان به کمک روش روشنایی تطبیقی و یا تکنیک‌های تطبیقی دیگر جبران نمود. طراح بایستی موضوع فوق را لمس نموده و روش‌های مختلفی را جهت جلوگیری از افت شدید در سطوح روشنایی، مدنظر قرار دهد و تلاش نماید تا میزان خیرگی در انتهای این مقاطع را کاهش دهد و بدین ترتیب راننده فقط روشنایی چراغ های جلوی وسیله نقلیه را در نظر بگیرد. به طور کلی طراح می‌تواند آرایش هندسی نورافکن ها را به منظور جلوگیری از خیرگی و کاهش سطوح نور در خروجی مناطق کاملاً روشن شده، تغییر داده و اصلاح نماید.

۳-۳-۸- پل‌ها و روگذرها[2]

در آزادراهها و تقاطع‌های غیرهم سطح که دارای روشنایی پیوسته هستند، میزان تأمین روشنایی پل‌ها و روگذرها بایستی مساوی با روشنایی جاده در نظر گرفته شود. در برخی از ادارات مرسوم است در نقاطی که احتمال خطر در مجاورت با حفاظ‌هایی که در پل‌ها به کار می روند، وجود داشته باشد، عرض جاده را در جهت دیوارهای حفاظ، جدول یا دیوارهای حاشیه پل[3]، قابل تعریض فرض می‌نمایند.

تأمین منابع نوری ثابت در پل‌ها در مناطق شهری و حومه مطلوب به نظر می‌رسد، حتی اگر مجهز به سیستم روشنایی نباشند. در صورت بروز تصادف مخصوصاً در پل‌هایی که بدون شانه کامل می‌باشند، وجود روشنایی، ایمنی و کارآیی پل‌ها را افزایش می‌دهد. در نقاطی که پل‌ها مجهز به محل مخصوص عبور عابر پیاده هستند، وجود سیستم روشنایی جهت ایمنی عابرین جزء تعهدات به شمار می‌رود. تیرهای روشنایی روی پل بایستی توسط نرده‌ها یا دیوارهای حاشیه پل مورد محافظت قرار گیرند. تیرهای واقع شده در محل انحنای پل‌های با ارتفاع زیاد ممکن است در اثر برخورد با کامیون‌های عبوری در مسیر، آسیب ببینند.

۳-۳-۹- محل نصب تیرهای روشنایی

شرایط و خصوصیات فیزیکی جاده می‌تواند در تعیین محل نصب تیرهای روشنایی محدودیت ایجاد کند. بنابراین طراح بایستی محدودیت‌هایی را در طراحی در نظر بگیرد. سازه‌های تابلوهای راهنمایی، روگذرها، نرده‌های حفاظ، انحنای جاده، فاصلهٔ مجاز شبه‌جزیره‌ها و محدودیت‌های تجهیزات روشنایی عواملی هستند که بایستی در هنگام طراحی در نظر گرفته شوند. به هنگام بررسی محدودیت‌های فیزیکی در طراحی، طراح بایستی کلیهٔ عواملی که در تصمیم‌گیری دخالت دارند، مانند ایمنی، جنبه‌های زیبایی شناسی، اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی را ارزیابی نماید. ملاحظات ایمنی جهت تعیین محل تیرهای روشنایی به شرح زیر می‌باشند:

1- Adaptation (Transition) Lighting
2- Bridges and Overpasses
3- Parapet

۱- بهتر است تیرهای روشنایی در خارج از حریم حاشیه راه و در هر نقطه که امکان‌پذیر باشد، قرار گیرند. برای تعاریف محدوده‌های مجاز به راهنمای (AASHTO) برای انتخاب، تعیین محل و طراحی حفاظ‌های ترافیکی مراجعه نمایید.

۲- در هنگام تعیین محل تیرهای روشنایی بایستی به خطرات احتمالی نصب و تعمیر تجهیزات روشنایی توجه نمود.

۳- تیرهای روشنایی بایستی طوری نصب شوند که فاصله ایمن و کافی در مناطق خروجی شبه‌جزیره‌ها و رمپ‌های ورودی و خروجی ایجاد نمایند.

۴- تیرهای روشنایی بایستی طوری قرار گیرند که موجب تداخل در دید راننده جهت رویت نوشته‌های تابلوهای راهنمایی نشوند و درخشندگی منبع نور نباید موجب کاهش خوانایی تابلوهای فوق در شب گردد.

۵- تیرهای روشنایی نباید در مکان‌هایی که تابلوهای راهنمایی در بالاسر مسیر نصب شده و سایه‌های مزاحم در سطح جاده ایجاد نموده‌اند، قرار گیرند.

۶- تیرهای واقع شده در انحنای داخلی جاده‌های با تراز بالا بایستی جهت خودداری از امکان برخورد با کامیون‌ها، در فاصله مجاز نصب گردند.

۷- تیرهای روشنایی به هیچ وجه نباید در سمت عبور ترافیکی نرده‌های محافظ یا هرگونه مانع طبیعی و یا ساختگی قرار گیرند.

۸- هنگامی که تیرهای روشنایی در مناطق باز و بی‌حفاظ قرار می‌گیرند، بایستی طوری طراحی گردند که قابلیت شکست پذیری یا انعطاف‌پذیری[1] مناسبی داشته باشند. این خصیصهٔ ایمنی می‌تواند به هر یک از اشکال متعددی که توسط ادارات راه با نتایج مطلوب مورد استفاده قرار گرفته است، انتخاب شود. دکل‌های ساخته شده از فلز سبک از لحاظ کاهش صدمه و آسیب ثانویه به اتومبیلی که با تیر روشنایی برخورد نموده است، مزیت دارد، مخصوصاً هنگامی که سرعت تصادم نسبتاً کم بوده و تیر روشنایی در حال سقوط، باعث ایجاد ضربهٔ ثانویه به وسیلهٔ نقلیه می‌گردد. این جنبه‌های ایمنی بایستی با کلیهٔ شرایط و ضوابط AASHTO برای پایه‌های نگهدارنده مطابقت داشته باشند.

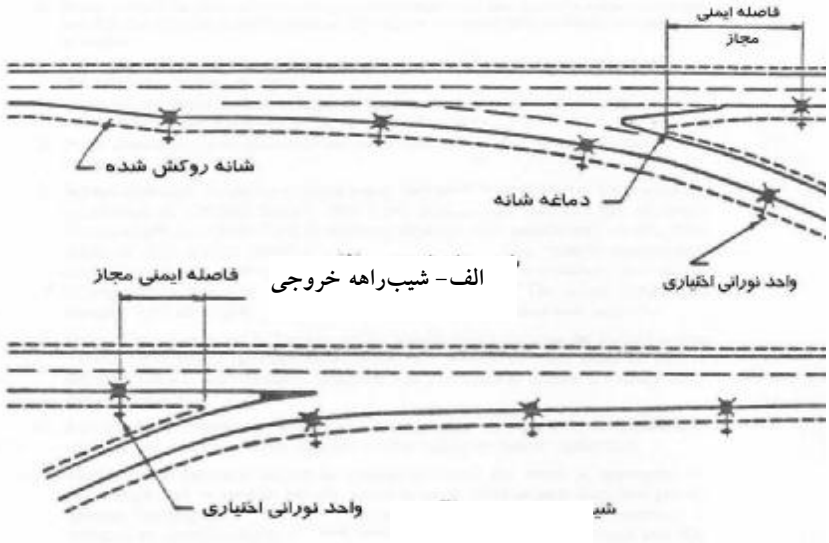
۹- تیرهایی که در مسیر ترافیک آزادراهها قرار دارند، هر جا که ممکن است بایستی در فاصلهٔ حداقل ۱۵ فوت (۴/۶ متر) و به طور مطلوب در فاصلهٔ ۲۰ فوت (۶/۱ متری) یا بیشتر از لبهٔ راه عبوری قرار گیرند و چنانچه در داخل محدودهٔ مجاز نصب می‌گردند، بایستی دارای خاصیت شکست پذیری ایمنی باشند.

۱۰- تیرهای واقع شده در پشت حفاظ‌ها و ریل‌های انعطاف‌پذیر بایستی فاصلهٔ مجاز و مناسب را در صورت ایجاد خمیدگی در حفاظ‌ها، رعایت کنند.

۱۱- هنگامی که عرض جاده به حدی وسیع باشد که در جزیره میانی آن بتوان تیرهای روشنایی نصب نمود، از سیستم‌های روشنایی در میانه جاده استفاده می‌گردد. تعیین محل تیرهای میانی، مزایای اقتصادی و

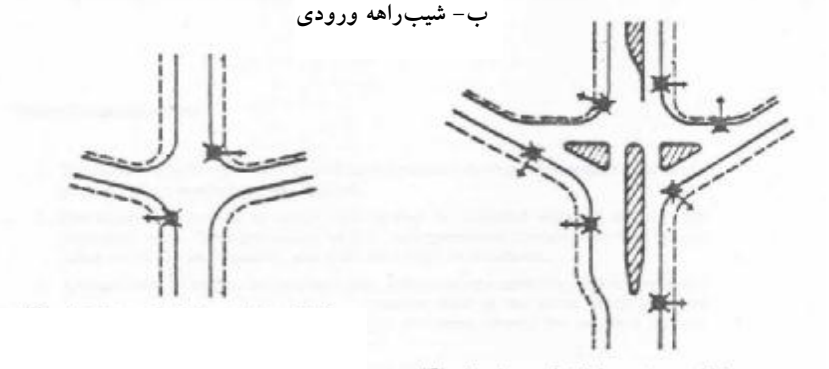
1- Breakaway or yielding feature

روشنایی متعددی دارند، تعداد تیرهای لازم تقریباً به نصف کاهش یافته، مقدار کابل مورد نیاز کاهش پیدا می‌کند، نور و روشنایی خانگی تقویت شده و بیشتر تأمین می‌شود و بینایی و میدان دید در خطوط پرسرعت بهبود می‌یابد.



الف- شیب‌راهه خروجی

ب- شیب‌راهه ورودی



پ- تقاطع پیچیده، پایانه شیب‌راهه (پایانه رابط)

ت- تقاطع ساده، پایانه شیب‌راهه (پایانه رابط)

نمودار ۳- محل نصب نورافکن‌های معمولی جهت روشنایی نسبی تقاطع‌های غیرهم‌سطح

۳-۳-۱۰- سایر نکات

۱- سیستم روشنایی نصب شده بایستی ظاهر مطلوب و زیبایی را در طول روشنایی روز داشته باشد. در طراحی، جنبه‌های زیبایی‌شناسی نیز بایستی مد نظر قرار گیرد.

۲- تمهیدات لازم جهت تأمین سیستم روشنایی حال یا آینده را می‌توان در خلال فعالیت‌های ساخت جاده و سازه، پیش‌بینی و اجرا نمود . این تمهیدات می‌تواند شامل کانال (لوله)های زیر روسازی، جعبه‌های اتصال[1] و لوله‌های محصور شده در بتن و نحوهٔ مهار تیرهای روشنایی در سازه‌ها باشد.

۳- هزینه‌های سالانه انرژی و تعمیرات، امکانات تعمیر و نگهداری و مسؤولیت آن بایستی به عنوان بخشی از سیستم در طراحی لحاظ گردد. همهٔ این موارد باید با توجه به درجهٔ اهمیت آن در هر طراحی خاص، دیده شوند.

۴- نصب گروهی از تیرهای روشنایی با نورافکن‌های مجهز به بازتابنده در سطح دید راننده برای نواحی شبه‌جزیره، ممکن است موجب تشخیص سریع‌تر اجسام و موانع برای رانندگان شود.

1- Junction boxes

۴- خیابان‌ها و بزرگراهها به جز آزادراهها، پیاده‌روها و مسیرهای عبور دوچرخه

۴-۱- کلیات

قابلیت دید و رویت اشیاء نقش مهمی در ایمنی رانندگی، روان‌سازی ترافیک و استفاده بهینه از خیابان‌ها و جاده‌ها دارد. استفاده از سیستم‌های ثابت روشنایی در جاده‌ها، اثرات خود را در افزایش دید در شب و همچنین بهبود ایمنی، در عمل نشان داده است. اولین کارکرد سیستم روشنایی ایجاد یک دید سریع، آسان و دقیق هنگام تاریکی می‌باشد. شواهد محکمی برای تقویت کارکرد سیستم‌های روشنایی در مناطق شهری در جاده‌ها و بزرگراهها وجود دارد. حجم ترافیک (هم وسایل نقلیه و هم عابرین پیاده)، تقاطع‌های هم‌سطح، حرکات پیچ‌دار، چراغ‌های راهنمایی و عوامل هندسی متغیر، عناصری هستند که وجود سیستم روشنایی این خیابان‌ها و بزرگراهها را توجیه می‌کنند. نیاز به وجود سیستم روشنایی در خیابان‌ها و بزرگراههایی که مرتباً در معرض شرایط نامساعد جوی می‌باشند، غیر قابل انکار است. روشنایی علاوه بر مزایای ایمنی در رانندگی و پیاده‌روی عموم مردم، بازدارنده جرم و خرابکاری محسوب گردیده و کمک ارزشمندی به ادارات پلیس و مجریان قانون می‌کند. بسته به شرایط فوق، صرف هزینه‌های لازم برای روشنایی جهت ایجاد سهولت در جاده‌ها یک "ضرورت" تلقی می‌شود.

۴-۲- الزامات

ایجاد تعهدات خاص جهت تأمین سیستم روشنایی جاده‌ها به منظور ارضای شرایط قابل پیش‌بینی و یا شرایط غالب، عملی نمی‌باشد. به طور کلی، سیستم روشنایی در مکان‌هایی که ادارات دولتی مربوطه در مورد افزایش کارآیی و ایمنی و سهولت تردد وسایل نقلیه و عابرین پیاده، با هم متفق‌القول هستند، در نظر گرفته می‌شود.

تأمین سیستم روشنایی برای کلیهٔ شریان‌های اصلی در مناطق شهری و برای مکان‌ها یا مقاطعی از خیابان‌ها و بزرگراهها که در آن نسبت نرخ تصادف شب به روز در مقایسه با مکان‌های مشابه، بالاتر می‌باشد و در جایی که مطالعه نشان می‌دهد که تأمین روشنایی موجب کاهش چشمگیر تصادف می‌گردد، در نظر گرفته می‌شود. هنگامی که در شرایط معین و موجود چنین تصمیمی بر پایهٔ تجربه و آمارهای تصادف اتخاذ می‌گردد، بایستی این تصمیم در طراحی سیستم روشنایی برای بزرگراههای مشابه دیگر نیز اعمال گردد. این اقدام بایستی شامل طراحی هندسی مشابه در مواردی که تجربه یا آمارهای تصادف موجود نمی‌باشد، گردیده و همچنین در بخش‌هایی از بزرگراهها که افزایش ترافیک پیش‌بینی شده وسایل نقلیه یا عابرین پیاده (با رشد عادی و یا تغییرات ناگهانی) که در عرض چند سال می‌تواند مشکل‌ساز باشد، در نظر گرفته شود. نصب سیستم روشنایی بایستی در مکان‌هایی که شرایط سخت یا غیر عادی یا شرایط نامناسب جوی حاکم است، در نظر گرفته شود. در دیگر شرایط، تأمین سیستم روشنایی در جایی که ادارات دولتی محلی مزایایی در قالب تسهیلات و رفاه، ایمنی، حفاظت و توسعه اجتماعی می‌بینند، می‌تواند به صورت درصد قابل ملاحظه‌ای از هزینه لازم جهت نصب، نگهداری و راهبری سیستم روشنایی در محل هزینه‌های جاری، منظور گردد.

همچنین مشاهده شده است که استفاده از سیستم روشنایی موجب بهبود ایمنی در مکان‌های پر خطر در راههای قدیمی و یا سنتی برون‌شهری می‌شود. به عنوان مثال، مطالعات انجام شده در یک ایالت نشان داده است که نصب

سیستم روشنایی در تقاطع‌های برون‌شهری فاقد سیستم روشنایی، موجب کاهش نرخ تصادفات در شب به اندازه یک سوم متوسط تصادفات در روز می‌گردد. وجود روشنایی در نقاط موضعی در نواحی برون‌شهری، هنگامی که راننده ملزم به عبور از یک مقطع از جاده با هندسه پیچیده و یا کانال‌گذاری شده با تراز بالا است، آشکار می‌باشد. روش طراحی روشنایی بایستی با نوع طراحی روشنایی برای پایانهٔ رمپ‌ها (پایانه رابط) شبیه باشد.

۴-۳- مقادیر طراحی برای مکان‌های غیر از آزادراهها

۴-۳-۱- سطوح طراحی روشنایی

مقادیر طراحی روشنایی پیشنهادی در جداول ۲ و ۳ آورده شده است. هرکدام از روش‌های شدت روشنایی یا تراکم نور در طراحی روشنایی جاده‌ها می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که بر پایه مقادیر مذکور خواهند بود. مقدار متوسط تراکم نور و شدت روشنایی در جداول، مقادیر حداقل بوده و بر مبنای این واقعیت که خروجی لامپ و واحد روشنایی توسط عوامل تعمیراتی کاهش یافته، تعیین شده است.

۴-۳-۲- سایر نکات

به هنگام استفاده از مقادیر مندرج در جداول ۲ و ۳، ممکن است در شرایطی، سطوح متفاوتی از شدت روشنایی و یا تراکم نور مورد نیاز یا مطلوب باشد. به عنوان مثال، در تقاطع‌های غیرهم‌سطح، کانال‌های با تراز بالا و یا جزایر جداکننده[1] ، ممکن است که به مقادیر و سطوح بالاتری نیاز داشته باشند. طراح سیستم روشنایی بایستی از کلیهٔ اطلاعات مربوطه و در دسترس، جهت اتخاذ تصمیم به منظور رسیدن به سطوح مطلوب روشنایی برای هر خیابان خاص یا بزرگراه استفاده نماید.

مکان های زیادی وجود دارند که در آنجا سطوح و مقادیر بسیار بالای تراکم نور و یا شدت روشنایی برای خیابان‌ها در مراکز تجاری شهر، تأمین شده است. علت آن معمولاً بر پایهٔ ملاحظات تجاری قرار دارد و موجب جلب توجه بیشتر مشتریان و خریداران به مرکز تجاری شهری می‌گردد. سطوح به طور قابل ملاحظه بالاتر از مقادیر مندرج در جدول، بایستی بر پایهٔ ایمنی و سهولت جریان ترافیک باشد.

1- Divisional Islands

(محوطه‌ای است در داخل جاده که عموماً به عنوان جداکننده بخش‌های مختلف ترافیک از قبیل ترافیک جهات مخالف و یا ترافیک افزایش سرعت و کاهش سرعت و یا به عنوان هادی وسایل نقلیه مورد استفاده قرار می‌گیرد)

جدول ۲- مقادیر طراحی متوسط تراکم نور حفظ شده برای جاده‌ها به غیر از آزادراهها

طبقه‌بندی راهها		تراکم نور				نسبت تراکم نور مخفی (مستور)
		L_{avg}		یکنواختی		
		(cd/m_2)	فوت لامبرت	L_{avg}/L_{min}	L_{max}/L_{min}	
بزرگراهها [â]	تجاری	۱/۰	۰/۲۹	۳:۱	۵:۱	۰/۳ :۱
	میانه	۰/۸	۰/۲۳	۳:۱	۵:۱	
	مسکونی	۰/۶	۰/۱۷	۳/۵ :۱	۶:۱	
راه اصلی [â]	تجاری	۱/۲	۰/۳۵	۳:۱	۵:۱	۰/۳ :۱
	میانه	۰/۹	۰/۲۶	۳:۱	۵:۱	
	مسکونی	۰/۶	۰/۱۷	۳/۵ :۱	۶:۱	
جمع‌کننده [â]	تجاری	۰/۸	۰/۲۳	۳:۱	۵:۱	۰/۴ :۱
	میانه	۰/۶	۰/۱۷	۳/۵ :۱	۶:۱	
	مسکونی	۰/۴	۰/۱۲	۴:۱	۸:۱	
محلی [â]	تجاری	۰/۶	۰/۱۷	۶:۱	۱۰:۱	۰/۴ :۱
	میانه	۰/۵	۰/۱۵	۶:۱	۱۰:۱	
	مسکونی	۰/۳	۰/۰۹	۶:۱	۱۰:۱	
کوچه‌ها	تجاری	۰/۴	۰/۱۲	۶:۱	۱۰:۱	۰/۴ :۱
	میانه	۰/۳	۰/۰۹	۶:۱	۱۰:۱	
	مسکونی	۰/۲	۰/۰۶	۶:۱	۱۰:۱	

[â] اقتباس از: "روش استاندارد ملی آمریکا برای روشنایی راهها، ANSI/IES RP-8, 1983- انجمن مهندسی روشنایی شمال آمریکا

برای طراحی گذرگاههای پیاده‌رو و مسیرهای عبور دوچرخه از نقاط مندرج در جدول ۳ استفاده نمایید.

جدول ۳- متوسط شدت نور افقی حفظ شده[â] برای راهها به غیر از آزادراهها، پیاده‌روها و مسیرهای عبور دوچرخه

		طبقه‌بندی متوسط شدت نور روسازی						
		R1		R2 & R3		R4		
		فوت کاندلا	لوکس	فوت کاندلا	لوکس	فوت کاندلا	لوکس	یکنواختی Ave/min
بزرگراهها[â â†]	تجاری	۰/۹	۱۰	۱/۳	۱۴	۱/۲	۱۳	۳:۱
	میانه	۰/۷	۸	۱/۱	۱۲	۰/۹	۱۰	
	مسکونی	۰/۶	۶	۰/۸	۹	۰/۷	۸	
راههای اصلی[†]	تجاری	۱/۱	۱۲	۱/۶	۱۷	۱/۴	۱۵	۳:۱
	میانه	۰/۸	۹	۱/۲	۱۳	۱/۰	۱۱	
	مسکونی	۰/۶	۶	۰/۸	۹	۰/۷	۸	
جمع‌کننده[†]	تجاری	۰/۷	۸	۱/۱	۱۲	۰/۹	۱۰	۴:۱
	میانه	۰/۶	۶	۰/۸	۹	۰/۷	۸	
	مسکونی	۰/۴	۴	۰/۶	۶	۰/۵	۵	
محلی[†]	تجاری	۰/۶	۶	۰/۸	۹	۰/۷	۸	۶:۱
	میانه	۰/۵	۵	۰/۷	۷	۰/۶	۶	
	مسکونی	۰/۳	۳	۰/۴	۴	۰/۴	۴	
کوچه‌ها	تجاری	۰/۴	۴	۰/۶	۶	۰/۵	۵	۶:۱
	میانه	۰/۳	۳	۰/۴	۴	۰/۴	۴	
	مسکونی	۰/۲	۲	۰/۳	۳	۰/۳	۳	
پیاده‌روها	تجاری	۰/۹	۱۰	۱/۳	۱۴	۱/۲	۱۳	۳:۱
	میانه	۰/۶	۶	۰/۸	۹	۰/۷	۸	۴:۱
	مسکونی	۰/۳	۳	۰/۴	۴	۰/۴	۴	۶:۱
مسیرهای عابرین پیاده و دوچرخه[¥]	تجاری	۱/۴	۱۵	۲	۲۲	۱/۸	۱۹	۳:۱

[â] متوسط شدت روشنایی در طول مسیر جاده و یا سطح روسازی بین خطوط خیابان‌های جدول‌بندی شده

[â â†] شامل خطوط اصلی و رمپ‌ها. بزرگراهها با کنترل دسترسی در این بخش در آزادراهها پوشش داده شده‌اند.

[‡] فرض بر تسهیلات جداگانه می‌باشد. تسهیلات مجاور راههای سواره‌رو بایستی از سطوح تراکم نور و یا شدت نور آن جاده تبعیت کنند.

[¥] اقتباس از: "روش استاندارد ملی آمریکا برای روشنایی راهها، **ANSI/IES RP-8, 1983**- انجمن مهندسی روشنایی شمال آمریکا

۴-۴- طبقه‌بندی جاده‌ها، پیاده‌روها و نواحی

۴-۴-۱- طبقه‌بندی جاده‌ها و پیاده‌روها:

الف- آزادراه: یک شاهراه تقسیم‌شده با کنترل کامل دسترسی و بدون تقاطع‌های هم‌سطح

ب- بزرگراه[1]: یک بزرگراه اصلی جدا شده برای عبور ترافیک با کنترل کامل یا نسبی دسترسی و عموماً با تقاطع‌های غیرهم‌سطح در تقاطع‌های اصلی. بزرگراهها برای ترافیک غیرتجاری در پارک‌ها و مناطق شبیه پارک عموماً به عنوان پارک‌وی (که در حاشیه آن مناظر طبیعی و فضای سبز موجود است) شناخته می‌شوند.

پ- اصلی (ماژور)[2]: بخشی از سیستم جاده که نقش شبکه اصلی را برای جریان ترافیک ایفا می‌کند. مسیرهای فوق، نواحی اصلی تولید ترافیک و بزرگراههای برون‌شهری مهم وارده به شهرها را به هم متصل می‌کنند.

ت- جمع‌کننده[3]: جاده‌های جمع‌کننده و توزیع کننده برای ترافیک بین جاده‌های اصلی و محلی به کار می‌رود. این جاده‌ها عمدتاً برای حرکت‌های ترافیکی در نواحی مسکونی، تجاری و صنعتی به کار می‌روند.

ث- محلی[4]: جاده‌هایی که عملاً برای دسترسی مستقیم به نواحی مسکونی، تجاری، صنعتی یا املاک و زمین‌های مجاور به کار می‌روند. این جاده‌ها، شامل جاده‌های حامل ترافیک عبوری نمی‌گردند. جاده‌های محلی طولانی، معمولاً توسط سیستم جاده‌های جمع‌کننده به قسمت‌های کوتاه تقسیم می‌شوند.

ج- کوچه‌ها: یک راه عمومی در داخل بلوک یا نزدیک ساختمان که عموماً جهت دسترسی وسایل نقلیه به سمت پشت املاک مجاور استفاده می‌شود.

چ- پیاده‌روها: نواحی روکش شده یا اصلاح شده جهت استفادهٔ عابرین پیاده می‌باشد که در محدودهٔ مجاز خیابان‌های عمومی قرار داشته و می‌تواند در جاده‌ها نیز تعبیه گردد.

ح- مسیرهای پیاده‌رو: پیاده‌روهای عمومی جهت رفت و آمد عابرین پیاده، عموماً در حریم مسیرهای عبور وسایل نقلیه قرار ندارند. و شامل روگذرهای عابرین پیاده[5]، پیاده‌روهایی که امکان دسترسی به پارک‌ها یا داخل بلوک‌ها و تقاطع‌های نزدیک مراکز بلوکهای ساختمانی را فراهم می‌آورد.

1- Expressway
2- Major
3- Collector
4- Local
5- Pedestrian Overpasses

خ- خطوط عبوری دوچرخه: هرگونه تسهیلاتی که مخصوص تردد دوچرخه‌ها فراهم شده باشد.

۴-۴-۲- طبقه‌بندی نواحی

الف- تجاری: به آن قسمت از نواحی شهری در بخش توسعهٔ یافته تجاری گفته می‌شود که به طور متعارف شامل تعداد زیادی از عابرین پیاده بوده و تقاضای زیاد جهت فضای پارک در ساعات اوج ترافیک وجود داشته باشد یا با حجم ترافیک بالا و ممتد عابرین پیاده همراه باشد و یک تقاضای پیوسته بالا برای پارک در خیابان‌ها در طول ساعات کار وجود داشته باشد. این تعریف برای مناطق تجاری انبوه خارج و یا داخل بخش مرکزی شهر صدق می‌کند.

ب- میانی: آن بخش از مناطق شهری که خارج از ناحیهٔ مراکز خرید شهری بوده اما عموماً در ناحیه‌ای است که تحت تأثیر مناطق توسعه یافته تجاری و یا صنعتی می‌باشد، غالباً با تردد انبوه عابرین پیاده در شب و یا حجم کمتر پارکینگ نسبت به یک منطقهٔ تجاری مشخص می‌شود. این تعاریف شامل نواحی آپارتمانی توسعه یافته، بیمارستان‌ها، کتابخانه‌های عمومی و در همسایگی و مجاورت مراکز تفریحی ورزشی می‌باشد.

پ- مسکونی: یک ناحیه مسکونی یا ترکیبی از مسکونی و تجاری که دارای تعداد کمی از عابرین پیاده و تقاضای پایین برای پارکینگ در شب است، گفته می‌شود. این تعریف شامل نواحی با خانه‌های تک خانواده، خانه‌های شهری و یا آپارتمان‌های کوچک، پارک‌های منطقه‌ای، قبرستان‌ها و نواحی خالی نیز می‌گردد.

۴-۵- پایه‌های انعطاف‌پذیر[1]

کلیهٔ تکیه‌گاههای واحدهای روشنایی که در زمین نصب می‌شوند و در معرض ترافیک و داخل ناحیهٔ مجاور قرار می‌گیرند، بایستی به پایه‌های انعطاف‌پذیر مجهز گردند، مگر آن که در محدوده‌ای تحت حفاظت مانع یا ضربه‌گیر قرار داشته باشند یا این که خطرات بزرگتری با افتادن پایه‌های فوق حادث شود. پایه‌های انعطاف‌پذیر بایستی طوری طراحی شوند که به هنگام برخورد با یک وسیلهٔ نقلیه، به واسطهٔ خاصیت تسلیم‌پذیری و یا وادادگی، صدمه و آسیب به سرنشینان خودرو و خود وسیلهٔ نقلیه به حداقل برسد. ویژگی‌های ایمنی بایستی از کلیهٔ شرایط و ضوابط AASHTO برای تکیه‌گاههای سازه‌ای و راهنمای AASHTO برای انتخاب، مکان‌یابی و طراحی موانع ترافیکی تبعیت نماید(مرجع ۲۴).

۴-۶- محل نصب تیرهای روشنایی

محل نصب تیرها در خیابان‌ها و بزرگراهها، به غیر از آزادراهها، بایستی مطابق با مقررات و ضوابط مندرج در بخش آزادراهها باشد.

1- Breakaway Supports

۵- روشنایی با تیرهای مرتفع[1]

روشنایی با تیرهای مرتفع به سیستمی اطلاق می‌گردد که گروهی از واحدهای روشنایی (نورافکن) بر پایه‌های خودایستا و یا دکل‌هایی نصب شده‌اند که ارتفاع آنها به طور تقریبی از ۸۰ فوت (۲۴/۴ متر) تا ۱۸۰ فوت (۵۴/۸ متر) یا بیشتر متغیر است. در این ارتفاع نصب، تعداد زیادی نورافکن با خروجی بالا، یک توزیع نور قوی و یکنواخت ایجاد می‌کنند. روشنایی با دکل‌های مرتفع اصولاً در تقاطع‌های غیرهم‌سطح، تقاطع‌ها، میدان‌گاههای عوارضی[2]، پارکینگ‌ها[3]، توقفگاهها و روشنایی عمومی مناطق استفاده می‌شود و در جاهایی که سیستم روشنایی پیوسته برای بزرگراههای دارای مقاطع عریض و تعداد زیادی از خطوط عبوری مورد نیاز است، نصب و به کار گرفته می‌شود.

مزایای اصلی روشنایی با دکل‌های مرتفع، توانایی در ایجاد یکنواختی شدت روشنایی عالی و کاهش اثر خیرگی با بهره‌گیری از تعداد کمتری تیر روشنایی می‌باشد. این مطلب در تقاطع‌های غیرهم‌سطح و نواحی پیچیدهٔ جاده‌ای کاملاً صدق می‌کند.

با این که بازده بهره‌برداری در جاده‌های منفرد پایین است، اما راههای متعددی را می‌توان توسط نورافکن‌های واقع بر یک پایهٔ روشنایی روشن نمود. در نواحی اطراف جاده، روشنایی کافی جهت تأمین دید رانندگان با یک میدان دید روشنایی گستردهٔ عالی، در مقایسهٔ با اثر "تونل نور[4]" که در سیستم‌های سنتی وجود دارد، ایجاد می‌شود. عملکرد سیستم در شرایط بد جوی مانند باران، مه و غیره، خوب است.

سیستم روشنایی با دکل‌های مرتفع، با کاهش تعداد تیرهایی که برای سیستم‌های سنتی مورد نیاز خواهد بود و از طریق نصب تیرها در خارج از محدودهٔ بازیابی کنترل، در ایمنی و زیبایی محیط نقش مؤثری ایفا می‌کند. همچنین موقعیت مکانی دوردست آنها، نیاز به وسایل نقلیهٔ تعمیراتی که موجب ترافیک در سطح جاده‌ها می‌شوند و یا نیاز به پرسنل تعمیراتی که در نزدیکی خطوط پرسرعت ترافیکی مجبور به فعالیت هستند را برطرف می‌نماید.

طراحی و نصب تجهیزات روشنایی با دکل‌های مرتفع، نسبت به سیستم‌های سنتی پیچیده‌تر می‌باشد. تیرها یا دکل‌ها با تجهیزات و ادوات پایین‌آورنده یا روش‌های دیگر سرویس و نگهداری نورافکن‌ها، نیاز به طراحی خاص و ملاحظات تعمیراتی دارند.

متداول‌ترین نوع نورافکن‌های مورد استفاده در روشنایی با تیرهای مرتفع از نوع ناحیه‌ای است که معمولاً توزیع متقارن و یا نامتقارن را ارایه می‌دهد. هر دو نوع توزیع غالباً برای به حداقل رساندن پخش نور استفاده می‌شوند.

عوامل زیادی را باید برای یک تقاطع غیرهم‌سطح یا شرایط خاص، در نظر گرفت. سطوح شدت روشنایی توصیه شده که تحت عنوان مقادیر طراحی آزادراه نامیده شده و یا مقادیر ذکر شده در جدول ۳ ، بایستی با روش نسبت یکنواختی نقطه متوسط به نقطه حداقل طراحی شوند و نسبت فوق از ۳ به ۱ کمتر نباشد. با در نظر گرفتن عواملی چون پیچیدگی تقاطع‌های غیرهم‌سطح، وجود درخشندگی بالا از منابع نوری نزدیک جاده‌ها و یا در اتصال جاده‌ها، ممکن است که به مقادیر بالاتری از شدت روشنایی در جاده که در جدول ۳ آورده شده است، نیاز باشد.

1- High Mast Lighting
2- Toll plazas
3- Rest areas
4- Tunnel of light

علاوه بر میزان نور روی جاده، طراح همچنین بایستی پخش نور ناخوشایند و درخشندگی ناراحت‌کننده در ورای حریم راه و رویت‌پذیری سطوح عمودی جاده مانند نرده‌های محافظ، ستون‌های پل‌ها، دیواره‌های پل، دیواره‌های هدایت زهکشی[1] و غیره را در نظر بگیرد.

به هنگام طراحی یک سیستم روشنایی با دکل مرتفع می‌توان فرض نمود که کلیهٔ نورافکن‌های توزیع متقارن در یک دکل، یک منبع نوری را تشکیل داده و همگی دارای یک جهت و نمایش فتومتریک هستند. کلیهٔ نورافکن‌های توزیع نامتقارن معمولاً در گروههایی جهت‌دهی می شوند که محور اصلی هر نورافکن در گروه، دارای همان جهت‌دهی و همان الگوی فتومتریک است. دو روش موجود جهت فرموله کردن طراحی یک سیستم روشنایی با دکل های مرتفع به شرح زیر می‌باشد:

۱- روش لومن: با بهره‌گیری از منحنی‌های ایزوفوت کاندل که در فرمت ترانسپارنت می‌باشند و قرار دادن آنها بر روی نقشه‌های مناطقی که بایستی روشن گردد، موقعیت تیرها به دست آمده و مقادیر طراحی از طریق فرمول لومن استاندارد، محاسبه می‌گردد. این روش نیز می‌تواند با محاسبات مستقیم از طریق ضرایب منحنی‌های کاربردی، انجام پذیرد.

۲- روش متوسط نقطه‌ای: داده‌ها (قرائت‌ها) در نقاط مشخص در یک الگوی مشبک در سطح جاده به دست آمده و سپس معدل‌گیری می‌شود.

1- Drainage headwalls

۶- تونل‌ها و زیرگذرها

۶-۱- زیرگذرهای وسایل نقلیه[1]

۶-۱-۱- چارچوب کلی و راهنمای کاربردی

یک زیرگذر به یک قسمت از جاده توسعه یافته از میان/ زیر سازه‌ای طبیعی و یا ساخته دست بشر گفته می شود که با توجه به نسبت محدود طول به ارتفاع در آن، نیاز به روشنایی تکمیلی در طول روز ندارد. نسبت طول به ارتفاع تقریباً ۱۰ به ۱ یا کمتر در شرایط عادی، نیاز به سیستم روشنایی در طول روز ندارند. برای زیرگذرهای عبوری از سازه‌های متعدد راه، در جایی که فضای بین این سازه‌ها اجازهٔ عبور نور روز را می‌دهد، معمولاً روشی متفاوت با سازه‌های منفرد دیگری در نظر گرفته می‌شود. در مواردی که سازه هوایی (overhead structure) در یک طرف یا بیشتر جاده‌های زیرین، اجازه عبور مستقیم نور روز را می‌دهد، مانند ساختمان‌هایی که بر بزرگراه‌ها و بلوار وسط آن اشراف دارند و به طور مثال دارای سازه‌هایی مانند پله‌ها می‌باشند (که موجب عبور نور و رسیدن آن به سطح جاده می‌گردند) سازهٔ فوق ممکن است که نیاز به روشنایی در طول روز نداشته باشد.

هنگامی که نسبت طول به ارتفاع از ۱۰ به ۱ تجاوز می نماید، لازم است که هندسه و شرایط راه شامل فعالیت وسایل نقلیه و عابرین پیاده جهت تعیین نیاز به روشنایی روز تحلیل گردد. این موارد به طور کامل در بخش روشنایی تونل‌ها آورده شده است.

۶-۱-۲- الزاماتی برای روشنایی شب هنگام زیرگذرها

در راههایی که دارای سیستم روشنایی نیستند، وجود سیستم روشنایی در مناطقی که دارای حجم بالای ترافیک عبور عابرین پیاده در شب و یا جایی‌که جاده دارای هندسهٔ غیرمعمول در یا مجاورت ناحیه زیرگذر می‌باشد، ضروری است. در جاده‌های با روشنایی پیوسته نیز روشنایی زیرگذرها الزامی است. تعیین محل مناسب نصب واحدهای روشنایی نزدیک زیرگذرها، معمولاً روشنایی کافی در زیرگذرهای کوتاه ایجاد می‌نماید، بدون این که نیازی به وجود روشنایی تکمیلی در آنها باشد.

۶-۱-۳- مقادیر طراحی برای روشنایی زیرگذرها

سطوح روشنایی زیرگذرها و یکنواختی آن بایستی تا حد امکان معادل مقادیر کمیت‌های روشنایی در جاده‌های مجاور باشد. به خاطر ارتفاع نصب واحد روشنایی و محدودیت فواصل در زیرگذرها، ممکن است مقادیر بالاتری از روشنایی در زیرگذرها به منظور رسیدن به مقادیر یکنواخت مطلوب نیاز باشد. چنین مقادیری نبایستی به طور تقریبی از دو برابر مقادیر موجود در جاده، بیشتر شود. روشنایی زیرگذرها، در جاده‌هایی که سیستم روشنایی ندارند بایستی در محدودهٔ شدت روشنایی از ۶٪ تا ۰/۸ فوت کاندلا افقی (۶ تا ۹ لوکس) با یک نسبت یکنواختی متوسط به حداقل ۳ به ۱، ۴ به ۱ و یا بیشتر باشد. تراکم نور محدوده فوق بایستی بین ۰/۱۲ تا ۰/۱۷ فوت لامبرت (۰/۴ تا ۰/۶

1- Vehicular underpasses

کاندلا بر مترمربع) باشد. شرایط خاص درخشندگی بالای محیطی تولید شده توسط منابع دیگر که در مجاورت آن قرار دارند، می‌تواند نیاز به سطوح بالاتر روشنایی را جهت تأمین دید مطلوب در زیرگذرها، توجیه نماید.

۶-۱-۴- انتخاب و تعیین محل نصب نورافکن‌های زیرگذرها

نورافکن‌های متصل به سازه در مسیر جاده (در دید کامل یا جزیی رانندگان)، بایستی درجهٔ بالایی از کنترل خیرگی چشم را داشته باشند. عموماً بهتر است جهت کاهش اثر خیرگی، به جای استفاده از یک یا دو نورافکن با خروجی بالا، از چندین نورافکن با خروجی پایین از همان نوع بهره جست. هنگامی که سطوح روشنایی به دست آمده متناسب با جاده های دسترسی و خروجی باشد، استفاده از تجهیزات روشنایی با لومن خروجی پایین موجب بهبود یکنواختی روشنایی می‌گردد.

۶-۲- تونل‌های راه

۶-۲-۱- محدوده عملکرد و راهنمای کاربردی

تونل به یک سازهٔ محاط بر جادهٔ عبوری وسایل نقلیه اطلاق می‌شود که به منظور تأمین دید مورد نیاز و کافی در جاده جهت عملکرد ایمن و بهینه ترافیک، نیاز به سیستم روشنایی مصنوعی یا روش مشابه داشته باشد. توصیه‌های ارایه شده در این قسمت به کلیهٔ تونل‌های راه، به منظور ایجاد جریان پیوسته ترافیک در معابر ورودی و از میان تونل مربوط می‌شود. هدف از این راهنما ایجاد زمینه‌ای برای تحقیق و بررسی جامع مهندسی در خصوص نیاز دید رانندگان در تونل‌ها و روش‌های مناسب پاسخگویی به این نیازها می‌باشد. مطالعات جامع و گسترده‌ای در مورد جنبه‌های فنی قابلیت دید و روشنایی تونل‌های راه وجود دارند. با مرور مراجع ذکر شده در این راهنما و دیگر تحقیقات انجام شده می‌توان به اطلاعات دقیق‌تر و کامل‌تری دست یافت.

۶-۲-۲- تونل‌های کوتاه[1]

لفظ کوتاه هنگامی به یک تونل اطلاق می‌گردد که فاصله دهانه ورودی تا دهانه خروجی، کمتر یا مساوی با حداقل فاصلهٔ دید جهت ایست در شرایط خیس بودن روسازی باشد و طبق آخرین استانداردهای طراحی AASHTO برای سرعت عملکرد وسایل نقلیه در تونل‌ها همخوانی داشته باشد. یک ناحیهٔ تونل همان‌طور که در این بخش استفاده شده است، به عنوان طولی از مسیر تونل که با حداقل فاصله دید برای توقف در شرایط خیس بودن روسازی مساوی باشد، تعریف می‌گردد. بنابراین، یک تونل کوتاه تنها یک ناحیه دارد که به ناحیه ورودی اطلاق می‌گردد.

1- Short tunnels

۶-۲-۳- تونل‌های بلند[1]

لفظ بلند هنگامی به یک تونل اطلاق می‌گردد که فاصله دهانه ورودی تا دهانه خروجی آن از حداقل فاصله دید توقف در شرایط روسازی خیس بزرگتر باشد. یک تونل بلند، ۲ یا تعداد بیشتری ناحیه دارد.

۶-۲-۴- الزاماتی جهت روشنایی تونل‌ها

نصب روشنایی مصنوعی در طول روز هنگامی الزامی است که شرایط قابلیت دید در تونل بدون استفاده از سیستم روشنایی، برای جبران نور طبیعی خورشید، تأمین نگردد. قابلیت دید در تونل‌ها به طور کلی به مواردی مانند هندسهٔ تونل و راههای دسترسی آن، مشخصات ترافیکی، رفتار جاده و سطوح انعکاسی، شرایط آب‌وهوایی و جهت تونل نسبت به نور خورشید و قابلیت دید اجسامی که از نظر ایمنی و عملکرد مؤثر تونل لازم هستند، بستگی دارد.

۶-۲-۵- بهینه‌سازی قابلیت دید در تونل‌ها و ویژگی‌های ورودی‌های تونل

به هنگام طراحی فیزیکی سازهٔ تونل و محیط اطراف آن بایستی به نیازهای سیستم روشنایی به ویژه در مراحل اولیه طراحی تونل‌ها و جاده‌ها توجه شود. تونل‌های موجود ممکن است مشخصه‌های فیزیکی مطلوبی از نظر بهینه‌سازی قابلیت دید در ورودی‌ها و داخل تونل نداشته باشند. ویژگی‌های فیزیکی یک تونل اگر درست در نظر گرفته شود، می‌تواند اثر مهم و قابل توجهی در کاهش نور مصنوعی مورد نیاز داشته و شرایط دید در تونل را بهبود بخشد. اغلب این ویژگی های فیزیکی که جهت نیازهای روشنایی مناسب می‌باشند، مقدار اندکی به هزینهٔ اولیه ساخت سازهٔ تونل‌ها می‌افزایند و به سادگی می‌توانند حتی در تونل‌های موجود نیز استفاده شوند.

موارد زیر، عواملی را که در بهبود شرایط دید تونل نقش دارند، بیان می‌کنند و بایستی به عنوان یک پیش‌شرط در توسعه و بهبود طراحی روشنایی تکمیلی تونل‌ها در طول روز، به طور کامل تشریح شود.

الف- کاهش درخشندگی محیطی به هنگام روز

دهانه‌های ورودی تونل، دیوارهای کناری، روسازی دهانه تونل و دیگر ویژگی‌های بیرونی در دید رانندگان تا حد ممکن بایستی تیره گردند. استفاده از مواد ترکیبی، لایه‌های روکشی، پوشش‌های گیاهی یا دیگر روش‌هایی که انعکاس کمی دارند و سطوح غیرآینه‌ای، توصیه می‌شوند. تیره کردن این سطوح، موجب افزایش میزان تطابق چشم رانندگان به هنگام ورود به تونل و بهبود کنتراست با شدت روشنایی کم در ورودی تونل خواهد شد. در تونل‌هایی که درست بعد از دهانه‌های ورودی آنها، نور طبیعی روز آشکار می‌گردد، بایستی از درختکاری، پوشش‌ها و یا صفحه‌هایی جهت افزایش سطوح تیره در دهانه تونل، بهره جست.

1- Long tunnels

ب- عوامل طراحی دهانه تونل

مقدار و وسعت نفوذ نور طبیعی به ورودی تونل تا حد زیادی به جهت تونل نسبت به حرکت و مسیر خورشید در آسمان بستگی دارد. البته تشخیص جهت و موقعیت تونل، با معیارهایی به جز روشنایی تعیین می‌گردد. در نتیجه، سیستم روشنایی تونل بایستی قادر به تطبیق شرایط روشنایی در ورودی تونل‌ها باشد. استفاده از سقف‌های شیب‌دار[1] در دهانه ورودی تونل‌ها، موجب افزایش مقدار و طول نفوذ نور در تونل به واسطهٔ افزایش ارتفاع در دهانه ورودی می‌گردد و می‌تواند موجب افزایش هزینهٔ ساخت تونل گردد.

صفحه‌ها یا دریچه‌های هوای نصب شده[2] بر روی ورودی تونل‌ها به طور مؤثری موجب کاهش سطوح بالای درخشندگی محیطی به سطوح پایین‌تر که متناسب با شرایط ورودی تونل می‌باشد، می‌گردد. استفاده از سوراخ کاری و یا دریچه‌های متحرک ورودی هوا برای کاهش تدریجی اثرات محیطی، بر روش افزایش درخشندگی داخل تونل‌ها ترجیح داده می‌شود که پتانسیل مصرف کمتر انرژی الکتریکی مورد نیاز جهت روشنایی را نیز به دنبال خواهد داشت. پوشش‌های ضد آفتاب[3] مشکلات عدیده‌ای را جهت حفظ مداوم تأثیر خود در عمل نشان داده‌اند. فقدان کارآیی این پوشش‌ها به هنگام تجمع آلودگی، کاهش دایمی اثر انعکاس و خواص انتقال نور و غلبه بر اثرات موقت محیطی مانند تجمع برف و یخ، از مشکلات کاربردی آنها شمرده می‌شود. هزینهٔ اولیه بالای آنها و هزینه بالای تعمیرات مانع توسعهٔ کاربرد آنها در آمریکا شده است.

پ- بهینه‌سازی قابلیت دید در ورودی تونل‌ها

جهت استفادهٔ مؤثر از روشنایی طبیعی و مصنوعی، توصیه می‌شود که سقف‌ها و دیوارهای تونل پرداختی با قابلیت حفظ آسان، ضریب انعکاس بالا، سطح غیر آینه‌ای مانند کاشی داشته و کارآیی انعکاسی آن حداقل ۷۰٪ درصد باشد. در تونل‌هایی که دارای مسیرهای پیچ‌دار و یا مسیرهای ورودی منحنی می‌باشند، درخشندگی دیوارها از ارزش و اهمیت بالایی در تأمین نیازهای قابلیت دید برخوردار است. تونل‌های نسبتاً باریک که در آنها نسبت عرض به ارتفاع ۳ یا کمتر می‌باشد، معمولاً قابلیت دید خوبی به واسطه نور منعکس شده از دیوارهای انعکاسی بالا دارند. تونل‌های با نسبت عرض به ارتفاع بالاتر، معمولاً به روشنایی تکمیلی، جهت سطح جاده نیاز دارند.

در نواحی ورودی تونل‌ها، نفوذ نور طبیعی خورشید را می‌توان با استفاده از دیوار، سقف و کنترل زمینه سطوح جاده بهبود بخشید. استفاده از دیوارهای شیاردار، روسازی‌های پرداخت شده با مواد زبر و خشن یا دیگر روش‌های اصلاحی که موجب برجستگی سطح جاده می‌گردد، اثر پس انعکاس[4] (انعکاس مجدد) ناشی از نور وارده از دهانه تونل‌ها نسبت به یک سطح صاف را افزایش می‌دهد.

1- Upswept Ceiling
2- Louvers
3- Sun screens
4- Retro-reflection

ت- انواع سطوح روسازی

استفاده از بتن آسفالتی در سطح راه نزدیک به دهانه ورودی تونل، و بتن تهیه شده با سیمان پرتلند در سطح راه داخل دهانهٔ تونل برای یک فاصلهٔ حداقل برابر با فاصلهٔ دید ایمنی توقف، باعث کاهش کنتراست تراکم نور بین داخل و خارج تونل می‌گردد که متعاقب آن کاهشی در تراکم نور و شدت روشنایی در ناحیهٔ ورودی حاصل خواهد شد. طراح بایستی احتمال و امکان رویه‌کاری مجدد سطح فوق را با ماده‌ای غیر از بتن سیمان پرتلند مد نظر قرار دهد.

۶-۳- روشنایی داخل تونل‌ها به هنگام روز

۶-۳-۱- تونل‌های کوتاه- قابلیت دید به صورت نیمه‌تاریک

تونل‌های کوتاه که به صورت مستقیم بوده و نسبتاً در یک تراز با راستای جاده می‌باشند، باید قابلیت دید کافی برای رانندگانی که وارد تونل می‌شوند را بدون روشنایی مصنوعی، تأمین نمایند تا رانندگان بتوانند وسایل نقلیه یا اشیاء در سطح جاده را به صورت نیمه تاریک (سایه نما)[1] در دهانه خروجی تونل مشاهده کنند و از این پس در این راهنما به مانند زیرگذر با آنها رفتار خواهد شد. قابلیت دید تاریک بایستی به دقت با توجه به هندسهٔ تونل، جهت حصول اطمینان از قابلیت دید اشیای داخل تونل که در هر مکانی از جادهٔ عبوری ممکن است وجود داشته باشند، ارزیابی شود. در شرایط رویت نیمه تاریک (سایه نما)، جزییات سطح جاده معمولاً برای رانندگان قابل تشخیص نخواهد بود. در تونل‌های یک‌طرفهٔ با چند خط عبوری یا تونل‌های دوطرفه، روشنایی بایستی طوری باشد تا رانندگان قدرت تشخیص خط‌کشی‌های راه و یا دیگر موارد مهم جهت عبور ایمن از درون تونل را داشته باشند.

۶-۳-۲- روشنایی دهانه ورودی تونل‌ها

بحرانی‌ترین بخش یک تونل که بر قابلیت دید تأثیر می‌گذارد، درست قبل از ورود به دهانهٔ تونل می‌باشد که عموماً به اثر "حفره سیاه[2]" معروف است. قابلیت دید در اولین ناحیه ورودی، هنگامی‌که هنوز خارج از تونل هستید و تشخیص و پاسخ‌گویی ایمن به حضور خودروها و اشیایی که ممکن است در مسیر تونل قرار داشته باشند، برای رانندگان بسیار مهم و ضروری است و بایستی برای آن تمهیداتی اندیشیده شود. این کار با تأمین روشنایی ناحیه ورودی تونل، متناسب با نور محیطی بیرون از تونل که چشم رانندگان با آن تطبیق داده شده است، میسر می‌گردد. توصیه می‌شود که در اولین ناحیهٔ ورودی تونل، روشنایی مدخل در محدودهٔ 1/10 تا 1/15 مقدار تراکم نور محیط که چشم رانندگان با آن تطبیق داده شده است، در نظر گرفته شود. نسبت ۱۰ به ۱ ضرورتاً بدین معنا نمی‌باشد که چنانچه در محیط خارج از تونل ۱۰۰۰۰ فوت کاندل افقی (۱۰۷/۶ لوکس) وجود داشته باشد، در دهانه تونل به ۱۰۰۰ فوت کاندل افقی (۱۰/۷۶ لوکس) نیاز داشته باشیم. این نسبت تنها به سطح تراکم نور دید رانندگان در ناحیهٔ ورودی تونل مربوط می‌شود. تراکم نور به روسازی دهانه تونل، چشم‌انداز اطراف[3]، نور (روشنایی) آسمان و ناحیهٔ دهانه ورودی تونل بستگی دارد. ارزیابی شرایط درخشندگی واقعی برای جاده‌ها و تونل‌ها قبل از شروع طراحی روشنایی لازم و ضروری

1- Silhouette
2- Black hole
3- Adjacent landscape

می‌باشد. در تسهیلات جدید انجام امر فوق ممکن نبوده و یک مدل شبیه‌سازی به منظور تکرار مجدد شرایط نزدیک شدن به تونل پیش‌بینی شده، ضروری است. میدان دید راننده در خصوص تراکم نور تطبیق شده بایستی در محلی در امتداد مسیر ورودی تونل و برابر با حداقل فاصله دید توقف قبل از دهانه ورودی تونل ارزیابی شود.

تونل‌های یک‌طرفهٔ با دو یا سه خط عبوری که ترازبندی مطلوبی با ساختمان سازهٔ تونل داشته و دارای طول نسبتاً کوتاهی می‌باشند، به طور مناسبی روشن بوده و نیاز کمی به روشنایی مصنوعی دارند. بهینه‌سازی شرایط دهانه ورودی تونل‌ها در بعضی موارد قابلیت دید ورودی کافی را به هنگام استفاده از روشنایی مصنوعی در محدودهٔ ۱۰۰ تا ۲۰۰ کاندلا در سطح مربع (۲۹ تا ۵۸ فوت لامبرت) تأمین می‌کند. به منظور دستیابی به ۱۰۰ تا ۲۰۰ کاندلا بر مترمربع در سطح جاده با رویه بتنی، به طور تقریبی نیاز به ۹۰ تا ۱۸۰ فوت کاندل افقی (تقریباً ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس) و در سطح جاده با رویه آسفالتی، تقریباً به ۱۳۰ تا ۲۶۰ فوت کاندل افقی (۱۴۰۰تا ۲۸۰۰ لوکس) نیاز خواهیم داشت. شرایط در تونل‌های پیچ‌دار و یا طولانی و ورودی‌های آنها دارای اثر مشابهی بوده و تنها به سطوح متوسط روشنایی برای دستیابی به ۱/۱۰ تا ۱/۱۵ نسبت روشنایی از ترکیب نور خورشید و سیستم روشنایی مصنوعی نیاز دارد. تونل‌هایی که ویژگی‌های فیزیکی و محیط اطراف آنها جهت تولید شرایط تطبیق مطلوب نمی‌باشند، مانند تونل‌های خیلی عریض، دارای خطوط عبوری متعدد و پرسرعت که در مناطقی با آسمان درخشان واقع شده‌اند، می‌توانند به سطوح روشنایی تا ۵۰٪ میزان فوق‌الذکر نیاز داشته باشند.

سطوح روشنایی ناحیهٔ ورودی بایستی طوری طراحی شوند تا بیشترین تراکم نور محیطی مورد انتظار را در ورودی فراهم نمایند. طول روشنایی ناحیهٔ ورودی بایستی با استفاده از فاصلهٔ دید توقف مشخص گردد. به جز مواردی که تونل‌ها انحناهای افقی و عمودی زیادی دارند، اکثر راههای منتهی به تونل‌ها مشخصه‌هایی نظیر نقاط نزدیک به مدخل‌های تونل دارند و دید رانندگان محدود به تشخیص سازهٔ تاریک شدهٔ تونل‌ها می‌باشد. احتساب فاصله خیرگی[1] در حداقل فاصلهٔ دید توقف، به منظور کاهش طول روشنایی ناحیه ورودی تونل، روشی قابل قبول می‌باشد. برای کاهش سطوح روشنایی در دهانه تونل‌ها طبیعتاً نبایستی از روش پیش تطبیق بهره جست.

۶-۳-۳- روشنایی ناحیهٔ بعد از ورودی تونل

اگر تونلی کوتاه فرض شود، سطح روشنایی ناحیهٔ ورودی در تونل بایستی در سرتاسر طول ورودی آن ادامه پیدا کند. البته در تونل‌های بلند، روشنایی ماورای حداقل فاصله دید توقف بایستی به صورت تدریجی تا یک حداقل سطح تثبیت شده کاهش یابد. توصیه می‌شود که در انتهای روشنایی ناحیهٔ ورودی، سطوح روشنایی در مراحلی تا حد کمتر از ۱/۱۵ سطح بزرگتر قبلی کاهش یابند. حداقل سطوح روشنایی به هنگام روز در تونل‌ها نبایستی کمتر از ۵ فوت کاندلای افقی (۵۴ لوکس) در سطح جاده باشد. این روشنایی در حدود ۵ کاندلا در مترمربع (۱/۶ فوت لامبرت) می‌باشد و هر ناحیه بایستی طولی حداقل برابر با حداقل فاصلهٔ دید توقف داشته باشد.

1- Fixation distance

۶-۳-۴- روشنایی تونل‌ها در شب

روشنایی (چنانچه عملی باشد) بایستی به جای آن که به صورت یک سیستم مجزا عمل کند، از بخشی از سیستم روشنایی روز بهره گیرد. سطوح روشنایی شب در تونل‌ها بایستی تا حدودی بالاتر و البته نه بیشتر از ۳ برابر میزان روشنایی مورد نیاز برای راههای مجاور تونل‌ها باشد. یکنواختی روشنایی بایستی با میزان روشنایی مورد نیاز جاده‌های مجاور همخوانی داشته باشد. تونل‌های واقع در جاده‌های با روشنایی ناپیوسته بایستی با حداقل شرایط استاندارد روشنایی جهت بزرگراهها و روش‌هایی که در این راهنما آورده شده است، مطابق گردند.

۶-۳-۵- انتخاب و تعیین محل نصب نورافکن‌های تونل‌ها

انتخاب انواع خاص روشنایی‌ها و منابع نوری در تونل‌ها، بایستی بر اساس عواملی مانند خاصیت نورانی منبع، اثر خیرگی منبع، خصوصیت توزیع نور، محدودیت‌های فیزیکی نورافکن، سهولت و تعدد تعمیرات و مقاومت در مقابل صدمه و آسیب صورت پذیرد. علاوه بر موارد فوق، یک عامل مهم انتخاب سیستم روشنایی برای روز و شب در تونل‌های بلند، اثر استروبوسکوپیک[1] نواحی تاریک/ روشن است که یک خط روشنایی پیوسته را تشکیل نمی‌دهند. فرکانس‌های در محدوده ۵ الی ۱۰ سیکل در ثانیه موجب رنجش و آزار چشم خواهند شد و بایستی در هنگام طراحی تونل‌ها از آنها اجتناب نمود.

۶-۳-۶- سیستم‌های کنترل روشنایی تونل‌ها

با توجه به اختلاف سطوح روشنایی محیطی در فصول مختلف و یا در شرایط ابری و یا شرایط نامساعد جوی، سطوح روشنایی ناحیهٔ ورودی تونل را می‌توان متناسب با شرایط محیطی تنظیم نمود. اگر ایجاد چنین تفاوت‌هایی در سیستم مقرون‌به‌صرفه و از لحاظ اجرایی امکان‌پذیر باشد، سطوح روشنایی در نواحی بعدی تونل‌ها که بالای ۵ فوت کاندل افقی (۵۴ لوکس) می‌باشند، بایستی متناسب با آن تغییر نمایند. سیستم‌های روشنایی تونل‌ها باید به صورت ایمن از خطا[2] طراحی گردند تا احتمال خاموشی کامل را به هنگام خرابی در مدار و یا هرگونه عدم عملکرد، کاهش دهند.

۶-۳-۷- ضریب تعمیر و نگهداری برای طراحی روشنایی تونل‌ها

کاهش سطوح اولیه روشنایی در تونل‌ها نسبت به زمان، یک عامل مهم در طراحی روشنایی تونل‌ها است. سطوح اولیه طراحی بایستی تعداد و میزان تعمیراتی را که قرار است توسط سازمان راهداری (اداره راه) صورت پذیرد را هم در نظر بگیرد. ضروری است که یک مقدار منطقی برای تراکم نور یا شدت روشنایی حفظ شده با توجه به سطوح روشنایی طراحی شده اولیه در نظر گرفته شود. ضرایبی در محدوده ۲۵ الی ۶۰ درصد به طور متداول در طراحی

1- Stroboscopic
2- Fail safe

روشنایی تونل‌هایی که در آنها تعداد متوسط عملیات تعمیر و نگهداری، تجمع آلودگی سنگین و شرایط جوی منجر به کاهش سریع شدت روشنایی و انعکاس نوری سطوح آنها می‌شوند، به کار گرفته می‌شود.

با استفاده از برنامه‌های زمان‌بندی تعمیرات روزمره مختلف، بایستی یک تحلیل دقیق هزینه جهت مقایسه هزینه‌های اولیه نصب و انرژی صورت پذیرد. سیستمی که بیشترین بهرهٔ اقتصادی را در حفظ روشنایی ارایه نماید، انتخاب خواهد شد.

۷- استراحتگاههای ایمن در راه

در استراحتگاهها یی که تسهیلات کامل رفاهی شامل ایستگاههای استراحت و گردشگاه ارایه می‌کنند، امکاناتی وجود دارند که اخیراً به سیستم بزرگراهها و آزادراههای ملی افزوده شده‌اند. این تسهیلات شامل وسایل نقلیه و عابرین پیاده نیز می‌شود و یکی از ویژگی‌های مهم راه و جاده برای مسافران محسوب می‌شود. این تسهیلات به صورت شبانه‌روزی در اختیار عموم قرار دارند و ظاهر عمومی آنها بایستی در کاربران احساس ایمنی و امنیت ایجاد نماید. سیستم‌های روشنایی سنتی و یا با پایه‌های بلند که به درستی طراحی شده‌اند، موجب تقویت ویژگی‌های معماری و چشم‌انداز این تسهیلات می‌شوند، همچنین با ایجاد سهولت در امر کنترل و نظارت پلیس موجب افزایش ایمنی شده و با روشن نمودن کامل نواحی رانندگی، پارکینگ و پیاده‌روی استراحتگاه به ایجاد آرامش و آسایش رانندگان کمک می‌کنند.

هدف از این بخش ایجاد یک مرجع استاندارد جهت طراحی سیستم روشنایی این مناطق می‌باشد و تنها شامل روشنایی بخش‌های بیرونی نواحی استراحتگاهها می‌گردد.

۷-۱- الزامات

هر استراحتگاهی که تسهیلات رفاهی کاملی را ارایه می‌نماید بایستی از نظر روشنایی تأمین گردد.

۷-۲- مقادیر طراحی

یکی از نکات مهم که در این بخش به آن پرداخته خواهد شد، آن است که رانندگانی که در جاده اصلی بدون روشنایی سفر می‌کنند، در اثر تابش نور خیره‌کننده و درخشندگی شدید نورافکن‌های نصب شده در محدوده استراحتگاههای مجاور راه، دچار ناراحتی و مشکل در دید خود نشوند. تابش نور خیره‌کننده و نامطلوب در کلیهٔ نواحی داخلی نیز بایستی در نظر گرفته شود. از آنجا که راننده در جاده اصلی، کل طول ناحیهٔ استراحتگاه را نیز می‌پیماید، بایستی قادر به تشخیص هر وسیلهٔ نقلیه‌ای که از ناحیهٔ استراحتگاه خارج می‌شود و نیز ترافیک موجود در جاده اصلی باشد. طراحی کلی سیستم روشنایی به نواحی مختلفی تقسیم شده که عبارتند از:

الف- ورودی و خروجی

ب- مسیرهای داخلی

پ- نواحی توقفگاه

ت- نواحی تردد و فعالیت

موارد فوق برای شرایط مختلف و مقاصد متفاوت تعریف شده‌اند. به هنگام طراحی بایستی روابط بین این نواحی را نیز در نظر گرفت. مقادیر توصیه شده روشنایی در این قسمت بر اساس مقادیر میانگین که قبلاً توضیح داده شده، آورده شده است (جداول ۴ و ۵ را جهت خلاصهٔ معیارهای پیشنهادی ملاحظه کنید).

الف- ورودی و خروجی

نواحی فوق به خطوط عبوری کاهش سرعت و افزایش سرعت مجاور (نزدیک به) جاده اصلی و یا خطوطی که به شبه‌جزیره‌ها (محوطه بین مسیر اصلی و راه انشعابی یا رابط) ختم می‌شوند، اطلاق می‌گردد.

جدول ۴- سطوح روشنایی حفظ شده پیشنهادی برای استراحتگاهها

	شدت روشنایی		
	فوت کاندلا	لوکس	نسبت یکنواختی
شبه‌جزیره‌های ورودی و خروجی	۰/۶	۶	۳:۱ به ۴:۱
مسیرهای داخلی	۰/۶	۶	۳:۱ به ۴:۱
نواحی توقفگاه	۱/۰	۱۱	۳:۱ به ۴:۱
نواحی تردد و فعالیت			
اصلی	۱/۰	۱۱	۳:۱ به ۴:۱
فرعی	۰/۵	۵	۶:۱

مقادیر شدت روشنایی ارایه شده برای شبه‌جزیره‌های ورودی و خروجی و مسیرهای داخلی برای سطوح تیپ R3 صادق هستند. اگر از سطح تیپ R1 استفاده شود، مقادیر با کاهش تقریبی ۲۵ الی ۳۰ درصد قابل استفاده خواهند بود.

خطوط ورودی و خروجی بایستی طوری روشن شوند که راننده‌ای که قصد ورود و یا خروج از استراحتگاه را دارد، بتواند به طور ایمن از جاده اصلی خارج شده و یا بالعکس وارد جاده اصلی شود.

در جاده های اصلی که فاقد سیستم روشنایی هستند، هنگامی که روشنایی در طول خطوط کاهش سرعت تأمین می گردد، مقدار متوسط شدت روشنایی بایستی ۰/۶ فوت کاندل (۶ لوکس) و یا درخشندگی یا تراکم نور ۰/۴ کاندلا در مترمربع (۰/۱۲ فوت لامبرت) در منطقهٔ شبه‌جزیره بین خطوط کاهش سرعت و یا شروع جادهٔ داخلی باشد. این امر به واسطهٔ استفاده از ۳ تا ۵ واحد روشنایی در طول خطوط تغییر سرعت می‌تواند حاصل شود. به طور مشابه در خروجی‌ها، متوسط شدت روشنایی بایستی ۰/۶ فوت کاندل (۶ لوکس) و یا تراکم نور ۰/۴ کاندلا بر مترمربع (۰/۱۲ فوت لامبرت) در نقاط شبه‌جزیره خروجی باشد. رانندگان در خطوط عبوری بایستی قادر به رویت وسیلهٔ نقلیهٔ موجود و عبوری بوده و بتوانند به درستی تصمیم‌گیری کنند و در صورت لزوم خود را با جریان ترافیکی سازگار نمایند (بخش "روشنایی تطبیقی- انتقالی" را مطالعه نمایید). چنانچه راه اصلی در خارج از محدوده استراحتگاه دارای روشنایی پیوسته باشد، خطوط عبوری کاهش سرعت و افزایش سرعت نیز بایستی همانند جادهٔ اصلی مجهز به روشنایی شوند.

ب- مسیرهای داخلی

به راههایی اطلاق می‌گردد که بین ورودی شبه‌جزیره‌ها و نواحی پارکینگ و از توقفگاه تا خروجی هستند. به هنگام نصب سیستم روشنایی، توصیه می‌شود که متوسط شدت روشنایی ۰/۶ فوت کاندل (۶ لوکس) و یا تراکم نور ۰/۴

کاندلا بر مترمربع (۰/۱۲ فوت لامبرت) تأمین شود که موجب دستیابی به روشنایی پیوسته در نقاط شبه‌جزیره خواهد شد.

جدول ۵- تراکم نور

	L_{avg}		یکنواختی		نسبت تراکم نور مخفی (مستور)
	(cd/m^2)	فوت لامبرت	L_{min}/L_{avg}	L_{min}/L_{max}	$L_{avg}/(L_{v(max)}$
شبه‌جزیره‌های ورودی و خروجی [a]	۴/۰	۱۲/۰	۱ : ۵/۳	۱ : ۶	۱ : ۳/۰
مسیرهای داخلی	۴/۰	۱۲/۰	۱ : ۵/۳	۱ : ۶	۱ : ۳/۰
پارکینگ و نواحی تردد و فعالیت	از روش شدت روشنایی استفاده شود				

[a] برای روشنایی تطبیقی به بخش طراحی روشنایی تقاطع‌های غیرهم‌سطح و آزادراهها رجوع شود. نسبت‌های یکنواختی فوق‌الذکر بیشترین مقادیر مجاز هستند. نسبت‌های کوچک‌تر یکنواختی بیشتری تولید نموده و مطلوب می‌باشند.

پ- نواحی توقفگاه[1] (پارکینگ)

روشنایی نواحی توقفگاهی چه برای اتومبیل‌ها و چه برای کامیون‌ها بایستی طوری باشد که یک راننده هنگامی که سوار بر وسیله نقلیه خود می‌شود، بتواند مشخصات ناحیه و نیز عابرین پیاده‌ای که در این نواحی تردد می‌کنند را به راحتی تشخیص دهد. مقدار متوسط روشنایی ۱ فوت کاندلا (۱۱ لوکس) با نسبت یکنواختی ۳ به ۱ و یا ۴ به ۱ بایستی برای کلیهٔ پارکینگ‌ها در نظر گرفته شود. در ضمن، بایستی به نواحی خاص مانند رمپ‌های ویژه تردد معلولین، ایستگاه سرویس‌های بهداشتی و دیگر مکان‌هایی که نیاز به شرح جزییات بیشتر دارند، توجه نمود. این کار را می‌توان با قرار دادن یک نور متمرکز در مجاورت آنها انجام داد تا به بیشترین قابلیت دید ممکن در این مکان‌ها دست یافت.

ت- نواحی تردد و فعالیت[2]

به نواحی گفته می شود که جهت استفاده عابرین پیاده طراحی شده و نواحی عمده آن شامل تسهیلاتی مانند استراحتگاه، مراکز اطلاع‌رسانی و غیره و همچنین گذرگاههای عابر پیاده از این مکان‌ها به توقفگاهها، می‌باشد.
نواحی فعالیت جزیی به نواحی مانند میزهای پیک‌نیک، مسیرهای عبور حیوانات (خانگی) و گذرگاهها و تسهیلات مربوط به آن گفته می‌شود.

توصیه می‌شود که گذرگاههای عابرین پیاده در اطراف ساختمان‌ها و گذرگاههای پیاده‌روی اصلی که به تسهیلات توقفگاهی منتهی می‌شوند با متوسط روشنایی ۱ فوت کاندلا (۱۱ لوکس) با نسبت یکنواختی ۳ به ۱ و یا ۴ به ۱ مجهز گردند که متناسب با توصیه‌های ارایه شده جهت روشنایی توقفگاهها می‌باشد. راههایی که به میزهای با سایه‌بان،

1- Parking areas
2- Activity areas

میزهای پیک‌نیک، مسیرهای عبور حیوانات و غیره ختم می‌شوند، بایستی با متوسط روشنایی ۰/۵ فوت کاندلا (۵ لوکس) و با نسبت یکنواختی ۶ به ۱ و یا بهتر مجهز شوند. چنانچه برای طراح مطلوب باشد، می‌توان جهت دسترسی بهتر به سطوح روشنایی از وجود نورافکن‌ها نیز بهره گرفت. در هر صورت، بایستی جانب احتیاط را رعایت نمود که نه تنها از نقطه‌نظر طراحی، بلکه حتی در تنظیمات نهایی نورافکن‌ها دقت کافی به عمل آید و از بروز اثر خیرگی چشم برای رانندگان عبوری در جاده اصلی، اجتناب گردد.

۷-۳- تعمیر و نگهداری

استراحتگاهها معمولاً در نواحی دور و مجزا بنا نهاده می‌شوند و بیش از مناطقی که طبیعتاً دارای روشنایی بزرگراه هستند، نیاز به نظارت و تعمیر و نگهداری دارند. به خاطر دور بودن این نواحی، نورافکن‌ها و واحدهای روشنایی بایستی طوری انتخاب شوند که بیشترین حفاظت را در برابر خرابکاری‌های احتمالی داشته و نیاز به کمترین تعمیر و نگهداری داشته باشند.

۷-۴- دیگر نواحی خاص

طراحی سیستم روشنایی دیگر نواحی تحت نظر سازمان‌های دولتی، نه تنها از نقطه‌نظر نیازهای رانندگان بلکه بر اساس نیازهای افراد دیگر که در مجاورت با این نواحی هستند و با رانندگان ارتباط دارند، بایستی صورت پذیرد. این نواحی شامل مناطق زیر بوده ولی محدود به آنها نمی‌شود.

۱- ایستگاه‌های توزین کامیون‌ها (باسکول)
۲- نواحی بازرسی و ثبت تخلف
۳- نواحی پارک- سوار
۴- نواحی دسترسی به فری (قایق موتوری یا لنج)
۵- باجه‌های اخذ عوارض
۶- رمپ‌های خروجی[1] (جهت تخلیه)

مقادیر روشنایی برای کلیهٔ نواحی مذکور بایستی به حدی باشد تا رانندگان بتوانند به طور ایمن از این نواحی عبور کرده و عملیات متناسب با این نواحی مانند خطوط عبوری کاهش‌سرعت، افزایش سرعت، تشکیل صف و غیره را داشته باشند. آخرین مورد ذکر شده در نواحی خاص، جهت موارد اضطراری می‌باشد. طرح هندسی راهها و خط‌کشی، علامت‌گذاری و روشنایی آنها بایستی در جهت رفع هرگونه ابهامی پایه‌گذاری شود.

1- Escape ramps

۸- روشنایی تابلوهای راهنمایی

۸-۱- کلیات

استانداردهایی که در طراحی تابلوهای راهنمایی به کار می‌روند، در راهنمای تجهیزات هماهنگ کنترل ترافیک (MUTCD) مطرح شده‌اند. به منظور ارایه دستورالعملی جامع و گسترده برای طراح در استانداردسازی کار طراحی تابلوهای راهنمایی و اطمینان از دریافت سریع و دقیق اطلاعات ضروری توسط رانندگان، تعمیم‌هایی صورت گرفته است. عوامل بصری که موجب انتقال پیام از علایم راهنمایی می‌شوند عبارتند از:

۱- کنتراست تابلو با اشیاء در پس‌زمینه
۲- کنتراست بین حروف و سمبل‌ها و صفحه تابلو
۳- درخشندگی پیام و صفحهٔ تابلو
۴- فاصله‌ای که از تابلو رویت می‌شود
۵- زمان موجود برای رویت تابلو
۶- اندازهٔ حروف و یا سمبل‌ها و طول نوشته‌های روی تابلو
۷- زاویه‌ای که از آن تابلو رویت می‌شود
۸- رنگ
۹- موانع موجود در جلوی تابلو

بسیاری از موارد فوق با هم در ارتباط هستند و چنانچه به صورت جداگانه بررسی شوند، احتمال انتقال سریع و دقیق اطلاعات ضروری توسط یک تابلوی راهنمایی به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. وظیفه طراح روشنایی، تأمین نور مناسب جهت رویت کامل و خوانای پیام در ساعات تاریکی می‌باشد.

تابلوهای مجهز به بازتابنده، از نورهای چراغهای وسایل نقلیه استفاده کرده و به هنگام انعکاس آن تراکم نور کافی را جهت قرائت پیام فراهم می‌نمایند. در حال حاضر، ملاحظات ایمنی، بر دورتر قرار دادن تابلوها از لبهٔ جاده تأکید دارد. در نتیجه، تابلو دیگر در موقعیتی قرار نخواهد داشت که نور را به طور کامل از چراغ‌های جلوی وسیلهٔ نقلیه جذب کند. تابلوهای بزرگ اغلب در بالای خطوط عبوری نصب می‌شوند تا دیگر چراغ‌های جلوی وسایل نقلیه بر شدت درخشندگی تابلوهای راهنمایی تأثیر نگذارند.

۸-۲- الزامات

روشنایی تابلوها در جایی که تابلو در شب به طور دقیق قابل رویت نباشد، الزامی است.

۸-۳- انواع روشنایی تابلوهای راهنمایی

سه نوع اصلی روشنایی تابلوها عبارتند از:

۱- خارجی: سطح خارجی تابلوها به طور یکنواختی از منابع نوری روشن می‌گردد.

۲- داخلی: منبع یا منابع نوری در داخل تابلو تعبیه می‌شوند و پیام با اختلاف رنگ و حالت نیمه‌شفاف بودن ماده در صفحه تابلو، قابل رویت می‌باشد.

۳- علایم نورانی: کلمات و یا سمبل‌های پیام‌ها از لامپ‌ها و یا عناصر نورانی تشکیل شده‌اند که به خودی خود در طول روز قابل رویت هستند. این نوع تابلوها معمولاً متداول‌تر از سیستم تابلوهای متغیر خبری هستند زیرا ترکیب و ترتیب عناصر نورانی را می‌توان تغییر داد. این راهنما تنها روشنایی تابلوهای نوع خارجی را بررسی می‌نماید.

۸-۴- طبقه‌بندی نواحی

درخشندگی محیطی عبارت است از درخشندگی زمینه در مقابل علامتی که بایستی توسط راننده رویت شود. از آنجایی که روش تأیید شده‌ای برای طبقه‌بندی روشنایی محیطی وجود ندارد و یا روش اندازه‌گیری تصویب شده‌ای نیز در دسترس نیست، موارد زیر جهت راهنما آورده می‌شود:

۱- کم: نواحی برون‌شهری که در آن اشیاء در شب تنها در زیر نور مهتاب رویت می‌گردند. در آنجا روشنایی یا وجود ندارد یا کم می‌باشد.

۲- متوسط: شامل نواحی کوچک روشنایی تجاری و روشنایی جاده‌ای است.

۳- زیاد: نواحی تجاری مرکزی، جاده‌های با روشنایی بالا، تابلوهای تبلیغاتی درخشنده با نور بالا و یا تسهیلات پارکینگ مجهز به نور زیاد.

۸-۵- کنتراست و درخشندگی تابلوها

تراکم نور تعیین می نماید که تابلو تا چه حد توجه راننده را در مقایسه با دیگر عوامل بازدارنده روشنایی راه و یا تابلوهای تبلیغاتی اطراف، به خود جلب می‌نماید. خوانا بودن پیام تابلو، از طریق کنتراست بین روشنایی پیام و صفحهٔ تابلو، کنترل می‌شود (جدول ۶).

۸-۶- یکنواختی

میزان یکنواختی حداکثر به حداقل روشنایی در کل صفحهٔ تابلو بایستی کنترل شود. نقاط حداکثر و حداقل که در فواصل کمی از هم قرار گرفته‌اند، موجب تداخل کنتراست حروف و زمینه و نهایتاً کاهش در خوانایی می‌گردند. میزان یکنواختی حداکثر به حداقل برای روشنایی تابلوهای مجهز به روشنایی خارجی نباید از نسبت ۶ به ۱ تجاوز نماید

و در صورت امکان، نسبت ۴ به ۱ مطلوب است. اختلاف در تراکم نور (درخشندگی) هنگامی که این نسبت بـه ۴ بـه ۱ نزدیک می‌شود، تقریباً از بین می‌رود.

۸-۷- استانداردهای رنگ تابلوها

اسـتانداردهـای مـوردنظر در طراحـی رنـگ تابلوهـا در کتـاب راهنمـای تجهیـزات هماهنـگ کنتـرل ترافیـک (MUTCD) ارایه شده‌اند. طراح سیستم روشنایی بایستی اطمینان حاصل نماید که منبع نور، رنگ روی تابلو را به میزان کافی روشن می‌نماید.

۸-۸- محل نصب نورافکن‌ها

طراحی و تعیین محل نصب تابلوهای راهنمایی در هر ایالت متفاوت است. لذا نیازی نیست تـا یـک روش کلـی جهت تعیین موقعیت واحد روشنایی در بالا، پایین، کنار و یا دور از تابلو بیان گردد. توصیه می‌شود چنانچه عملی باشـد، نورافکن در پایین تابلو نصب شود.

قبل از انتخاب روش نصب واحدهای روشنایی مواردی را باید در نظر گرفت که عبارتند از:

۱- محفظه واحد روشنایی و یا سایه آن نباید مانع دید راننده جهت دریافت پیام باشد.
۲- انعکاس آینه‌ای نبایستی موجب خیرگی مفرط و مضر شود.
۳- انعکاس نور در واحدهای روشنایی نبایستی به طرف چشم‌های رانندگان باشد.
۴- روشنایی ناشی از انعکاس نور فوق نبایستی باعث ایجاد سردرگمی رانندگان در سطح جاده شود.
۵- نحوه نصب نورافکن‌ها، نبایستی مشکلات تعمیراتی ایجاد کند.

جدول ۶- تراکم و شدت نور برای روشنایی تابلوها

	تراکم یا شدت نور محیط		
	کم	**متوسط**	**زیاد**
تراکم نور[a]	۷-۱۴ (فوت لامبرت) ۲۴ -۴۸ cd/m^2	۱۴-۲۸ (فوت لامبرت) ۴۸-۹۶ cd/m^2	۲۸-۵۶ (فوت لامبرت) ۹۶-۱۹۲ cd/m^2
شدت نور	۱۰-۲۰ (فوت کاندلا) ۱۰۸-۲۱۶ (لوکس)	۲۰-۴۰ (فوت کاندلا) ۲۱۶-۴۳۲ (لوکس)	۴۰-۸۰ (فوت کاندلا) ۴۳۲-۸۶۴ (لوکس)

موارد فوق می‌توانند به عنوان راهنما جهت سطوح روشنایی استفاده شوند

[a] قابلیت انعکاس حفظ شده برای حروف تابلوهای سفید، هفتاد درصد است.

اقتباس از:" روش استاندارد ملی آمریکا برای روشنایی راهها" ANSI/IES RP-8, 1983 ، انجمن مهندسی روشنایی شمال آمریکا.

۹- ملاحظات تعمیر و نگهداری در طراحی روشنایی راه

۹-۱- کلیات

کلیهٔ سیستم‌های روشنایی به مرور زمان دچار استهلاک می‌شوند و نیاز به یک برنامهٔ مستمر نظارت و نگهداری جهت ارایه خدمات و سرویس‌دهی سیستم روشنایی دارند. از نورافکن‌ها، پایه‌های نگهدارنده و دیگر تجهیزات برقی نمی‌توان انتظار داشت که یک سرویس نامحدود و عملیات بهینه را بدون وجود برنامهٔ جامع و برنامه‌ریزی شده تعمیر و نگهداری ارایه نمایند. کاربران انتظار دارند که مزایای یک سیستم روشنایی خوب و بهینه را دریافت نمایند.

طراحی اولیه روشنایی، باید میزان و تعدد عملیات تعمیراتی در سیستم روشنایی را مدنظر قرار دهد. بنابراین، مسؤولین امور تعمیر و نگهداری ملزم به تجهیز میزان روشنایی کافی و پرسنل ورزیده جهت فعال نگاه داشتن سیستم در حد معقول هستند. هرگونه فعالیتی بایستی از لحاظ تعمیرات و عملکرد مطلوب مدنظر قرار گیرد که البته باید در مرحله اولیه طراحی انجام گیرد.

تعمیرات سیستم روشنایی می‌تواند به زمینه‌های مختلفی مانند واحدهای نوری، پایه‌های نگهدارنده، توزیع و کنترل برق و عوامل خارجی، طبقه‌بندی شود. هر یک از این طبقه‌بندی‌ها در بازدهی و کارآیی کلی نصب روشنایی مؤثر بوده و بایستی در هر برنامهٔ تعمیر و نگهداری خوب سیستم روشنایی گنجانده شوند.

۹-۲- ضرایب تعمیر و نگهداری

مقادیر طراحی که در این راهنما آورده شده است، با در نظر گرفتن کاهش در مقادیر اولیه محاسبه شده در طراحی می‌باشد که با ترکیب عواملی مانند کاهش درخشندگی لامپ به وسیلهٔ آلودگی (LDD) [1] ، افت لومن لامپ[2] (LLD)، و ضریب تجهیزات (EF)، متناسب است. این مقادیر حفظ شده در درازمدت (ترکیب LDD ,LLD ,EF)، در محدودهٔ ۶۰ الی ۸۰ درصد (مقادیر اولیهٔ طراحی)، به طور عمده در سیستم‌های روشنایی با منابع نوری و در ارتفاع نصب ۳۰ تا ۵۰ فوت (۹ الی ۱۵ متر) به کار برده می‌شوند.

۹-۳- تعمیر و نگهداری نورافکن‌ها

به منظور دستیابی به میزان روشنایی قابل انتظار در جاده‌های موجود، استفاده از ضرایب افت واحدهای نوری، آلودگی و تجهیزات پس از نصب سیستم، کاملاً ضروری است. مقادیر این ضرایب از اطلاعات و داده‌های کارخانجات سازنده با توجه به تنظیمات برای شرایط خاص و تجارب طراح، قابل استخراج خواهند بود.

1- Luminance Dirt Depreciation
2- Lamp Lumen Depreciation

۹-۳-۱- افت در واحد نوری (نورافکن) ناشی از آلودگی (LDD)

تجمع تدریجی آلودگی ناشی از ذرات معلق آلودگی در هوا بر روی لامپ‌ها و افت سطوح نوری، موجب کاهش لومن خروجی لامپ شده و متناوباً باعث تغییر مشخصه‌های توزیع آن در سطح جاده می‌شود. پیش‌بینی اثر تجمع آلودگی و به تبع آن کاهش در خروجی لامپ در درازمدت، برای طراح ضرورت دارد. انتخاب نوع واحد نوری، ارتفاع نصب و فواصل آن تا جاده، در نرخ تجمع آلودگی تأثیر می‌گذارد.

اطلاعات فنی در مراجع این کتابچهٔ راهنما و یا در مراجع دیگر، اطلاعات دقیق‌تری را جهت به حداقل رساندن تجمع آلودگی در و بر روی واحدهای نوری فراهم می‌کند. این اطلاعات بایستی جهت محاسبه دفعات تمیز کردن واحدهای روشنایی برای حفظ مقادیر روشنایی طراحی شده استفاده شود.

۹-۳-۲- کاهش لومن خروجی لامپ (LLD)

افت تدریجی خروجی لومن منابع نوری به واسطهٔ گذشت زمان طولانی به عوامل مختلفی مانند نوع منبع نوری مربوط می‌شود. داده‌ها و اطلاعات منتشره از سوی سازندگان برای هر نوع و اندازه از لامپ، اطلاعات آماری را در خصوص پیش‌بینی و تخمین نرخ کاهش خروجی لامپ و از بین رفتن لامپ، ارایه می‌کنند. از این متوسط طول عمر و افت پیش‌بینی شده، بایستی برای تدوین برنامه تعمیر و نگهداری لامپ‌ها بر اساس مقادیر حداقل طراحی شده و نیزکسب حداکثر بازدهی اقتصادی در عملکرد لامپ استفاده نمود. تعویض گروهی تعدادی از لامپ‌ها که نزدیک به انتهای عمر خود هستند، می‌تواند موجب کاهش هزینه‌های کلی تعویض لامپ‌ها شده و سرویس‌دهی بهتری را به دنبال داشته باشد.

۹-۴- تعمیر و نگهداری پایه‌های نگهدارنده

انتخاب ارتفاع و موقعیت نصب نورافکن‌ها با توجه به مسایل ایمنی ترافیک و انتخاب مواد مناسب جهت پایه‌ها و فونداسیون‌ها، بایستی با دانش و آگاهی کامل نسبت به عملیات و هزینه‌های تعمیر ونگهداری صورت گیرد.
از نکات مهم در تسهیل فعالیت‌های تعمیر و نگهداری، ایمنی و سهولت دسترسی به سیستم‌های روشنایی می‌باشد. تجهیزات روشنایی بایستی در مکانی نصب گردند که قابلیت سرویس و تعمیر را در کمترین زمان و نفرات تعمیراتی داشته و کمترین تداخل را با رانندگان داشته باشند.

قبل از انتخاب پایه‌ها، دستک‌های نگهدارنده و دیگر تجهیزاتی که در معرض آب و هوا قرار خواهند گرفت، هزینه‌های اولیه و هزینه‌های درازمدت عملیات تعمیر و نگهداری بایستی مد نظر قرار گیرند. شکل ظاهری سیستم روشنایی در روز نیز از نظر عموم مردم مهم است. یک سیستم با شکل ظاهری نامتناسب و ضعیف می‌تواند موجب شرمندگی و آشفتگی سازمان مسؤول شود که منعکس‌کننده کیفیت پایین سرویس‌دهی کلی سازمان مذکور می‌باشد.

۹-۵- تعمیر و نگهداری سیستم‌های کنترل و توزیع برق

سیستم‌های کنترل و توزیع برق متعددی به طور مشترک در روشنایی راهها نیز به کار می‌روند. هدف از این راهنما، تجویز نوع خاصی از کابل و یا تجهیزات کنترلی برای روشنایی راهها نمی‌باشد. از لحاظ هزینه‌های تعمیر و نگهداری و بسته به نوع عملیات، معمولاً ساده‌ترین شکل تجهیزات کنترلی که عملکرد مورد نظر را تأمین می‌نمایند، ترجیح داده می‌شود. سیستم‌های پیچیده توزیع و کنترل، احتمال خرابی را افزایش می‌دهد و نیاز به توجه بیشتر پرسنل تعمیراتی دارد. در نواحی که احتمال خرابکاری توسط افراد پیش‌بینی می‌شود، تجهیزات بایستی طوری طراحی شوند که احتمال خرابکاری عمدی توسط افراد را کاهش داده و از تماس افراد خرابکار با تجهیزات برقی جلوگیری نمایند.

۹-۶- عوامل خارجی

عوامل خارجی زیادی وجود دارند که می‌توانند اثر قابل ملاحظه‌ای بر تعمیرات سیستم روشنایی داشته باشند. برخی از عوامل فوق عبارتند از:

- درختان با شاخه‌های آویختهٔ کوتاه که نزدیک واحدهای روشنایی هستند، می‌توانند موجب عدم یکنواختی توزیع نور در جاده، عملکرد غیرمؤثر سیستم و احتمال ایجاد سایه‌های گمراه‌کننده برای رانندگان شوند. هرس کردن درختان به عنوان بخشی از فعالیت‌های تعمیر و نگهداری سیستم روشنایی ضرورت دارد.
- محیط‌هایی با آلودگی بالا، مانند مناطق صنعتی و یا جاده‌های با حجم بالای ترافیک کامیون، نیاز به تمیز کردن مکرر واحدهای روشنایی دارند.
- محیط‌های با خورندگی بالا نیاز به انتخاب نوع پایه‌ها، دستک‌های نگهدارنده و غیره به منظور مقابله با اثر خوردگی را ضرورت می‌بخشند.
- لرزش بیش از حد در واحدهای نورانی و یا پایه‌های آنها معمولاً مشاهده می‌شود، به ویژه در سازه‌های پل‌ها که در آن ترکیبی از حرکت باد و سازه ناشی از حرکت وسایل نقلیه، می‌تواند موجب صدمه به واحدهای روشنایی گردد. استفاده از لرزه‌گیرها[1] و یا نگهدارنده‌های کمکی می‌تواند در کاهش مؤثر این نیروها تا حد مجاز، مؤثر باشد.

1- Vibration Damper

۱۰- مراجع

1- "American National Standard Practice for Roadway Lighting, 1993; and Graphical Methods for Complying with the 1983 Standard Practice for Roadway Lighting;" A Special Instructional Report. Illuminating Engineering Society, 345 East 47th Street, New York, New York, 10017.

2- National Cooperative Highway Research Program Report 152. "Warrants for Highway Lighting." Transportation Research Board. National Academy of Sciences 2101 Constitution Avenue, N.W., Washington, D.C., 20418.

3- Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways. Superintendent of Documents U.S. Government Printing Office. Washington, D.C., 20402.

4- Highway Safety Program Standard No.12, "Highway Design, Construction and Maintenance." U.S Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Highway Safety, Washington, D.C., 20590.

5- I.E.S. Lighting Handbook, Current Edition, Illuminating Engineering Society, 345 East 47th Street, New York, New York, 10017.

6- Roadway Lighting Handbook, 1978, U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration, Office of Research and Development, and Office of Traffic Operations, Washington, D.C., 20590.

7- Roadway Lighting Handbook, Addendum to Chapter 6 (Design the Lighting System Using Pavement Luminance). 1983. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration; Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office. Washington, D.C., 20402.

8- Transportation Research Circular, "Energy Considerations in Fixed and Vehicular Lighting" Number 228, May 1981. Transportation Research Board, National Academy of Sciences, 2101 Constitution Avenue, N.W. Washington, D.C., 20418.

9- Synthesis of Safety Research Related to Traffic Control and Roadway Elements, Vol. 2, Chapter 12, Roadway Lighting, U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration, FHWA-TS-82-233. Dec. 1982. Offices of Research, Development, and Technology, Washington., D.C., 20590.

10- Policy of Design Standards for Stopping Sight Distance 1971, Code PSD. American Association of State and Highway Transportation Officials (AASHTO), 444 North Capitol Street. N.W. Suite 225, Washington, D. C., 20001.

11- An Interim Report on a Study of Disability Veiling Brightness. 1967. Research Report 75-5, Texas Transportation Institute, Texas A&M University. College Station, Texas, 77843.

12- EEl Street Lighting Manual, 2nd Edition 1969, Edison Electric Institute, 750 3rd Avenue, New York, New York, 10017.

13- Design Manual for Highway Illumination, Nov, 1978, Ministry of Transportation and Communications. Highway Design Division, Design and Construction Branch, Downsview, Ontario, Canada.

14- Standard Specification for Structural Supports for Highway Signs, Luminaries and Traffic Signals. Code LTS-1, AASHTO. 444 North Capitol Street, N.W. Suite 225, Washington, D.C., 20001.

15- Highway Design and Operational Practices Related to Highway Safely. Code SR 2. 1974, AASHTO. 444 North Capitol Street, N.W. Suite 225, Washington, D.C., 2001.

16- Highway Research Circular Number 137 on Tunnel Lighting, August 1972, Transportation Research Board, 2101 Constitution Avenue. N.W. Washington, D.C., 20418.

17- "Investigations on the Required Luminance in Tunnel Entrances," W. Adrian Lighting Research and Technology. Vol. 14. No.3, 1982, Pages 151-159.

18- Tunnel Entrance Lighting – Effect of Fixation Point and Other Factors on the Determination of Requirements, K. Narisada and K. Yoshikawa, 1974, Lighting Research Laboratories, Matsushit Electric Industrial Co. Kadoma, Osaka, Japan, 571.

19- Lighting Roadway Safety Rest Areas, Journal of the Illuminating Engineering Society, October 1974, 345 East 47th street, New York, 10017.

20- Recommended Practice for Roadway Sign Lighting, Journal of the Illuminating Engineering Society, April 1983, 345 East 47th street, New York, New York, 10017.

21- International Recommendations for Tunnel Lighting Commission Internationale De L'Eclairage (C.I.E). Publication No. 26.1974.

22- A Guide to Standardized Highway Lighting Pole Hardware. April 1980, AASHTO ARTBA-AGC American Road and Transportation Builders Association, 525 School Street, S.W. Washington, D.C., 200224.

23- National Cooperative Highway Research Program Report 256, "Partial Lighting of Interchanges," 1982, Transportation Research Board, National Academy of Science, 2101 Constitution Avenue. N.W. Washington, D.C., 20418.

24- Guide for Selecting, Locating and Designing Traffic Barriers, 1977, Code GTB, AASHTO, 444 North Capitol Street, N.W. Suite 225, Washington, D.C., 2001.

25- Safety Design and Operational Practice for Streets and Highways, May 1980, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration Office of Research and Development, Implementation Division, Washington, D.C., 20590.

26- New Directions in Roadway Lighting, March 1980, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. Technology Sharing Report FHWA-TS-80-223, Stock Number 050-000-00159-8, Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 20402.

27- Calculation and Measurement of Luminance and Illuminance in Road Lighting, Commission Internationale De L'Eclairage (C.I.E). Publication No. 30.1976.

28- Recommendations for the Lighting of Roads for Motorized Traffic Commission Internationale De L'Eclairage (C.I.E) Publication No.12/2, 1977.

فهرست انتشارات

الف) پروژه‌های تحقیقاتی

۱. بررسی عوامل مؤثر در ارزیابی و توجیه فنی و اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی پروژه‌های راه و راه‌آهن
۲. کاربرد آب و مصالح محلی چابهار برای ساخت بلوکهای ساختمانی
۳. شیوه‌های طراحی و کاربرد حفاظها و ضربه‌گیرهای ایمنی در راهها
۴. ضوابط طراحی و اجرای روسازی راه آهن بدون بالاست
۵. بررسی و مقایسه فنی و اقتصادی رویه‌های بتنی و آسفالتی
۶. راهنمای طراحی واجرای سیستم زهکشی آبهای سطحی و زیرسطحی راه، راه‌آهن وفرودگاه (و نقشه‌های اجرایی)
۷. ضوابط طراحی و اجرای آسفالت ماستیک
۸. بررسی مسائل کمی و کیفی مصرف قیر در راههای کشور
۹. راهنمای طراحی و ایمن‌سازی پایه علائم راه
۱۰. روش‌های جدید طرح مخلوط های آسفالتی بر اساس عملکرد و پیشنهاد روش مناسب برای کشور
۱۱. راهنمای تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راهها
۱۲. تسلیح خاکریز و بستر راهها با استفاده از ژئوگرید
۱۳. سیستم حمل‌ونقل ریلی
۱۴. ارایه روش‌های ساماندهی فعالیت عوارض بزرگراهها و آزادراههای کشور
۱۵. ظرفیت باربری محوری شمعها

ب) گزارش‌های تخصصی

۱. پیشنهاداتی برای آزمایش ژئوتکستایلها
۲. ممیزی ایمنی راه
۳. راهنماییهای سودمند برای طراحی و ساخت خاکریزهای راه
۴. روشها و شرایط لازم برای عملیات خاکی به منظور کاهش اثرات زیست محیطی پروژه‌های راه
۵. آلودگی ناشی از دی اکسید نیتروژن در تونلهای راه
۶. ایمنی در تونلها
۷. مدیریت ترافیک و کیفیت سرویس
۸. گزارش سالانه ژوئیه ۲۰۰۳ **GRSP**
۹. بهینه سازی شبکه‌های موجود بین شهری

۱۰. بیست و دومین همایش جهانی راه پیارک
۱۱. یارانه‌ها هزینه‌ها و منافع اجتماعی حمل‌ونقل عمومی
۱۲. برنامه‌ریزی و بودجه در شبکه راهها
۱۳. روشهای مشارکت همگانی در توسعه پروژه راه
۱۴. قیمت‌های بین‌المللی سوخت (بنزین و گازوییل)
۱۵. سیاست حمل‌ونقل اروپایی تا سال ۲۰۱۰
۱۶. مبانی تحلیل اقتصادی
۱۷. انتخاب مصالح و طراحی روسازی‌های انعطاف‌پذیر برای آمدوشد و شرایط آب‌وهوایی سخت
۱۸. راهنمای فیلم‌های **IRF**
۱۹. راهنمای ممیزی ایمنی راه
۲۰. ارتقاء و بهبود عملکرد داخلی راهها
۲۱. فرآیند تصمیم‌گیری در اعمال سیاست‌های پایدار حمل‌ونقل جاده‌ای
۲۲. کیفیت خدمات جاده‌ای
۲۳. روشهای ارزیابی اقتصادی برای پروژه‌های راه در کشورهای عضو پیارک
۲۴. روشهایی برای ارزیابی خطر وقوع زمین لغزه‌ها
۲۵. روشهای ساده نگهداری راه
۲۶. تقسیم مسؤولیت برای داشتن جاده‌های ایمن‌تر
۲۷. راههای دسترسی به مناطق برون شهری
۲۸. تجهیزات اتوماتیک بررسی ترک خوردگی روسازی راه
۲۹. تأمین مالی و ارزیابی اقتصادی
۳۰. بهبود تأمین منابع مالی و مدیریت نگهداری راه
۳۱. بازیافت روسازی‌های انعطاف‌پذیر موجود
۳۲. حمل‌ونقل هوشمند
۳۳. محیط زیست و پروژه‌های راهسازی
۳۴. راهنمای ارزیابی سیستم‌های نگهدارنده خاک
۳۵. آشنایی با مفاهیم مدیریت روسازی
۳۶. راهنمای انعقاد قرارداد، نحوه انتخاب و مدیریت مشاوران در فعالیت‌های مهندسی پیش از ساخت
۳۷. تضمین کیفیت در عملیات خاکی
۳۸. طبقه‌بندی تونل‌ها، دستورالعمل‌ها، تجربیات موجود و پیشنهادات
۳۹. نقش مدل‌های اقتصادی و اجتماعی- اقتصادی در مدیریت راه
۴۰. رویه‌های بتنی مسلح پیوسته
۴۱. حمل‌ونقل ترکیبی، اقداماتی جهت تشویق به استفاده از حمل‌ونقل عمومی

۴۲. پیشرفت مدیریت و تأمین بودجه نگهداری راهها در افریقا
۴۳. برنامه ملی ایمنی ترافیک کشور ترکیه
۴۴. بررسی توسعه حمل‌ونقل در منطقه اسکاپ در سال ۲۰۰۳، آسیا و اقیانوسیه
۴۵. تبادل فناوری و توسعه
۴۶. راههای دارای رویه بتنی
۴۷. تجدید ساختار بخش راه
۴۸. حمل‌ونقل کالا
۴۹. گزارش سالانه ژوئن ۲۰۰٤ **GRSP**
۵۰. بکارگیری مصالح حاصل از بازیافت رویه‌های آسفالتی و بتن خرد شده در خاکریز
۵۱. تراکم ترافیک در آزادراهها و بزرگراهها
۵۲. کاربرد بتن غلتکی در راهسازی
۵۳. راهنمای تأمین روشنایی راهها

ج) کتب

۱. فرهنگ جامع دریایی
۲. برنامه‌ریزی و طراحی فرودگاه (دو جلد)
۳. فرهنگ و اصطلاحات فنی و مهندسی راه
۴. راهنمای ایمنی راه (پیارک)
۵. فرهنگ مصور دریایی(همراه با نسخه الکترونیک)

د) لوح فشرده

۱. نشریات **Austroads** (شامل ۱۸٦ عنوان از نشریات وزارت راه استرالیا و نیوزلند در موضوعات مختلف بصورت فایل **pdf**)
۲. فیلم‌های آموزشی راه **IRF** (شامل ۱۰۷ فیلم در ٤۲ لوح فشرده)
۳. نشریات **SWOV** (شامل ۱۳۸ عنوان از نشریات **SWOV, DRI, VTI, NCHRP** در موضوعات مختلف بصورت فایل **pdf**)
۴. آیین‌نامه ایمنی راهها (مجموعه هفت جلدی منتشر شده از سوی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی)

Ministry of Roads and Transportation
Deputy of Education Research and Technology

An Informational Guide for Roadway Lighting