

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

گروه مهندسی  
فراعمران  
ucivil.ir



خدمات گروه مهندسی فراعمران

✓ تولید محتوا و مرجع دانلود رایگان کتاب، جزوه و پروژه های درسی

✓ آموزش تخصصی نرم افزارهای GeoStudio ، Abaqus و ...

✓ مشاوره انجام پایان نامه و پروژه های دانشجویی با کادری مجرب



صلى الله عليه وسلم

جمهوری اسلامی ایران

# آیین نامه ایمنی راه‌ها

نشریه شماره ۵-۲۶۷

(تأسیسات ایمنی راه)

وزارت راه و ترابری  
معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری  
پژوهشکده حمل و نقل  
<http://www.rahiran.ir>

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور  
معاونت امور فنی  
دفتر امور فنی، تدوین معیارها  
و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله  
<http://tec.mporg.ir>



ریاست جمهوری

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور  
دفتر رئیس سازمان

بسمه تعالی

شماره :	۱۰۱/۶۲۰۹۱	به دستگاه‌های اجرایی ، مهندسان مشاور و
تاریخ :	۱۳۸۴/۴/۱۱	پیمانکاران
موضوع : آیین‌نامه ایمنی راه‌ها (تأسیسات ایمنی راه)		
<p>به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چهارچوب نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت/۱۴۸۹۸ هـ ، مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران) به پیوست ، نشریه شماره ۵-۲۶۷ دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان، با عنوان «آیین‌نامه ایمنی راه‌ها (تأسیسات ایمنی راه)» از نوع گروه اول، ابلاغ می‌شود؛ تا از تاریخ ۱۳۸۴/۱۰/۱ به اجرا درآید .</p> <p>رعایت کامل مفاد این نشریه از طرف دستگاه‌های اجرایی ، مهندسان مشاور ، پیمانکاران و عوامل دیگر در طرح‌های عمرانی الزامی است، ولی در یک دوره گذر دو ساله تا ۱۳۸۶/۱۰/۱ استفاده از دیگر آیین‌نامه‌های معتبر نیز مجاز خواهد بود. در این دوره گذر، لازم است تا عوامل یاد شده نسخه‌ای از آیین‌نامه‌ها، دستورالعمل‌ها و یا روش‌های جایگزین را برای دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، ارسال دارند.</p>		
<p>معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان محمد شرکاء</p>		

:

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته، مبادرت به تهیه این دستورالعمل نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، **از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و**

**اشکال فنی، مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:**

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان، متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

**نشانی برای مکاتبه:** تهران، خیابان شیخ بهائی، بالاتر از ملاصدرا، کوچه لادن، شماره ۲۴

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

<http://tec.mporg.ir>

صندوق پستی ۴۵۴۸۱-۱۹۹۱۷

## بسمه تعالی

### پیشگفتار

استفاده از ضوابط و معیارها در مراحل تهیه (مطالعات امکان‌سنجی)، مطالعه، طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرحهای عمرانی به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرحها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیت ویژه برخوردار است.

نظام فنی و اجرایی طرحهای عمرانی کشور (مصوب جلسه مورخ ۱۳۷۵/۳/۲۲ هیئت وزیران) به‌کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از طرحها را مورد تأکید قرار داده است.

بنابر مفاد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی موظف به تهیه و ابلاغ ضوابط، مشخصات فنی، آیین‌نامه‌ها و معیارهای مورد نیاز طرحهای عمرانی می‌باشد. با توجه به تنوع و گستردگی طرحهای عمرانی، طی سالهای اخیر سعی شده است در تهیه و تدوین این‌گونه مدارک علمی از مراکز تحقیقات دستگاههای اجرایی ذی‌ربط استفاده شود. در این راستا مقرر شده است پژوهشکده حمل و نقل در معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری در تدوین ضوابط و معیارهای فنی بخش حمل و نقل، ضمن هماهنگی با دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، عهده‌دار این مهم باشد.

پیشرفت و توسعه، مستلزم توجه به تحقیقات علمی و تخصصی در جهت به‌کارگیری صحیح نیروی انسانی متخصص و کارآمد و همچنین سیاستها و برنامه‌ریزی مناسب می‌باشد. از مهم‌ترین اقدامها در سیاستگذاریها و برنامه‌ریزیهای تحقیقاتی و پژوهشی، تعیین هدف و خط مشی برای توسعه، هدایت و تشویق و اشاعه فرهنگ تحقیقاتی به منظور استفاده بهینه از سرمایه ملی، منابع طبیعی و نیروی انسانی

است. البته برنامه‌ریزی‌های تحقیقاتی باید بلندمدت و فراگیر باشد تا امکان انتقال و کسب تجربه فراهم و موجب تقویت و تعالی شاخصهای توسعه گردد.

وزارت راه و ترابری به لحاظ گستردگی و حساسیت وظایف خویش، در توسعه و تحولات اقتصادی، صنعتی و اجتماعی کشور نقشی بنیادی ایفا می‌کند. این وظایف، به طور عمده شامل احداث تأسیسات زیربنایی حمل و نقل مانند راه، راه‌آهن، بندر و فرودگاه و نگهداری این تأسیسات و ایمن‌سازی و بهره‌برداری بهینه از آنها، برای برقراری نظامی پویا و قوی در حمل و نقل زمینی، دریایی و هوایی است. مرکز تحقیقات و مطالعات وزارت راه و ترابری در سال ۱۳۶۷، تأسیس و در سال ۱۳۷۶ با ادغام در مرکز آموزش به مرکز تحقیقات و آموزش وزارت راه و ترابری تغییر نام یافت. در سال ۱۳۸۱ این مرکز زیرمجموعه معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری قرار گرفته و از سال ۱۳۸۳ با عنوان پژوهشکده حمل و نقل ایفای نقش می‌نماید. این پژوهشکده با انجام تحقیقات کاربردی، موفق به انتشار مجموعه‌های تخصصی در زمینه‌های مختلف حمل و نقل با استفاده از متخصصان دانشگاه‌ها، وزارت راه و ترابری، مهندسان مشاور و سایر بخشها شده است.

در سال ۱۳۸۲، تفاهم‌نامه‌ای با هدف همکاری و هماهنگی معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری و معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، در زمینه تهیه ضوابط و معیارهای فنی بخش راه و ترابری، مبادله و به منظر هدایت، راهبری و برنامه‌ریزی منسجم و اصولی امور مرتبط، کمیته راهبری متشکل از نمایندگان دو مجموعه تشکیل گردید. این کمیته با تشکیل جلسات منظم نسبت به هدایت و راهبری پروژه‌های جدید و جاری، در مراحل مختلف تعریف و تصویب پروژه‌ها، انجام، نظارت و آماده‌سازی نهایی و ابلاغ آنها، اقدامهای لازم را انجام داده است. یکی از پروژه‌های حاصل از این فرآیند نشریه حاضر می‌باشد.

آیین‌نامه ایمنی راه‌ها در زمینه ایمنی ساخت، نگهداری و بهره‌برداری راه‌ها، توسط گروهی محقق و با همکاری پژوهشکده حمل و نقل و اداره کل ایمنی و حریم راه‌ها با بررسی تعدادی از معتبرترین آیین‌نامه‌ها، معیارها و توصیه‌های فنی بین‌المللی موجود در زمینه ایمنی راه‌ها تهیه شده است. به این ترتیب گام آغازین در راستای تأمین سطح ایمنی مناسب برای حمل و نقل زمینی کشور برداشته شده است.

بخشهای هفت‌گانه این آیین‌نامه عبارتند از:

- ۱- ایمنی راه و حریم
- ۲- ایمنی ابنیه فنی
- ۳- علایم ایمنی راه
- ۴- تجهیزات ایمنی راه
- ۵- تأسیسات ایمنی راه
- ۶- ایمنی بهره‌برداری
- ۷- ایمنی در عملیات اجرایی

این نشریه با عنوان « آیین‌نامه ایمنی راه‌ها (تأسیسات ایمنی راه) »، شامل سه فصل است. در فصل اول (روشنایی) پس از ارائه تعاریف، انواع روشنایی و تقسیم‌بندی آنها، به طراحی روشنایی تونل‌ها، جاده و تقاطع‌ها و همچنین نحوه نصب چراغ‌ها اشاره شده است. در فصل دوم (تهویه و آتش‌سوزی) به خصوصیات گازهای موجود در تونل، اشاره شده و سپس انواع سیستم‌های تهویه در تونل‌ها بررسی و مقایسه شده است. در فصل سوم (یخ‌زدایی) به یخ‌زدایی جاده‌ها و نقش خاک در راهداری زمستانی، بررسی آثار منفی نم‌پاشی و ارائه راهکارهایی برای کاهش این عوارض، مواد شیمیایی جایگزین نمک و مشخصات هر کدام پرداخته شده است.

معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری، به این وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را نسبت به تمامی سازمانها، مؤسسات و ادارات ذی‌ربط، به ویژه اداره کل ایمنی و حریم راه و کارشناسان و همکارانی که در تهیه و تدوین این مجموعه زحمات فراوانی کشیده‌اند، ابراز می‌نمایند.

\* به ترتیب حروف الفبا

### اعضای گروه بازنگاری و کمیته راهبردی

دکتر علی اصغر اردکانیان	دکتر محمود صفارزاده
مهندس حمید رضا بهرامیان	مهندس میرمحمود ظفیری



مهندس بهناز پورسید  
مهندس جمال پیمبری  
مهندس علی تبار  
مهندس علیرضا توتونچی  
مهندس مهران غلامی  
دکتر حسین قهرمانی  
مهندس شاپور ذکاوت  
دکتر حبیب‌ا... نصیری

### تهیه‌کنندگان بخش پنجم – تأسیسات ایمنی راه

مهندس محمد رحیمی  
مهندس محمد غفاری  
مهندس مهران قربانی  
مهندس بابک گلچین  
مهندس شهاب‌الدین موسوی اشکوری  
مهندس سید احمد هاشمیان  
مهندس فرهاد مهریاری

نیل به هدف کاربردی شدن آیین‌نامه ایمنی راه‌های کشور، مستلزم آموزش و ترویج استفاده از آن و انعکاس نظریات کارشناسی اصلاحی و تکمیلی است. بنابراین از صاحب‌نظران تقاضا می‌شود تا از ارایه نظریات و پیشنهادات اصلاحی و تکمیلی به نشانی دبیرخانه کمیته بازنگری آیین‌نامه ایمنی دریغ نورزند تا در تجدیدنظرهای بعدی مورد استفاده قرار گیرد. پیشاپیش از ابراز لطف این بزرگواران نیز سپاسگزاری می‌شود.

نشانی دبیرخانه کمیته بازنگری آیین‌نامه ایمنی راه‌های کشور:

تهران، خیابان آفریقا، جنب پمپ بنزین، بن‌بست نور، پلاک ۱۹      تلفن و فکس: ۸۸۸۹۹۸۰-۸

پست الکترونیکی: [info@rahiran.ir](mailto:info@rahiran.ir)      سایت اینترنتی: [www.rahiran.ir](http://www.rahiran.ir)

امید است در آینده شاهد توفیق روزافزون این کارشناسان، در خدمت به جامعه فنی مهندسی کشور

باشیم.

معاون امور فنی

تابستان ۱۳۸۴

## فهرست کلی مطالب

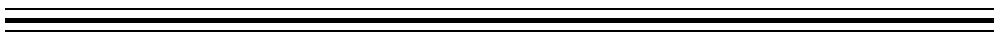
صفحه	عنوان
۱	فصل اول - روشنایی
۳	۱-۱ مقدمه
۳	۲-۱ روشنایی تونلها و تقاطعها
۳	۱-۲-۱ تعاریف.....
۵	۲-۲-۱ انواع سیستمهای روشنایی.....
۶	۳-۲-۱ روشنایی تونل.....
۱۳	۴-۲-۱ منابع روشنایی در تونل.....
۱۵	۵-۲-۱ روشنایی جاده و تقاطعها.....
۲۵	فصل دوم - تهویه و آتش سوزی
۲۷	۱-۲ مقدمه
۲۷	۱-۱-۲ منواکسید کربن (CO).....
۲۷	۲-۱-۲ اکسیدهای ازت (NO,NO <sub>2</sub> ).....
۲۸	۳-۱-۲ دود یا هیدروکربنهای سوخته.....
۲۸	۴-۱-۲ دی اکسید کربن و دی اکسید سولفور.....
۲۸	۲-۲ مقادیر مجاز گازهای داخل تونل
۲۹	۳-۲ انواع سیستمهای تهویه در تونل راه
۲۹	۱-۳-۲ تهویه طبیعی.....
۳۱	۲-۳-۲ تهویه مصنوعی.....
۳۷	۴-۲ بررسی و مقایسه سیستمهای تهویه
۳۷	۵-۲ تونلهایی که نیاز به سیستم تهویه مصنوعی دارند.
۳۸	۶-۲ سیستمهای کنترل و ایمنی در طول تونل
۳۹	۷-۲ آتش سوزی در تونل

۴۱	فصل سوم - یخ‌زدایی
۴۳	۱-۳ مقدمه
۴۴	۲-۳ مزایای راه‌داری زمستانی
۴۵	۱-۲-۳ نقش نمک در راه‌داری زمستانی
۴۵	۳-۳ انواع مواد یخ‌زدا
۴۶	۴-۳ نمک‌پاشی راه و محیط‌زیست
۴۷	۱-۴-۳ آبهای سطحی و آبهای زیرزمینی
۴۸	۲-۴-۳ فضای سبز
۴۸	۳-۴-۳ اثرات خاک
۴۸	۴-۴-۳ خوردگی وسایل نقلیه و بناها
۴۸	۵-۳ تحول در نوع مصرف و انبار کردن مواد یخ‌زدا و ادوات کنترل و پیش‌بینی وضع هوا
۴۹	۶-۳ جایگزین‌هایی برای نمک‌پاشی راه
۴۹	۷-۳ کاهش عوارض نمک‌پاشی راه
۵۰	۱-۷-۳ کاهش مقدار برف در راه
۵۶	۲-۷-۳ پیش‌بینی زمان و مکان نمک‌پاشی
۵۹	۳-۷-۳ افزایش دقت نمک‌پاشی
۶۲	۴-۷-۳ نگهداری نمک روی راه
۶۲	۵-۷-۳ جابه‌جایی بهتر نمک در محوطه‌های نگهداری
۶۴	۸-۳ طبقه‌بندی راه‌ها به لحاظ نگهداری در برابر برف و یخ
۶۷	واژه‌نامه انگلیسی - فارسی
۷۷	واژه‌نامه فارسی - انگلیسی

## فهرست شکلها و جدولها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: تقسیم‌بندی نواحی تونل بر حسب درخشندگی لازم	۷
شکل ۲-۱: میزان درخشندگی در ناحیه نزدیک تونل (L20)	۱۲
شکل ۳-۱: منحنی شکل کاهش شدت روشنایی در نواحی مختلف تونل	۱۲
شکل ۴-۱: آرایش نصب چراغ در یک تقاطع سه‌راهی	۲۰
شکل ۵-۱: آرایش نصب چراغ در دو تقاطع سه‌راهی مجاور	۲۰
شکل ۶-۱: آرایش نصب چراغ در یک چهارراه	۲۱
شکل ۱-۲: تهویه طبیعی در تونل با چاهک و بدون چاهک	۳۰
شکل ۲-۲: تهویه تونل با بادبزن (مکشی و دهشی)	۳۳
شکل ۳-۲: تهویه طولی با جت فن	۳۴
شکل ۴-۲: سیستم تهویه نیمه عرضی با روش مکش هوای تازه	۳۴
شکل ۵-۲: سیستم تهویه نیمه عرضی با روش مکش هوای آلوده	۳۵
شکل ۶-۲: سیستم تهویه نیمه عرضی به صورت دمشی و مکشی	۳۵
شکل ۷-۲: انواع سیستم‌های تهویه تمام عرضی	۳۶
شکل ۱-۳: اصول اندازه‌گیری وضعیت سطح راه (به وسیله امواج)	۵۸
جدول ۱-۱: انواع سیستم‌های روشنایی	۸
جدول ۲-۱: مقدار ضریب $k$ بر حسب مسافت توقف	۹
جدول ۳-۱: مقدار تقریبی ضریب $K$ بر حسب سرعت وسیله نقلیه	۱۰
جدول ۴-۱: فاصله توقف بر حسب سرعت وسیله نقلیه	۱۰
جدول ۵-۱: مقدار $d$ بر حسب ارتفاع بالای تونل	۱۰
جدول ۶-۱: درخشندگی مورد نیاز در ناحیه داخلی تونل با توجه به حجم ترافیک	۱۰
جدول ۷-۱: میزان درخشندگی در ناحیه داخلی با توجه به سرعت وسیله نقلیه در تونل	۱۱
جدول ۸-۱: شدت روشنایی لازم برای جاده‌ها	۱۶
جدول ۹-۱: شدت روشنایی متوسط خیابانها بر اساس حجم عابرین پیاده و ترافیک	۱۶
جدول ۱۰-۱: روشنایی متوسط لازم بر حسب ترافیک عبوری	۱۷
جدول ۱۱-۱: حداقل حریم یا حریم توصیه شده از لبه راه جهت نصب پایه	۲۳
جدول ۱۲-۱: ضریب نگهداری چراغ	۲۴

- جدول ۱-۲ : مقادیر مجاز منو اکسید کربن و دوده ..... ۲۹
- جدول ۲-۲ : مقادیر مجاز گازهای منو اکسید ازت و دی اکسید ازت ..... ۲۹
- جدول ۱-۳ : مشخصات مرتبط با یخزدایی کلرور سدیم و کلرور کلسیم ..... ۴۹
- جدول ۲-۳ : نمک و جایگزینهای شیمیایی دیگر به منظور جلوگیری از یخزدایی ..... ۵۱
- جدول ۳-۳ : روند تحول در کاربرد مواد یخزدا و آلات هواشناسی ..... ۶۱



**روشنایی**



## ◀◀ ۱-۱ مقدمه

تونلها و تقاطعها از حادثه‌خیزترین نقاط یک راه می‌باشند که ایمن‌سازی آنها تأثیر بسزایی در کاهش تصادفات و خسارات ناشی از آن دارد. در تونلها، ایمن‌سازی از جهت تأمین روشنائی و تهویه مناسب و در تقاطعها، تأمین روشنائی برای دید کافی حائز اهمیت است.

هنگام وارد شدن به تونل به علت اختلاف روشنائی بسیار زیاد بین بیرون و داخل آن، رانندگان به میزان زیادی دید خود را از دست می‌دهند و همچنین موقعیتهایی مثل آتش‌سوزی، راهبندان و نقص فنی وسایل نقلیه که استفاده‌کنندگان از راه، مجبور به توقف اضطراری هستند و افزایش غلظت مواد آلاینده در داخل تونل باعث به خطر انداختن سلامتی افراد و همینطور باعث کاهش دید رانندگان می‌گردد. بنابراین وجود یک سیستم روشنائی و تهویه مناسب و استاندارد، مورد نیاز است که در این فصل معیارهای فنی و ضوابط مربوط به آن ارائه گردیده است.

## ◀◀ ۲-۱ روشنائی تونلها و تقاطعها

## ◀ ۱-۲-۱ تعاریف

## شار یا جریان نوری

کلیه تشعشعات یک منبع نوری توسط چشم قابل رؤیت نیست و با توجه به منحنی حساسیت چشم، قسمتی از تشعشعات الکترومغناطیسی یک منبع نور، قابل رؤیت است. شار نوری، عبارتست از توان تشعشعات الکترومغناطیسی قابل رؤیت که از منبع نور خارج شده باشد. واحد اندازه‌گیری شار نوری، لومن است.

## ضریب بهره‌نوری

ضریب بهره‌نوری یک منبع نور، برابر است با نسبت شار نوری خروجی از منبع به توان الکترونیکی آن. این ضریب، یکی از پارامترهای مهم لامپ می‌باشد و واحد اندازه‌گیری آن لومن بر وات است.



**شدت نور**

شدت نور برابر است با تراکم شار نوری و یا نسبت شار نوری به زاویه فضایی، واحد شدت نور شمع است. طبق تعریف، هر گاه در یک زاویه فضایی یک استرادیان جریان نوری یک لومن وجود داشته باشد، شدت نور در این فضا یک شمع است.

**درخشندگی یا تراکم نور**

میزان شدت نور در واحد سطح را درخشندگی یا تراکم نوری گویند و واحد آن شمع بر مترمربع است.

**شدت روشنایی**

شدت روشنایی در نقطه واقع بر یک سطح برابر است با نسبت شار نوری به جزء کوچک سطح که نقطه در آن واقع است. واحد شدت روشنایی، لوکس است که طبق تعریف برابر است با مقدار روشنایی که جریان نوری یک لومن بر روی سطح یک مترمربع ایجاد می‌کند.

**شدت روشنایی اولیه**

مقدار روشنایی حاصله در یک ترتیب نصب با فرض استفاده از چراغهای تمیز و لامپهایی که شار اولیه خود را تولید می‌کنند، شدت روشنایی اولیه نامیده می‌شود.

**ضریب نگهداری**

حاصل ضرب ضریب نگهداری چراغ و ضریب نگهداری شار لامپ، ضریب نگهداری نامیده می‌شود. ضریب نگهداری شار لامپ عبارتست از نسبتی از شار اولیه لامپ که پس از گذشت زمان مشخصی توسط لامپ تولید می‌شود و ضریب نگهداری چراغ عبارتست از نسبت شار نوری خروجی از چراغ پس از گذشت زمانی مشخص به شار نوری خروجی اولیه از چراغ.

**حداقل روشنایی متوسط**

حداقل شدت روشنایی متوسط عبارتست از میزان روشنایی متوسطی که در یک ترتیب نصب و در کلیه شرایط باید حاصل شود که مقدار آن برابر است با حاصل ضرب شدت روشنایی اولیه در ضریب نگهداری و از این پس با عبارت شدت روشنایی متوسط عنوان می‌شود.

**درخشندگی متوسط**

مقدار متوسط درخشندگی که از روی سطح مشخصی از معبر به چشم ناظری که در نقطه مشخصی قرار دارد می‌رسد، درخشندگی متوسط نام دارد.

**خیرگی**

خیرگی عامل کاهش تمایز میان اشیاء و زمینه آنها (سطح زمین) است و در واقع، تراکم نور سطح شیئی و زمین را به یکدیگر نزدیک می‌کند. در شرایطی که خیرگی به آن حد برسد که شیئی قابل تشخیص نبوده و دیده نشود، خیرگی مطلق ایجاد می‌گردد. درصدی که مقدار درخشندگی زمینه (سطح زمین) باید افزایش یابد تا شیئی بتواند دیده شود آستانه افزایش نام دارد. آستانه افزایش بستگی به توزیع نور چراغ، درخشندگی سطح زمین، آرایش نصب و محل ناظر دارد. بنابراین قابل کنترل است.

**ضریب یکنواختی**

ضریب یکنواختی عبارتست از نسبت شدت روشنایی حداقل به شدت روشنایی حداکثر در یک سطح مشخص.

**ضریب یکنواختی کلی**

عبارتست از نسبت روشنایی حداقل به روشنایی متوسط در یک سطح مشخص.

**مسافت توقف**

مسافت توقف در تونل عبارتست از مسافتی که از آن فاصله پس از رؤیت یک شیئی در داخل تونل، می‌توان بدون برخورد به آن توقف نمود.

**◀ ۱-۲-۲ انواع سیستمهای روشنایی**

انواع سیستمهای روشنایی در جدول ۱-۱ نشان داده شده است. توضیح این سیستمها در زیر آمده است.

### ۱-۲-۲-۱ سیستم روشنایی متقارن عرضی

در این روش پخش نور به صورت بیضی می‌باشد و از لامپهای بخار سدیم فشار ضعیف (SOX-E) یا بخار سدیم فشار قوی (SON-T) استفاده می‌شود. بازده نوری در این سیستم برای لامپ SOX-E ۲ تا ۴ شمع بر وات و برای لامپ SON-T ۲/۸ شمع بر وات است.

### ۲-۲-۲-۱ سیستم روشنایی متقارن محوری

در این روش، منحنی پخش نور به صورت بال خفاشی می‌باشد و از لامپهای بخار سدیم فشار ضعیف SOX-E و بخار سدیم فشار قوی SON-T استفاده می‌شود. بازده نوری در این سیستم برای لامپ SOX-E ۴/۵ شمع بر وات و برای لامپ SON-T ۳/۵ شمع بر وات است.

### ۳-۲-۲-۱ سیستم غیر متقارن

در این روش، منحنی پخش نور به صورت بیضی کج و غیر متقارن می‌باشد و فقط از لامپ بخار سدیم فشار قوی SON-T استفاده می‌شود. بازده نوری در سیستم ۴/۵ شمع به وات است.

### ۳-۲-۱-۱ روشنایی تونل

#### ۱-۳-۲-۱ تقسیم‌بندی نواحی تونل بر حسب مقدار روشنایی

میزان شدت روشنایی در داخل تونل در هنگام روز و شب متفاوت می‌باشد، در روز میزان شدت روشنایی داخل تونل باید بیشتر از شب باشد. زیرا راننده از یک محیط روشن، داخل محیط تاریک می‌گردد.

#### روشنایی روز

در روز، روشنایی داخل تونل ابتدا باید زیاد و بعد به تدریج تا هنگامی که چشم، تطابق لازم را به دست می‌آورد، کاهش یابد. میزان روشنایی در داخل تونل به چند ناحیه با شدت نور متفاوت به شرح زیر تقسیم می‌شود که در شکل ۱-۱ نشان داده شده است.

الف: ناحیه نزدیک تونل

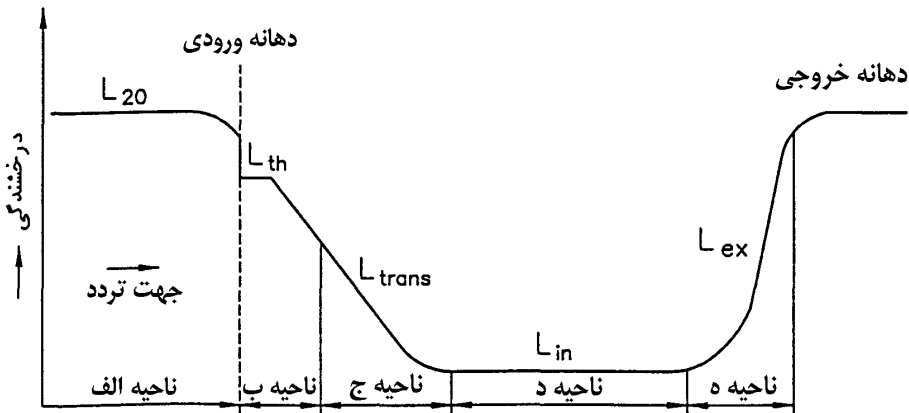
ب: ناحیه تطابق

ج: ناحیه انتقال

د: ناحیه داخلی

ه: ناحیه خروجی

برای طراحی سیستم روشنایی باید طول و میزان درخشندگی در هر کدام از نواحی را تعیین نمود.



شکل ۱-۱- تقسیم‌بندی نواحی تونل بر حسب درخشندگی لازم

الف: ناحیه نزدیک به تونل

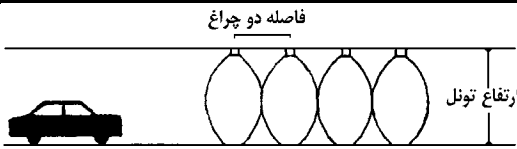
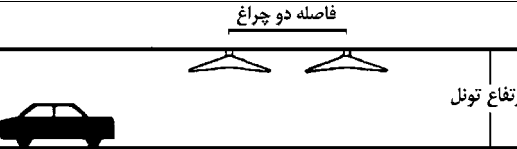
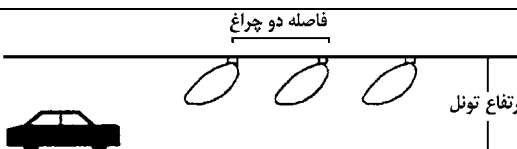
میزان درخشندگی در ناحیه نزدیک به تونل با  $L_{20}$  مشخص می‌شود و به موقعیت جغرافیایی تونل، سرعت تردد و درخشندگی آسمان، جاده، محیط اطراف تونل و شرایط جوی بستگی دارد. مقدار  $L_{20}$  از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$L_{20} = \gamma L_{SKY} + \rho L_{road} + \varepsilon L_{sur}$$

که در آن  $L_{sky}$ ، شدت روشنایی آسمان بر حسب شمع بر مترمربع،  $\gamma$ ، نسبت سطح رؤیت شده آسمان توسط راننده به سطح کل رؤیت شده بر حسب مترمربع (در شکل ۱-۲ دایره خط‌چین)،  $L_{sur}$ ، شدت روشنایی دهانه اطراف تونل بر حسب شمع بر مترمربع،  $\varepsilon$ ، نسبت سطح رؤیت شده دهانه اطراف تونل، توسط راننده به سطح کل بر حسب مترمربع،  $L_{road}$ ، شدت روشنایی سطح جاده

برحسب شمع بر متر مربع و  $P$ ، نسبت سطح رؤیت شده توسط راننده به سطح کل بر حسب مترمربع می‌باشد.

جدول ۱-۱- انواع سیستم‌های روشنایی

بازده	نوع لامپ	نسبت حداکثر فاصله دو چراغ به ارتفاع تونل	انواع سیستم روشنایی	
۲	TLD SCX-E	۱/۵	فاصله دو چراغ 	متقارن عرضی
۴	SON-T	۲		متقارن محوری
۴/۵	SCX-E	۳/۵	فاصله دو چراغ 	غیر متقارن

ب: ناحیه تطابق

درخشندگی در این ناحیه به مسافت توقف SSD و درخشندگی در ناحیه نزدیک تونل  $L_{20}$  بستگی دارد. میزان درخشندگی در این ناحیه بر حسب شمع بر مترمربع با  $L_{th}$  نشان داده می‌شود. مقدار  $L_{th}$  از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$L_{th} = KL_{20}$$

مقدار ضریب  $K$  بر حسب نوع سیستم روشنایی و مسافت توقف SSD از جدول ۱-۲ و ۱-۳ مشخص می‌شود.

طول این ناحیه از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$L_{th} = SSD + 20 - d$$

که در آن  $SSD$  مسافت توقف می‌باشد. مسافت توقف بستگی به سرعت وسیله نقلیه دارد و از جدول ۱-۴ به دست می‌آید.

مقدار  $d$  از جدول ۱-۵ بر حسب ارتفاع بالای تونل (کوه بالای تونل) به دست می‌آید.

### ج: ناحیه انتقالی

شدت روشنایی در این ناحیه با  $L_{trans}$  نشان داده می‌شود و باید طبق شکل ۱-۳ کاهش یابد. شدت روشنایی در این ناحیه می‌تواند به جای منحنی به صورت پله‌ای کاهش یابد اما نسبت کاهش نباید از  $\frac{1}{3}$  تجاوز نماید.

درخشندگی در این ناحیه از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$L_{trans} = L_{th}(1.9 + t) - 1.4$$

طول این ناحیه با توجه به زمان تطابق چشم در این ناحیه، ۱۳ ثانیه می‌باشد و سرعت نقلیه با فرض ثابت بودن آن مشخص می‌شود.

### د: ناحیه داخلی

بعد از ناحیه عبور یا تطابق، ناحیه دیگری وجود دارد که در آن شدت نور ثابت است. به عبارت دیگر در این ناحیه، چشم تطابق لازم با محیط داخل تونل را انجام داده است و شدت روشنایی یکنواخت مورد نیاز است. درخشندگی نور در این ناحیه از جدول ۱-۷ بر حسب مسافت توقف  $SSD$  و حجم ترافیک بر حسب شمع بر متر مربع به دست می‌آید.

جدول ۱-۲- مقدار ضریب  $K$  بر حسب مسافت توقف

مقدار ضریب $K$		مسافت توقف مطمئن $SSD$ (m)
سیستم روشنایی نامتقارن	سیستم روشنایی متقارن	
۰/۰۴	۰/۰۵	۶۰
۰/۰۵	۰/۰۶	۱۰۰
۰/۰۷	۰/۱۰	۱۶۰

جدول ۱-۳- مقدار تقریبی ضریب K بر حسب سرعت وسیله نقلیه

ضریب k	سرعت وسیله نقلیه km/h
۰/۰۵	۵۰-۷۰
۰/۰۶	۸۰-۱۰۰
۰/۰۷	۱۱۰ و بالاتر

جدول ۱-۴- فاصله توقف بر حسب سرعت وسیله نقلیه

سرعت وسیله نقلیه km/h	۱۲۰	۱۰۰	۸۵	۷۰	۶۰	۵۰
مسافت توقف SSD (m)	۲۱۵	۱۶۰	۱۲۰	۹۰	۷۰	۵۰

جدول ۱-۵- مقدار d بر حسب ارتفاع بالای تونل

d (m)	ارتفاع کوه بالای تونل (متر)
۲۰	۵ و کمتر
۲۳	۵/۵
۲۶	۶
۲۸	۶/۵
۳۱	۷
۳۴	۷/۵
۳۷	۸
۴۰	۸/۵ و بیشتر

جدول ۱-۶- درخشندگی مورد نیاز در ناحیه داخلی تونل با توجه به حجم ترافیک

درخشندگی ناحیه داخلی ( $cd/m^2$ )			مسافت توقف (m)
بیش از ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت	بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت	کمتر از ۱۰۰ وسیله نقلیه در ساعت	
۳	۲	۱	۶۰
۶	۴	۲	۱۰۰
۱۵	۱۰	۵	۱۶۰

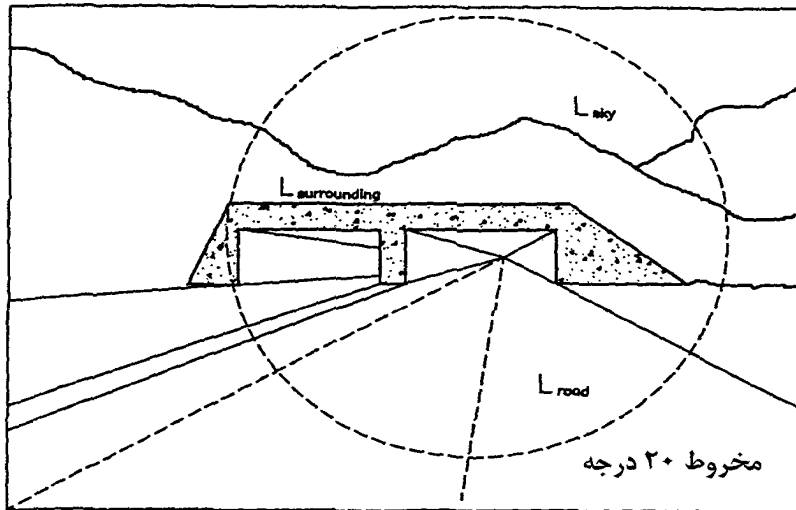
جدول ۱-۷- میزان درخشندگی در ناحیه داخلی با توجه به سرعت وسیله نقلیه در تونل

سرعت km/h	درخشندگی در ناحیه داخلی ( $cd/m^2$ )
۵۰-۷۰	۳
۸۰-۱۰۰	۵
۱۱۰ و بالاتر	۱۰

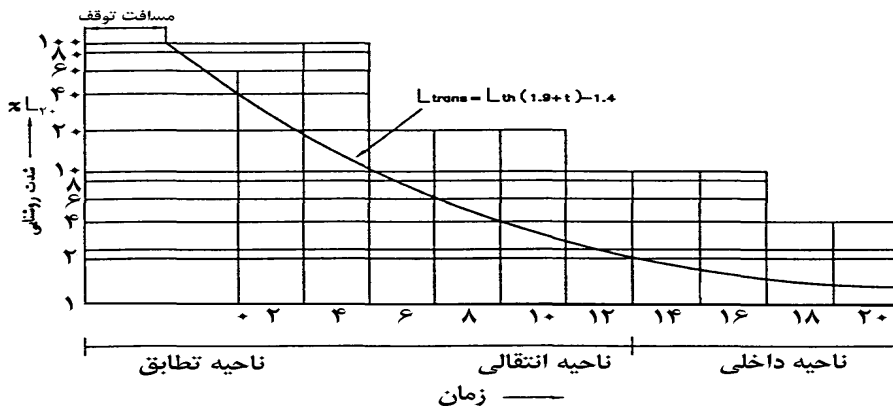
ه: ناحیه خروجی

در این ناحیه باید شدت روشنایی به تدریج افزایش یابد. چون وسیله نقلیه از تونل خارج می‌شود و مجدداً از ناحیه تاریک به ناحیه روشن وارد می‌گردد. بنابراین بعد از ناحیه داخلی، نواحی انتقالی و تطابق به صورت معکوس تکرار می‌شود.





شکل ۱-۲- میزان درخشندگی در ناحیه نزدیک تونل ( $L_{20}$ )



شکل ۱-۳- منحنی شکل کاهش شدت روشنایی در نواحی مختلف تونل

۲-۳-۲-۱ روشنایی شب

میزان روشنایی داخل تونل در شب، نسبت به روز کمتر و تنها یک روشنایی یکنواخت کافی می‌باشد. هنگام شب، نواحی تطابق و انتقال، حذف می‌شود و تنها ناحیه داخلی باقی می‌ماند.

### ۱-۲-۳-۳ یکنواختی

در سطح جاده و دیواره تونل تا ارتفاع دو متر باید یکنواختی و درخشندگی مناسب در نظر گرفته شود. قسمت پایین و دیواره، مانند سطح جاده، نقش زمینه تردد را دارد. ضریب یکنواختی در تونل باید حداقل ۰/۱۷ و ضریب یکنواختی کلی در داخل تونل باید حداقل ۰/۳۳ باشد.

### ۱-۲-۳-۴ سوسو زدن

این پدیده در نتیجه تغییرات متناوب درخشندگی در میدان دید ظاهر و باعث ناراحتی و آزار، هنگام رانندگی در داخل تونل می‌گردد. عوامل مؤثر در ایجاد آن عبارت از تعداد تغییرات درخشندگی ایجاد شده در ثانیه (فرکانس سوسو)، روشنایی منبع نور نسبت به کل زمان سوسو و شفافیت پخش نور چراغها می‌باشد، به عبارت دیگر فرکانس سوسو به سرعت حرکت و فاصله چراغ بستگی دارد. اثر سوسو در محدوده فرکانسهای ۲/۵ تا ۱۵ ظاهر می‌شود و هنگام طراحی روشنایی در مرحله نهایی باید به آن توجه شود.

## ۱-۲-۴ منابع روشنایی در تونل

### ۱-۲-۴-۱ مشخصات چراغهای مورد استفاده در تونل

چراغهای مورد استفاده در روشنایی تونل باید دارای مشخصات زیر باشند:

- ۱- مقاوم در مقابل ارتعاشات حاصل از عبور ترافیک
- ۲- مقاوم در مقابل زنگ‌زدگی، نفوذ آب و گردوغبار
- ۳- آسانی در شستشو و تمیز کردن
- ۴- دارای لامپ با طول عمر زیاد و تغییرات شار نوری کم در این مدت
- ۵- دارای بازتابنده مناسب و مرغوب و بازده نوری بالا
- ۶- سبک و قابل حمل و نقل، سادگی قابلیت نصب روی دیواره یا سقف تونل یا اسکلت فلزی
- ۷- سادگی تعویض اجزای داخلی آن، نظیر لامپ، خازن و ترانس
- ۸- دارای فیوز حفاظتی مجزا و سادگی همه‌گونه اتصال سیم‌کشی به آن

۹- دارای ضریب قدرت نزدیک به یک و سیم‌کشی مقاوم در مقابل حرارت زیاد. با توجه به فرضیات بالا، چراغهای تونلی باید با بدنه آلومینیومی یکپارچه، دفع حرارتی مناسب، نفوذپذیری در مقابل آب، گردوغبار و دود، سبک و قابل حمل و نقل باشند. البته در مواقعی که نتوان از چراغ یکپارچه استفاده کرد (به علت بالا بودن هزینه) می‌توان از چراغهای تکی با ورق آلومینیومی که استحکام مناسب داشته باشد استفاده نمود.

#### ۱-۲-۴-۲ انتخاب نوع لامپ مناسب

لامپ بخار سدیم فشار قوی، مناسب‌ترین نوع برای شرایط تونل می‌باشد.

مزایای لامپ بخار سدیم فشار قوی عبارتند از:

- ۱- ضریب بهره نوری بالا (حدود ۱۰۰ لومن بر وات)
- ۲- نور زرد مناسب (چشم، بالاترین حساسیت را در مقابل نور زرد دارد).
- ۳- قابلیت تعویض با لامپهای جیوه‌ای با قدرت مشابه
- ۴- زمان دوباره روشن شدن کوتاه
- ۵- طول عمر بالا
- ۶- قیمت پایین‌تر نسبت به چراغهای بخار سدیم فشار ضعیف

#### ۱-۲-۴-۳ انتخاب نوع چراغ

انتخاب نوع چراغ باید با توجه به درجه حفاظت یا نفوذناپذیری چراغ تونلی انتخاب شود. نفوذناپذیری چراغ با حرف اختصاری IP و دو عدد که معرف درجه حفاظت می‌باشند مشخص می‌گردد. عدد اول از سمت چپ نشان دهنده درجه حفاظت در برابر تماس با قسمت‌های برق‌دار و همچنین ورود اجسام خارجی و گردوغبار به داخل چراغ می‌باشد و عدد دوم، درجه حفاظت در برابر آب را نشان می‌دهد.

میزان نفوذناپذیری چراغ تونلی باید IP۶۵ باشد که در آن، عدد ۶ نشان دهنده میزان نفوذناپذیری گردوغبار و خاک است که برای تونل قسمت‌های برق‌دار یا متحرک داخل دستگاه به طور کامل در برابر تماس خارجی حفاظت شده و مطلقاً منفذی جهت ورود گردوغبار و دود به داخل دستگاه وجود ندارد.

عدد ۵ میزان نفوذناپذیری در مقابل آب را نشان می‌دهد که در آن چراغ باید در برابر پاشش آب با فشار، از هر جهت به بدنه آن در شرایط معین حفاظت شده و خطر جدی برای چراغ وجود نداشته باشد.

#### ۱-۲-۵ روشنایی جاده و تقاطعها

##### ۱-۲-۵-۱ مشخصات کلی سیستم روشنایی جاده‌ها و تقاطعها

سیستم روشنایی مناسب در جاده‌ها و تقاطعها باید دارای شرایط زیر باشد:

الف: ایجاد روشنایی کافی در سطح جاده و تقاطعها

شدت روشنایی متوسط لازم برای تقاطعها و جاده‌ها مطابق جدولهای ۱-۸ تا ۱-۱۰ می‌باشد. برای طراحی روشنایی مکانهای خاص مانند پلها، پیچها و شیبهای تند و میداین و نقاط حادثه‌خیز، باید از روشنایی بیشتری نسبت به مقادیر ذکر شده در جداول استفاده شود.

ب: یکنواختی شدت روشنایی در سطح جاده

حداقل ضریب یکنواختی کلی (نسبت حداقل روشنایی روی سطح به مقدار متوسط آن) برای جاده‌ها باید به شرح زیر باشد:

- آزادراه و بزرگراه: ۰/۳۳
- راه اصلی: ۰/۳۳
- راه فرعی: ۰/۲۵
- راه محلی: ۰/۱۷

حداقل ضریب یکنواختی (نسبت حداقل روشنایی روی سطح به حداکثر آن) برای جاده‌ها به شرح زیر است:

- آزادراه و بزرگراه: ۰/۱۷
- راه اصلی: ۰/۱۷
- راه فرعی: ۰/۱۲
- راه محلی: ۰/۱۲

ج: جلوگیری از خیرگی

سیستم روشنایی جاده و تقاطع باید به گونه‌ای طراحی شود که باعث خیرگی چشم راننده نگردد. برای راه‌های آزادراه و بزرگراه آستانه افزایش نباید از (۱۰٪) تجاوز کند.

جدول ۱-۸- شدت روشنایی لازم برای جاده‌ها

وضعیت اطراف جاده			نوع جاده
مسکونی	فی‌مابین	تجاری	
شدت روشنایی LUX	شدت روشنایی LUX	شدت روشنایی LUX	
۶	۶	۶	آزادراه
۱۱	۱۵	۲۲	بزرگراه
۶	۱۰	۱۳	تقاطع اصلی به فرعی
۴	۶	۱۰	خیابانهای فرعی
۲	۴	۶	کوچه اتومبیل‌رو
۲	۶	۱۰	پیاده‌رو
۵	۱۱	۲۲	محل عبور عابر پیاده

جدول ۱-۹- شدت روشنایی متوسط خیابانها بر اساس حجم عابرین پیاده و ترافیک

ترافیک بر حسب تعداد وسایل نقلیه در ساعت، از دو طرف در هنگام شب				حجم عبور و مرور عابرین پیاده
سنگین $\frac{veh}{h} > 1200$	متوسط $500 < \frac{veh}{h} < 1200$	سبک $500 < \frac{veh}{h} < 150$	خیلی سبک $\frac{veh}{h} < 150$	
شدت روشنایی LUX	شدت روشنایی LUX	شدت روشنایی LUX	شدت روشنایی LUX	
۱۲	۱۱	۹	۶	سنگین
۱۱	۹	۶	۴	متوسط
۹	۶	۴	۲	سبک

جدول ۱-۱۰- روشنایی متوسط لازم بر حسب ترافیک عبوری

رنگ جاده		نوع جاده
تیره	روشن	
شدت روشنایی lux	شدت روشنایی lux	
۱۶	۸	جاده اصلی با حجم ترافیک ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت در هر طرف
۱۲	۶	جاده اصلی با حجم ترافیک ۵۰۰ وسیله نقلیه در ساعت در هر طرف
۸	۴	خیابانهای رابط بین نقاط مسکونی و خیابانهای اصلی
۱	۱	خیابانهای واقع در مناطق مسکونی

برای راه‌های اصلی که سرعت طرح در آنها زیاد است یا راه‌هایی که ساختمانهای اطراف آنها کم است، حداکثر آستانه افزایش باید (۱۵٪) باشد، و در بقیه موارد، حداکثر آستانه افزایش نباید بیش از (۳۰٪) شود. محاسبه آستانه افزایش باید به ازای بدترین حالت انجام شود.

#### ۱-۲-۵- آرایش نصب چراغها در جاده‌ها

##### الف: آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها

روش نصب در وسط، بیشترین کاربرد را در آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها دارد. در این روش، بخش زیادی از شار نوری تولید شده، جهت روشن کردن سطح به کار می‌رود. در شرایطی که عرض مانع جدا کننده مسیر کم باشد و یا محدودیت، جهت نصب یا نگهداری پایه در وسط راه وجود داشته باشد، از روش نصب روبه‌رو استفاده می‌شود. که در این صورت مقداری از شارنوری تولید شده روی محیط اطراف و قسمت شانه راه می‌افتد. در شرایط خاصی که هیچ‌یک از دو روش مذکور نیاز راه را برآورده نسازد، ترکیب آن دو باید به کار گرفته شود.

##### ب: راه‌های اصلی

در راه‌هایی که مسیرهای رفت و برگشت به صورت فیزیکی از یکدیگر جدا نشده باشند (فاقد میانه بتنی یا فولادی) یکی از سه روش زیر باید انجام گردد:

- نصب زیگزاک برای راه‌های با عرض متوسط (۷ تا ۷/۳۰)

- نصب روبه‌رو برای راه‌های با عرض زیاد (بیش از ۷/۳۰)
  - نصب یکطرفه برای راه‌های با عرض کم (۷ متر)
- در بعضی اوقات ممکن است بیش از یکی از روشهای نصب مذکور شرایط لازم جهت روشنایی یک راه را برآورده سازند. در این صورت، روشی که حداقل هزینه را دربر دارد باید انتخاب شود. در راه‌هایی که مسیرهای رفت و برگشت به صورت فیزیکی جدا نشده و عرض مانع نیز زیاد باشد، روشنایی هر مسیر باید به صورت مستقل طراحی شود. در شرایطی که عرض جدا کننده و فاصله بین لبه خارجی پیاده‌روهای طرفین راه از یکدیگر نیز زیاد نباشد، می‌توان راه را به مانند یک راه دو طرفه و بدون جداکننده در نظر گرفت و طراحی روشنایی را انجام داد.
- روشهای نصب در این حالت نیز همانند راه‌هایی است که به صورت فیزیکی از یکدیگر جدا شده باشند. مضافاً به اینکه از روش نصب در وسط نیز می‌توان استفاده کرد.

#### ۱-۲-۵-۳ آرایش نصب چراغها در تقاطع

سیستم روشنایی برای تقاطعها باید طبق اصول زیر باشد:

##### الف: تقاطع سه‌راه

با توجه به شکلهای ۱-۴ و ۱-۵ از چهار چراغ به شرح زیر برای روشنایی تقاطعهای سه‌راهی استفاده شده است.

##### ۱- چراغ A

در امتداد خط میانی راه فرعی قرار می‌گیرد. از آنجایی که محل نصب پایه این چراغ در نقطه‌ای واقع شده که امکان برخورد وسایل نقلیه با آن، زیاد می‌باشد، بهتر است حتی‌الامکان این پایه در پشت گاردریل نصب شود و یا حداقل با نصب شیرنگ بر روی آن هشدار لازم به رانندگان داده شود.

همچنین لازم به ذکر است که منحنی پخش نور این چراغ باید به گونه‌ای باشد که قسمت جلوی چراغ را به میزان کمتری روشن کند و یا زاویه بازوی پایه صفر انتخاب شود.

## ۲- چراغ B

در راه اصلی و به فاصله  $S/2$  (S) فاصله چراغهای طراحی شده برای راه اصلی در قسمتهای قبل از تقاطع می‌باشد.) از لبه جدول راه فرعی قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که این فاصله در هر صورت نباید از ۱۲ متر بیشتر باشد.

## ۳- چراغ C

این چراغ باید در راه فرعی نصب شود و فاصله آن از لبه جدول راه فرعی (در صورتی که فاصله آن از چراغ A بیشتر نشود) برابر  $S/2$  می‌باشد.

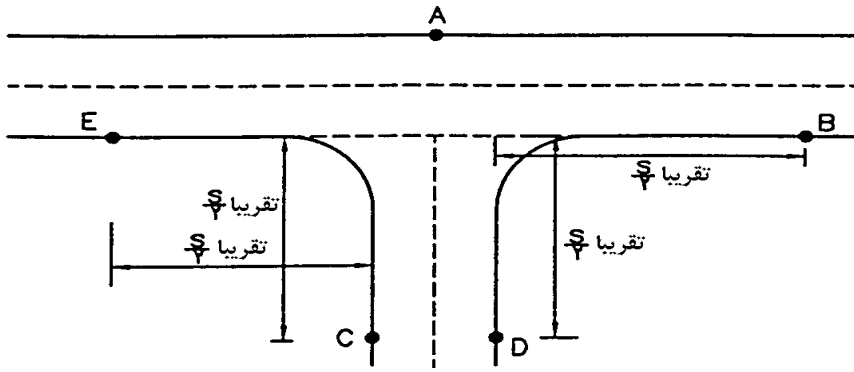
## ۴- چراغ D

این چراغ در راه فرعی و به فاصله  $S/2$  از لبه جدول راه اصلی نصب می‌شود. در صورتی که مانند شکل ۱-۵، دو تقاطع سه‌راهی فاصله‌ای کمتر از ۶۰ متر داشته باشند، می‌توان با حفظ شدت روشنایی راه اصلی، تغییراتی در محل نصب چراغهای B و C داد. در صورتی که فاصله دو تقاطع بیشتر از ۶۰ متر باشد، می‌توان مسئله را به صورت دو تقاطع سه‌راهی مجاور حل کرد.

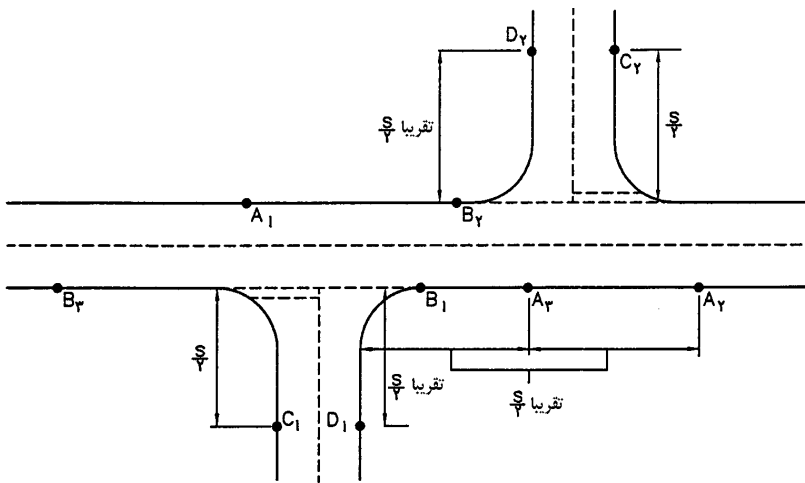
## ب: تقاطع چهارراه

در شکل شماره ۱-۶ نمونه طرح روشنایی یک چهارراه نشان داده شده است. کلیه چراغها باید در ارتفاع یکسان نصب شده و از یک نوع باشند.

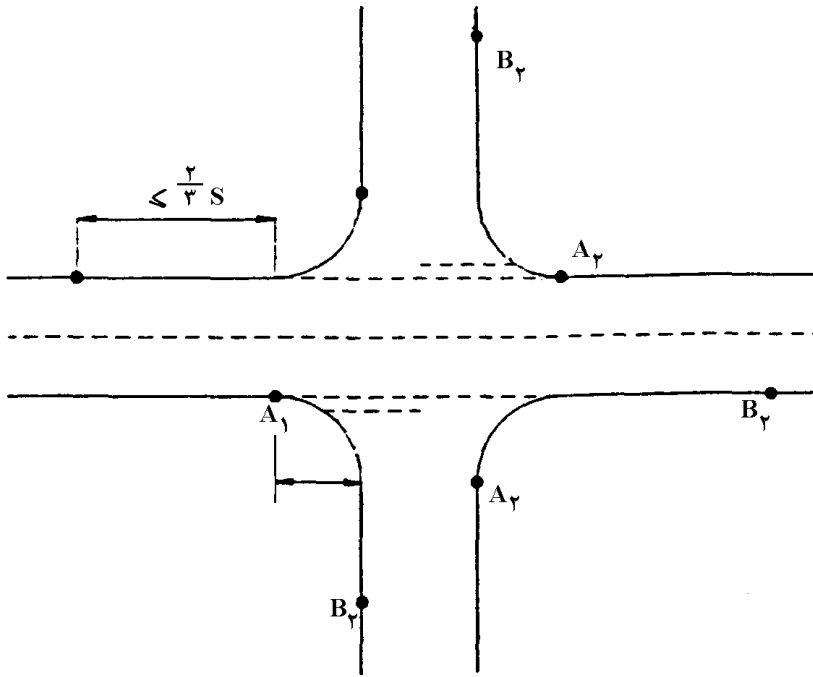




شکل ۱-۴- آرایش نصب چراغ در یک تقاطع سه‌راهی



شکل ۱-۵- آرایش نصب چراغ در دو تقاطع سه‌راهی مجاور



شکل ۱-۶- آرایش نصب چراغ در یک چهارراه

## ۱-۲-۵-۴ شیبها و پیچها

طراحی سیستم روشنایی شیبها و پیچهای آرام، مشابه یک معبر صاف و مستقیم انجام می‌شود، ولی در پیچها و شیبهای تند، محاسبه روشنایی باید با دقت خاصی صورت گیرد.

در شیبهای تند به علت کارایی کم چراغ وسایل نقلیه، دید رانندگان کم شده و باید چراغهای روشنایی به گونه‌ای نصب شوند که روشنایی کافی را بر روی وسایل نقلیه، حفاظ، حصار و دیگر ملحقات یک معبر تأمین کنند. برای این منظور، فاصله بین دو پایه را در ابتدای شیب [از نقطه شروع شیب در مسافتی به اندازه (۳۰٪) الی (۴۰٪) از کل طول شیب که طول شیب بین نقطه شروع شیب تا انتهای شیب می‌باشد]، تقریباً برابر  $0/9$  فاصله دو پایه در قسمت صاف معبر انتخاب می‌کنیم. فاصله بین

پایه‌ها به تدریج تا انتهای شیب همچنان کاهش می‌یابد تا آنجایی که در انتهای شیب فاصله دو پایه را حدود ۰/۷ فاصله دو پایه در قسمت صاف معبر انتخاب می‌کنیم (در صورتی که عرض قسمت صاف و شیب‌دار معبر یکسان باشند). در مورد رعایت حریم نصب پایه‌ها باید دقت کافی به عمل آورد و همچنین چراغ را باید به گونه‌ای بر روی بازو نصب کرد که نور یکنواختی روی شیب ایجاد کند. برای این منظور باید چراغها را به اندازه زاویه شیب در حول محل اتصال بازوی پایه چرخاند. به طوری که صفحه افقی عبوری از مرکز چراغ، موازی سطح شیب باشد.

در پیچه‌های تند، همانند شیبهای تند برای رفع اشکال دید رانندگان باید فواصل پایه‌ها را کمتر از مقدار فواصل آنها در معبر مستقیم انتخاب کرد. در پیچه‌های تند (حدود ۹۰ درجه) فاصله دو پایه برای پایه‌های نصب شده در قسمت داخلی پیچ، حدود ۰/۵۵ و برای پایه‌های نصب شده در قسمت خارجی پیچ، حدود ۰/۷ فاصله پایه در قسمت مستقیم معبر می‌باشد.

#### ۱-۲-۵ ارتفاع نصب

##### الف: آزادراه و بزرگراه

در راه‌هایی که در هر طرف حداکثر ۳ خط حرکت وجود داشته باشد، ارتفاع نصب ۱۲ متر بسیار مناسب است. در صورتی که در هر طرف راه ۳ تا ۴ خط حرکت باشد، ارتفاع نصب مؤثر و مناسب، ۱۵ متر است. در شرایطی که تعداد خطوط هر طرف بیش از ۴ باشد باید ارتفاع نصب بیشتر از ۱۵ متر در نظر گرفته شود.

##### ب: راه اصلی

ارتفاع نصب در این نوع راه و در صورتی که عرض راه حداکثر ۲۲ متر باشد ۸، ۱۰ یا ۱۲ متر انتخاب شود. البته در شرایط خاص، می‌توان از مقادیر دیگری استفاده کرد.

**نکته** - از ارتفاع نصب ۸ متر برای موارد زیر استفاده می‌شود:

- در راه‌های اصلی که تقاطع‌های زیادی وجود داشته باشد.
- در راه‌هایی که استفاده از ارتفاع بیشتر باعث ناهمخوانی پایه با ساختمانهای اطراف گردد.
- در راه‌های فرعی باریک همچون جاده‌های محلی و جاده‌های دسترسی به مناطق مسکونی

- در راه‌های عریض و پرتراфик دارای تقاطع‌های زیاد از ارتفاع نصب ۱۲ متر، معمولاً در جاده‌های عریض و دارای حجم عبور و مرور زیاد استفاده می‌شود.

### ج: خیابانهای محلی

در خیابانهای محلی، ارتفاع نصب، متناسب با وضعیت ترافیکی و عرض خیابان تعیین می‌گردد و بهتر است از ۶ متر بیشتر نباشد.

### ۱-۲-۵-۶ حریم نصب پایه‌ها از لبه راه

بسیاری از تصادفات، منجر به خروج وسایل نقلیه موتوری از جاده و برخورد آن با پایه‌های روشنایی می‌شود. با افزایش حریم نصب پایه‌ها از لبه راه می‌توان چنین برخوردهایی را کاهش داد. در جدول ۱-۱۱ حداقل حریم و یا حریم توصیه شده از لبه راه جهت نصب پایه، با توجه به سرعت طرح مشخص شده است.

جدول ۱-۱۱- حداقل حریم یا حریم توصیه شده از لبه راه جهت نصب پایه

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	حریم نصب (متر)
۵۰	۰/۸
۸۰	۱
۹۰	توصیه شده ۱/۵
۱۰۰	۱/۵
۱۲۰	۱/۵

باید توجه داشت، حداقل فاصله پایه تا لبه راه به حدی باشد که مانعی جهت آمد و رفت افراد پیاده و دوچرخه سوار ایجاد نکند. در صورت وجود حفاظ باید پایه‌ها حداقل در فاصله ۱/۵ متری از پشت حفاظ نصب شوند.

## ۷-۵-۲-۱ ضریب نگهداری چراغ

ضریب نگهداری چراغ، تابعی از دوره زمانی تمیز کردن چراغ و آلودگی محیط است و از جدول ۱۲-۱ به دست می‌آید. لازم به ذکر است که آلودگی زیاد در مناطق مرکزی شهر و مناطق صنعتی، آلودگی متوسط در مناطق مسکونی شهری و مناطق نیمه صنعتی، و آلودگی کم، در مناطق حومه شهری رخ می‌دهد.

جدول ۱۲-۱- ضریب نگهداری چراغ

درجه حفاظت									فاصله زمانی تمیز کردن (ماه)
IP6			IP5			IP2			
میزان آلودگی محیط			میزان آلودگی محیط			میزان آلودگی محیط			
کم	متوسط	زیاد	کم	متوسط	زیاد	کم	متوسط	زیاد	
۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۹	۰/۸۹	۰/۸۲	۰/۶۲	۰/۵۳	۱۲
۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۹	۰/۹۱	۰/۸۸	۰/۸۷	۰/۸	۰/۵۸	۰/۴۸	۱۸
۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۹	۰/۸۶	۰/۸۴	۰/۷۹	۰/۵۶	۰/۴۵	۲۴
۰/۹	۰/۸۷	۰/۸۳	۰/۸۸	۰/۸۲	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۵۳	۰/۴۲	۳۶

## ۸-۵-۲-۱ طول بازو

طول بازوی چراغ باید حتی‌الامکان کوتاه باشد و هیچ‌گاه نباید بیش از (۲۵٪) ارتفاع نصب باشد، این مسئله به دلیل محدود نمودن ارتعاش و لرزش پایه است.

۲

---

---

تهویه و آتش سوزی



## ◀ ۱-۲ مقدمه

گازهای موجود در تونل، حاصل احتراق وسایل نقلیه بنزینی و دیزلی بوده و به قرار زیر هستند:

- منو اکسید کربن
- دی اکسید کربن
- اکسیدهای ازت
- دی اکسید سولفور
- هیدروکربنهای نسوخته (دود)

## ◀ ۱-۱-۲ منو اکسید کربن CO

منو اکسید کربن گازی است بی‌بو و سمی که در بدن انسان به آسانی با هموگلوبین خون، مانند اکسیژن ترکیب شده و مانع جذب و انتقال اکسیژن از طریق خون به بافتها می‌شود. میل ترکیبی منو اکسید کربن با هموگلوبین خون، سیصد بار بیشتر از اکسیژن می‌باشد. به عبارت دیگر منو اکسید کربن زودتر از اکسیژن جذب خون می‌شود. منو اکسید کربن در موتورهای بنزینی و دیزلی تولید می‌شود ولی مقدار آن در موتورهای بنزینی به مراتب بیشتر از موتورهای دیزلی است.

◀ ۲-۱-۲ اکسیدهای ازت NO,NO<sub>2</sub>

در میان گازهای اکسیدهای ازت فقط دو نوع از آنها باعث آلودگی هوا می‌گردند که منو اکسید ازت و دی اکسید ازت می‌باشند. این دو گاز سمی بوده ولی اثر سمی دی اکسید ازت پنج مرتبه بیشتر از منو اکسید ازت می‌باشد.

اکسیدهای ازت گازهای بی‌بو و بی‌رنگ هستند و در درجه حرارت بالای احتراق سوخت، ایجاد می‌شوند. این گازها به مقدار کم در آب قابل حل بوده و میل ترکیبی آنها با هموگلوبین خون زیاد است. موتورهای بنزینی و دیزلی، هر دو گاز منو اکسید ازت و دی اکسید ازت را منتشر می‌سازند.



### ۴-۱-۲-۳ دود یا هیدروکربنهای سوخته

اکثر ذرات معلق حاصل احتراق وسایل نقلیه، از احتراق ناقص سوخت هیدروکربن ناشی می‌شود. این ذرات همیشه به شکل معلق و به اندازه قابل تنفس در هوای تونل منتشر شده و به شکل دود، هوا را تیره نموده و دید را کاهش می‌دهد.

خطر دیگر این‌گونه ذرات، جذب گازهای سمی دیگری مانند دی‌اکسید سولفور و اکسیدهای ازت می‌باشد که به این ترتیب این گازهای خطرناک از طریق تنفس، بیشتر داخل ریه انسان می‌گردد. خودروهای با موتور دیزل، بیشتر از خودروهای بنزینی ذرات معلق ایجاد می‌کنند (دود دیزل).

### ۴-۱-۲-۴ دی‌اکسید کربن و دی‌اکسید سولفور

گازهای دی‌اکسید کربن و دی‌اکسید سولفور، گازهای سمی می‌باشند که از احتراق سوخت وسایل نقلیه در تونل به وجود می‌آیند ولی مقدار آنها نسبت به منو اکسید کربن و دود و اکسیدهای ازت، بسیار کمتر می‌باشد.

از میان گازهای ذکر شده مقدار تولیدی گاز منو اکسید کربن، دود و اکسیدهای ازت توسط وسایل نقلیه بیشتر از سایر گازهاست و طراحی سیستم تهویه بر مبنای این سه گاز صورت می‌پذیرد.

### ۴-۲-۲ مقادیر مجاز گازهای داخل تونل

الف: مقدار مجاز گاز منو اکسید کربن بر حسب پی پی ام (P.P.M)، طبق جدول ۱-۲ می‌باشد.

ب: مقدار مجاز دود بر حسب میزان دید، طبق جدول ۱-۲ می‌باشد.

توضیح: میزان دید برای کربن بر حسب واحد بر متر  $(m)^{-1}$  با رابطه زیر تعریف می‌شود.

$$\text{میزان دید} = -\frac{1}{L} \ln \frac{E}{E_0}$$

که در آن:  $E$  شدت نور پس از طی فاصله  $L$  در هوای دودآلود،  $E_0$  شدت نور در ابتدای مسافت به طول  $L$  در محیط پر از دود می‌باشد.

ج: مقدار مجاز گازهای منو اکسید ازت و دی‌اکسید ازت طبق جدول ۲-۲ می‌باشد.

جدول ۲-۱- مقادیر مجاز منو اکسید کربن و دوده

درصد میزان دید برای ۱۰۰ متر	کربن (دوده) میزان دید $10^{-3}M^{-1}$	منو اکسید کربن - سال طراحی		موقعیت ترافیکی
		PMM2010	PMM1995	
۶۰	۵	۷۰	۱۰۰	جریان حداکثر ترافیک
۵۰	۷	۷۰	۱۰۰	ترافیک سنگین دائم
۴۰	۹	۱۰۰	۱۵۰	ترافیک سنگین استثنایی
۷۵	۳	۲۰	۳۰	هنگام کار در تونل با عبور ترافیک
۳	۱۲	۲۰۰	۲۵۰	حالت بحرانی

جدول ۲-۲- مقادیر مجاز گازهای منو اکسید ازت و دی اکسید ازت

حد اکثر مجاز برای کوتاه مدت PPM	حداکثر مجاز در مدت طولانی PPM	حد مجاز PPM	گاز
۲۵	۳۷/۵	۲۵	منو اکسید ازت
۵	۵	۵	دی اکسید ازت

## ۲-۳ انواع سیستمهای تهویه در تونل راه

### ۲-۳-۱ تهویه طبیعی

در تهویه طبیعی، گازهای سمی داخل تونل، توسط نیروی باد و ترافیک (اثر پیستونی) و یا توسط چاهکهایی در سقف یا دیواره‌های جانبی تونل به صورت طبیعی یا مصنوعی تخلیه می‌شوند. به عبارت دیگر تهویه تونل به صورت طبیعی و بدون اثر عوامل خارجی انجام می‌گردد.

عملکرد تهویه طبیعی بدین صورت است که وسایل نقلیه در داخل تونل مانند پیستون، و تونل، مانند سیلندر عمل می‌کند. هر وسیله نقلیه به تناسب سرعت و سطح مقطع خود، مقداری هوا را با خود به داخل تونل می‌آورد یا از آن خارج می‌کند. اگر تونل یک طرفه باشد، این عمل مؤثر خواهد بود و در حالت دو طرفه بودن، اگر ترافیک دو طرف برابر باشد، این تهویه خنثی خواهد بود و در حالتی که ترافیک برابر

نباشد، میزان تهویه متناسب با تفاضل ترافیک دو طرف خواهد بود. علاوه بر این، وجود دریچه‌ها در سقف یا دیواره جانبی تونل نیز باعث تخلیه آلودگی داخل تونل به طور طبیعی می‌شود. (شکل ۱-۲)



شکل ۱-۲- تهویه طبیعی در تونل با چاهک و بدون چاهک

### ۲-۳-۲ تهویه مصنوعی

در تونلهایی که طول آنها زیاد است، معمولاً تهویه به صورت طبیعی انجام نمی‌شود و نیاز به وسایل و تأسیساتی جهت به حرکت درآوردن آلودگی هوای داخل تونل می‌باشد.

انواع سیستمهای تهویه مصنوعی در تونل عبارتند از:

#### الف: تهویه طولی

سیستم تهویه طولی در تونلهای راه به دو روش انجام می‌شود:

۱- تهویه طولی توسط نصب بادبزن در چاهکها در سقف یا عرض تونل: در این روش اگر امکان حفر چاهک در سقف یا تونل باشد و یا چاهک به صورت طبیعی موجود باشد، با نصب یک یا چند بادبزن در روی چاهکها، هوا در تونل دمیده یا از داخل آن مکیده می‌شود و آلودگی، تخلیه یا رقیق می‌گردد. این روش به صورت دهشی یا مکشی یا هر دو با هم انجام می‌شود. منحنی تغییرات تراکم آلودگی در داخل تونل در این روش به صورت مثلی می‌باشد (شکل ۲-۲).

این روش برای کلیه تونلهایی که امکان حفر چاهک وجود دارد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طور کلی اگر امکان حفر چاهک باشد، این مناسب‌ترین و اقتصادی‌ترین سیستم می‌باشد.

۲- هنگامی که چاهک به طور طبیعی در داخل تونل موجود نباشد و یا حفر چاهک امکان‌پذیر نباشد، با نصب تعدادی جت فن با فاصله‌های معین که توسط طراح محاسبه می‌شود، تمام جریان هوای لازم با سرعت ثابت در داخل تونل از یک دهانه به دهانه دیگر حرکت می‌کند. بدین ترتیب یک جریان هوا در طول تونل ایجاد شده و آلودگی را به خارج تخلیه می‌کند. عملکرد جت فن‌ها بدین صورت است که با دادن انرژی به سیال (هوا)، یک جریان پرتابی ایجاد شده و با وجود چندین جت فن در طول تونل، جریان هوای پرتاب شده توسط جت فن اول، از طریق جت فن دوم، مکیده شده و به طرف جت فن بعدی پرتاب می‌شود. این عمل مکش و دهش در طول تونل توسط جت‌فن‌ها که به طور متوالی در فاصله‌های معین در سقف

یا طرفین تونل نصب شده، باعث ایجاد جریان هوا در طول تونل و تخلیه آلودگی از یک دهانه به دهانه دیگر می‌شود.

در این سیستم همواره سعی می‌شود، جهت جریان تخلیه هوا در جهت ترافیک حداکثر باشد تا بتواند از اثر پیستونی وسایل نقلیه استفاده مطلوب نماید. روش طولی با جت فن در تونلهای از ۵۰۰ متر تا ۲۰۰۰ متر استفاده می‌شود. در تونلهای بیش از ۲۰۰۰ متر به علت افزایش سرعت هوا بیش از حد استاندارد  $8\text{bm/s}$  و همچنین تراکم آلودگی گازهای سمی در خروج هوا نمی‌توان از این سیستم استفاده نمود.

سرعت استاندارد هوا در داخل تونل در سیستم تهویه طولی برای تونلهای دوطرفه، ۸ متر بر ثانیه و برای تونل یک‌طرفه، ۱۰ متر بر ثانیه می‌باشد (شکل ۲-۳).

#### ب: سیستم تهویه نیمه عرضی

تهویه نیمه عرضی به دو روش انجام می‌شود:

۱- به صورت دمش هوای تازه

در این حالت، هوای تازه از کانالهای هواده که در تمام، یا قسمتی از طول تونل نصب شده وارد تونل می‌شود. این کانالها را می‌توان در سقف یا کف تونل نصب نمود ولی کانالهای دهشی باید در کف تونل نصب شوند (شکل ۲-۴).

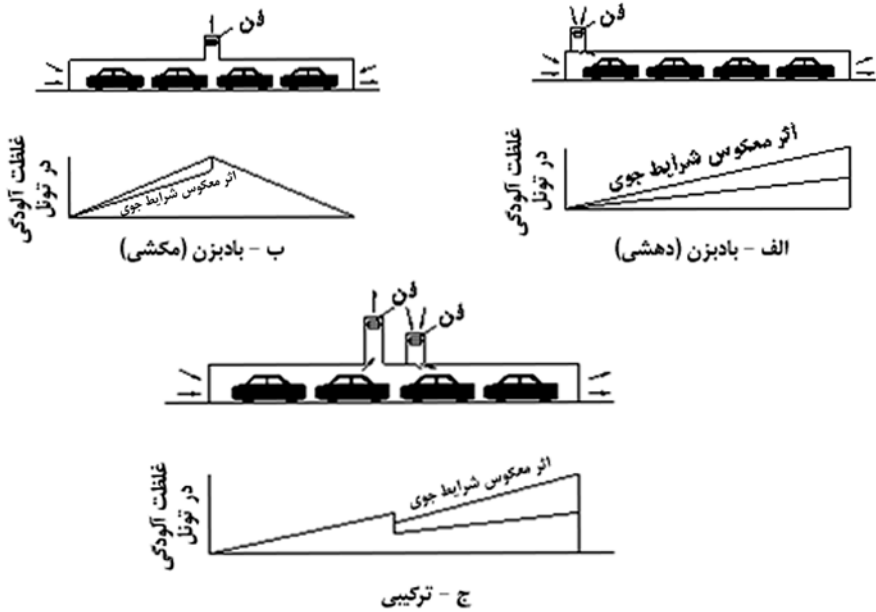
۲- به صورت مکش هوای آلوده

در این روش، هوای آلوده از کانالهای مکنده که در تمام یا قسمتی از طول تونل نصب شده‌اند، از داخل تونل مکیده شده و تخلیه می‌گردند. هوای تازه از داخل مدخلها وارد تونل می‌شوند. محل نصب کانالها باید در سقف تونل باشد.

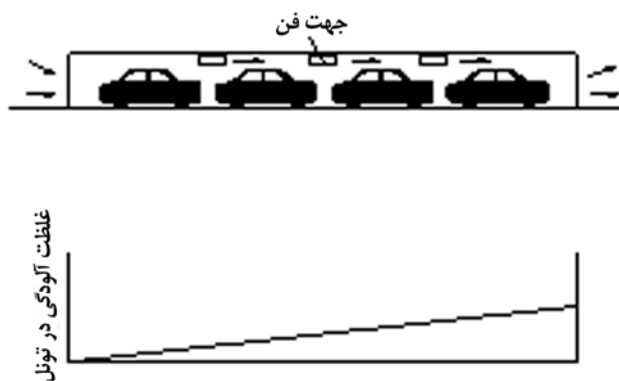
همان‌گونه که در شکل ۲-۵ مشاهده می‌شود، تراکم آلودگی در وسط تونل بی‌نهایت می‌گردد. به این ترتیب، این سیستم باید به روشی طراحی شود که این حالت به وجود نیاید. در شکل ۲-۶ چون نیمی از تونل به صورت مکشی و نیمی دیگر به صورت دهشی می‌باشد، بنابراین سیستم نیمه عرضی محسوب می‌شود.

## ج: سیستم تهویه تمام عرضی

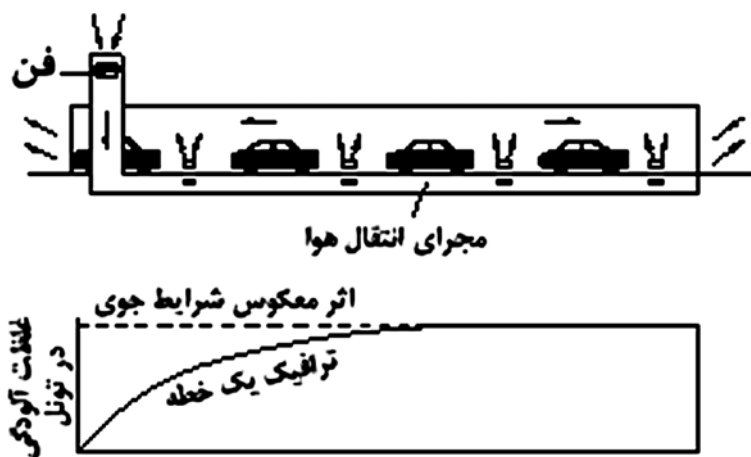
تهویه تمام عرضی، سیستمی کاملاً تفکیک شده است، با کانالهای ورود هوای تازه و کانالهای خروجی هوای آلوده که در تمام طول تونل، کشیده شده است. کانالهای مربوط به دهش هوای تازه باید در کف تونل و کانالهای مربوط به مکش هوای آلوده باید در سقف تونل نصب شود. در این روش یک جریان آرام و مداوم هوای تازه به طرف بالا در تمام طول تونل برقرار است. این روش تهویه برای تونلهایی که با بیش از ۲۰۰۰ متر که امکان استفاده از روش تهویه طولی (چاهک - جت فن) نیست به کار می‌رود. استفاده از این روش برای تونلهای با کمتر از ۲۰۰۰ متر که امکان استفاده از سیستم تهویه طولی وجود دارد به علت بالا بودن هزینه و مشکلات تعمیر و نگهداری، مقرون به صرفه نمی‌باشد (شکل ۲-۷).



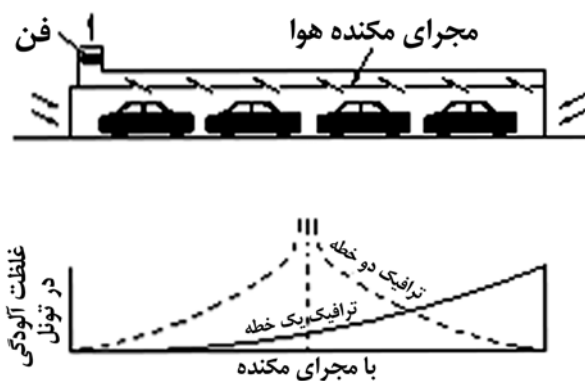
شکل ۲-۷- تهویه تونل با بادبزن (مکشی و دهشی)



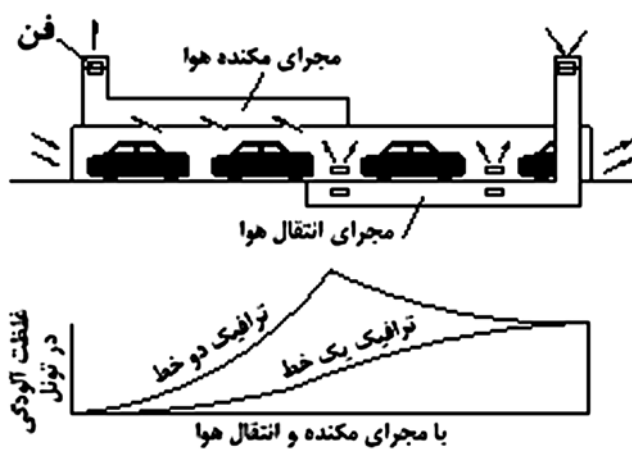
شکل ۲-۳- تهویه طولی با جت فن



شکل ۲-۴- سیستم تهویه نیمه عرضی با روش دمش هوای تازه

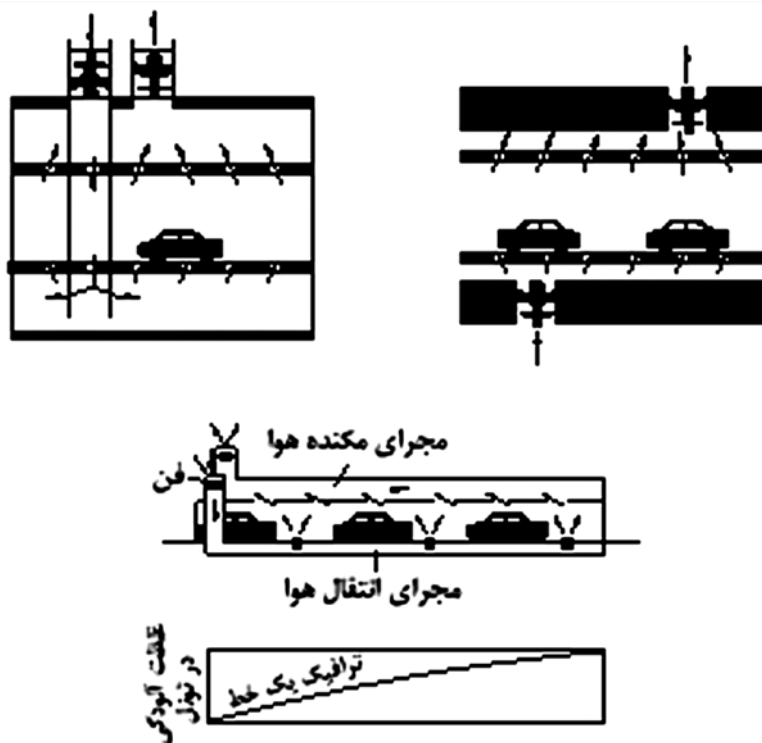


شکل ۲-۵- سیستم تهویه نیمه عرضی با روش مکش هوای آلوده



شکل ۲-۶- سیستم تهویه نیمه عرضی به صورت دمشی و مکشی





شکل ۲-۷- انواع سیستمهای تهویه تمام عرضی

## ۴-۲ بررسی و مقایسه سیستم‌های تهویه

سیستم تهویه طولی با استفاده از چاهک (روش اول)، بهترین روش تهویه تونل می‌باشد. در این حالت با حفر چاهک در قسمت‌های مختلف، می‌توان طول تونل را به چند بخش تقسیم کرد و تهویه هر بخش را توسط هر کدام از چاهک‌های مربوط انجام داد.

سیستم تهویه تمام عرضی به علت بالا بودن هزینه، در موارد خاص یا هنگامی که نتوان از سیستم تهویه طولی استفاده کرد به کار برده می‌شود.

به طور کلی سیستم تهویه طولی با استفاده از چاهک با بادبزن یا به صورت طبیعی، مناسب‌ترین و اقتصادی‌ترین روش تهویه تونل می‌باشد.

هنگامی که امکان حفر چاهک نباشد یا چاهکی وجود نداشته باشد، مناسب‌ترین روش، سیستم تهویه طولی با استفاده از جت فن است. البته برای تونلهایی با طول بیش از ۲۰۰۰ متر نمی‌توان از سیستم تهویه طولی با جت فن استفاده کرد. زیرا سرعت هوا در داخل تونل بیش از حد استاندارد  $8\text{bm/s}$  می‌شود و همچنین تجمع آلودگی در دهانه خروج هوا خیلی افزایش می‌یابد.

برای تونل با بیش از ۲۰۰۰ متر که امکان حفر چاهک وجود ندارد، باید از سیستم تهویه عرضی یا نیمه عرضی استفاده کرد.

## ۵-۲ تونلهایی که نیاز به سیستم تهویه مصنوعی دارند

برای تعیین تونلهایی که نیاز به تهویه مصنوعی (مکانیکی) دارند، ۳ روش وجود دارد.

### روش اول:

در این روش، تونلهایی که طول آنها بیش از ۱۰۰۰ متر است باید مجهز به سیستم تهویه مصنوعی باشند.

## روش دوم:

در این روش، نصب سیستم تهویه مصنوعی هنگامی الزامی است که حاصل ضرب ترافیک ساعتی در طول تونل از عدد ۶۰۰ تجاوز کند.

$$L.M \geq 600$$

که در آن  $L$  طول تونل بر حسب کیلومتر و  $M$  حجم ترافیک بر حسب تعداد اتومبیل در ساعت است.

## روش سوم:

در این روش حداکثر طول یک تونل بدون تهویه مصنوعی از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$L = \frac{C_0 \cdot A \cdot a \cdot V}{120 \times q}$$

که در آن:

$L$  = حداکثر طول تونل بر حسب کیلومتر

$C_0$  = حداکثر مجاز آلودگی منو اکسید کربن که برابر ۰/۲۲ در نظر گرفته می‌شود.

$A$  = سطح مقطع تونل بر حسب متر مربع

$V$  = سرعت متوسط وسیله نقلیه که برای ترافیک روان  $40 \text{ bkm/h}$  و برای ترافیک متراکم  $15 \text{ bkm/h}$

در نظر گرفته می‌شود.

$a$  = فاصله بین دو اتومبیل با در نظر گرفتن مسافت ترمز بر حسب متر که برای سرعت  $40 \text{ bkm/h}$  مقدار

$a$  برابر ۲۰ و برای سرعت  $15 \text{ bkm/h}$  مقدار  $a$  برابر ۹/۹ در نظر گرفته می‌شود.

$q$  = مقدار گاز منو اکسید کربن تولید شده به وسیله هر اتومبیل که معمولاً  $60 \text{ bppm}$  در نظر گرفته

می‌شود.

## ۶-۲ ‹‹ سیستمهای کنترل و ایمنی در طول تونل

تهویه تونل برای کار مداوم طراحی می‌شود و هوای مورد نیاز برای تهویه ممکن است به دلایل گوناگون تغییر نماید. به طور اصولی می‌توان میزان تهویه مورد نیاز را بر اساس کیفیت هوا و مقادیر مجاز غلظت آلاینده‌ها (گازهای سمی) تنظیم، و سپس با روشهای گوناگون تأمین کرد. در سیستم کنترل

خودکار با نصب گیرنده‌هایی در طول تونل و در مکان‌هایی که تجمع آلودگی بیشتر است، سیستم به صورت خودکار کنترل می‌شود. با بالا رفتن میزان آلودگی بیش از حد مجاز، گیرنده‌ها به سیستم تهویه فرمان داده و سیستم فعال می‌شود. در اغلب موارد، چندین گیرنده حساس به منو اکسید کربن و کربن را در قسمتهای میانی و انتهایی تونل نصب می‌کنند. در سیستم تهویه طولی با جت فن، حداقل سه گیرنده برای تشخیص منو اکسید کربن و سه گیرنده برای دود در تونل نصب می‌شود. با توجه به این که در حالت خاموش بودن جت فن‌ها، تراکم آلودگی در قسمت میانی، و در حال روشن بودن جت فن‌ها تراکم آلودگی در مدخل‌های تونل (با توجه به جهت تهویه) می‌باشد، گیرنده‌ها در قسمتهای میانی و انتهایی تونل نصب می‌گردند. به گونه‌ای که در هنگام راه‌اندازی دستگاه‌های تحلیل‌گر که در وسط تونل نصب شده‌اند فرمان می‌دهد و بعد از راه‌اندازی گیرنده‌هایی که در قسمت انتهایی (حدود ۱۰۰ متر داخل تونل) قرار دارند، فرمان خواهد داد. این دستگاه‌ها به طور مداوم علایمی به صورت جریان الکتریسیته که از صفر تا چند صد میلی‌آمپر متغیر است به سیستم کنترل ارسال می‌نمایند و به نحوی تنظیم شده‌اند که حداکثر جریان با حداکثر مجاز گاز منو اکسید کربن و دوده مطابقت نماید.

از علامتهای ارسالی، بالاترین آنها برای کنترل سیستم تهویه به کار می‌رود و در صورتی که مقدار آلودگی از حد مجاز تجاوز ننماید، کلیه جت فن‌ها در حالت توقف باقی می‌مانند. برای این که در هنگام راه‌اندازی، حداقل بار بر روی سیستم تأمین الکتریسیته وارد شود، جت فن‌ها به ترتیب با فاصله زمانی اندکی نسبت به یکدیگر روشن می‌شوند.

## ◀ ۲-۷ آتش‌سوزی در تونل

تدابیر مورد نظر جهت مقابله با آتش‌سوزی در تونل به ترتیب عبارتند از:

الف: نجات جان انسانها از طریق فراهم کردن امکان تخلیه سرنشینان خودروها

ب: ارائه عملیات امدادی و آتش‌سوزی در حد امکان

ج: پرهیز از انفجار

د: محدود کردن خسارات به سازه و تجهیزات تونل و ساختمانهای مجاور.

برای اطلاعات بیشتر به فصل پنجم مراجعه شود.



۳

---

---

یخزدایی



## ◀ ۳-۱ مقدمه

عواملی که جریان ترافیک را مختل یا آن را متوقف می‌کند، سد راه بسیاری از کارها و مسبب نگرانی است و در میان همه عواملی که به صورت موردی یا در کوتاه‌مدت، سبب نابسامانی امر ترابری جاده‌ای می‌گردد، یخ بستن کف راه است که اگر با آن مقابله نشود، رفت و آمد خودروها دچار توقف خواهد شد و سوانح ناگواری پیش خواهد آمد.

فصل زمستان، دارای روزهای کوتاه است. در روزهای آفتابی آن، یخ و برف باقی مانده بر کف راه، فرصت کوتاهی برای آب شدن و رفتن به کناره‌ها دارد. اغلب، در پایان همین فرصت کوتاه، یخبندان، دوباره، آغاز می‌گردد و بخشی از یخ و برف آب شده، در میان راه تخلیه و دور شدن از خط عبور، دوباره یخ می‌بندد و در بستر عبور برجای می‌ماند.

برقراری این وضعیت، با نیاز گریزناپذیر جابه‌جایی انسان و انواع کالاها در تضاد است. باید در فکر چاره‌ای اساسی بود تا در حد امکان، یخبندان خط عبور، مجالی برای آشکار شدن نیابد و وسایل نقلیه با استفاده از ایمنی فراهم شده و بدون آنکه در معرض سوانح قرار گیرند، انسان، کالا، مصالح و مواد را جابه‌جا کنند. تحقق این هدف، به شرحی که متعاقباً ارائه خواهد شد، با استفاده از مواد یخ‌زدا میسر می‌گردد.

آمار نشان می‌دهد که خطر بروز سوانح، در مناطق سردسیر و معتدل، در فاصله ماه آخر پاییز تا بعد از نیمه زمستان درصد بالایی دارد و این در حالیست که درصد ترافیک آن چند ماه (که شامل درازترین شبهای سال است)، دارای مقادیر کمتر از ماههای دیگر می‌باشد. این پرخطر بودن، خود دلیل دیگری بر اهمیت و ضرورت نگهداری زمستانی راه و استفاده از مواد یخ‌زدا به منظور مقابله با یخبندان راه است.

هر چند که تاکنون تحقیقات زیادی برای جایگزینی مواد شیمیایی به جای نمک و به منظور محافظت از راه‌ها در زمستان شده است، با این وجود در ایران هنوز از نمک به عنوان یخ‌زدا استفاده می‌شود. اطلاعات ارائه شده در این فصل می‌تواند به عنوان یک راهنمای اولیه برای مسئولان راه‌ها باشد تا با استفاده از روشهای مؤثر کنترل میزان استفاده از نمک، تأثیرات منفی نمک‌پاشی را کاهش دهند.



ایمنی و کارایی ترافیک راهها، نقش عمده‌ای در زندگی روزمره دارند. توده یخ و برف در جاده می‌تواند پیامدهای چشمگیری را در کاهش این ایمنی داشته باشد و باعث ایجاد گستره‌ای از آثار گوناگون از جمله موارد ذیل گردد:

- شخص راننده (از طریق افزایش زمان و هزینه‌های سفر و ایجاد اضطراب بیشتر در مسافرت)،
  - اقتصادی (ضررهای اقتصادی ناشی از ناتوانی کارکنان، در رسیدن به محل کار و یا مصرف‌کننده‌ها برای رسیدن به محل عرضه)، و
  - اجتماعی (ناتوانی سرویسهای امنیتی و اورژانس برای ارائه خدمات مفید، محدودیت فعالیتها و عدم دسترسی به بعضی از مناطق).
- این اثرات منفی توده‌های یخ و برف می‌تواند باعث پایین آمدن سطح استاندارد زندگی شوند.

### ۳-۲ مزایای راهداری زمستانی

فعالیت‌های راهداری زمستانی، شامل نمک‌پاشی راه، می‌تواند باعث کاهش یا از بین رفتن اثرات منفی تراکم یخ و برف در راه باشد. راهداری زمستانی موجب موارد ذیل می‌گردد:

- کاهش نرخ تصادفات از طریق افزایش ایمنی تردد در راه
- کاهش بیمه‌های مربوطه و دعاوی قانونی
- صرفه‌جویی زمانی به دلیل داشتن سرعت بیشتر (و ایمن‌تر) در مسافرت
- صرفه‌جویی در مصرف سوخت از طریق بالا بردن ظرفیت راه و پایین آوردن تراکم آن
- کاهش هزینه کالا به واسطه کاهش هزینه‌های مربوط به حمل و نقل آنها
- اطمینان از مفید عمل کردن سرویسهای امنیتی و اضطراری

تاکنون تلاشهای زیادی صورت گرفته تا سود ناشی از فعالیت‌های راهداری زمستانی به جامعه اندازه‌گیری شود هر چند که استفاده از نمک‌پاشی راه، باعث تحمیل هزینه‌هایی بر مسئولین راه می‌شود و گاهی نیز هزینه‌های ناخواسته‌ای را به استفاده‌کنندگان از راه و دیگران تحمیل می‌کند.

به عنوان مثال، نمک‌پاشی راه، هزینه‌های خرید و اجرا را دربر دارد و ممکن است باعث زنگ‌زدگی و خوردگی وسایل نقلیه، صدمه رساندن به کف پل، کاهش آب ذخیره شده و نیز باعث ایجاد اثراتی روی

محیط زیست شود. ولی مطالعات نشان می‌دهد که مزایای اجتماعی که از طریق استفاده نمک در راه‌داری زمستانی حاصل می‌شود به هزینه‌های نمک‌پاشی راه، تقریباً در دامنه حداکثر ۱/۱۸ تا حداقل ۱/۲ می‌باشد.

### ◀ ۳-۲-۱ نقش نمک در راه‌داری زمستانی

ایمنی راه‌ها در زمستان، به وجود اصطکاک کافی بین لاستیک وسیله نقلیه و راه، برای جلوگیری از لیز خوردن وسیله نقلیه در هنگام رانندگی، بستگی دارد. لغزندگی در راه‌ها هنگام مه، باران یا ریزش برف و هنگامی که درجه حرارت هوا، در حد یخ زدن راه است، به وجود می‌آید.

در حین این که برف روی راه انباشته می‌شود و به وسیله وسایل نقلیه عبوری فشرده می‌شود، پیوندی (باندی) با روسازی راه ایجاد می‌کند که به سختی قابل پارو شدن است. در این شرایط، برای جلوگیری از تشکیل چنین پیوندی نیاز به نمک می‌باشد. هنگامی که نمک با رطوبت ترکیب می‌شود لایه آب‌نمک که "آب شور" نامیده می‌شود، بین لایه برف و یخ و روسازی به وجود می‌آید. آب‌نمک دارای نقطه انجمادی پایین‌تر از صفر درجه سلسیوس است و به همین دلیل باعث گسسته شدن پیوند ذکر شده می‌گردد و به برف و یخ، قابلیت پارو شدن را می‌دهد.

روشی مناسب‌تر برای رسیدن به راهی امن‌تر و عملکردی بهتر از نمک‌پاشی، استفاده از نمک‌پاشی در شروع طوفان است تا از انجماد اولیه و تشکیل پیوند میان برف و راه جلوگیری نماید. روش ذکر شده در قیاس با روش قبلی که در آن، توده برف/ یخ تشکیل شده بود، به نمک کمتری احتیاج دارد. همچنین این روش باعث می‌شود که راه در تمام مدت زمان طوفان، یخ نداشته باشد.

### ◀◀ ۳-۳ انواع مواد یخ‌زدا

در حال حاضر، موادی که عملاً به عنوان یخ‌زدا برای راه به کار می‌رود، عبارتند از: کلرور سدیم، کلرور کلسیم آبدار  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  و استات کلسیم منیزیم **C.M.A.** مصرف اوره، به علت اثرات زیست‌محیطی، مردود شده و کلرور منیزیم و الکل، مصرف عملی و فراگیر ندارد. در ایران، عمدتاً از کلرور سدیم، با توجه به فراوانی مقدار آن، استفاده می‌شود.

### ۳-۴ نمک پاشی راه و محیط زیست

استفاده از مواد یخ‌زدا جهت نگهداری زمستانی راه، در یکی دو دهه اخیر، ضمن تأکیدی که بر ضرورت تأمین ایمنی به همراه داشته، نگرانی‌هایی را در مورد پی‌آمدهای زیست‌محیطی مصرف این مواد، به بار آورده و به دنبال آن، تحقیقات گسترده‌ای به انجام رسیده است.

مجموعه این تحقیقات که نتایج آن هم‌اکنون ذکر می‌گردد، نشان می‌دهد که آثار نامطلوب ناشی از کاربرد مواد یخ‌زدا، چندان قابل ملاحظه نیست:

۱- اولاً نمک در فاصله خیلی دور از محوطه راه پراکنده نمی‌شود و ثانیاً میزان نمک در کنار راه با گذشت سالها افزایش نمی‌پذیرد. نمک به سرعت و به طور کامل از جسم خاکریز شسته و زدوده می‌شود. رویش علف و سایر رویدنی‌ها، دال بر این است که مقادیر فوق‌العاده زیادی از نمک در خاکریز باقی نمی‌ماند.

۲- نمک مورد استفاده برای آب کردن یخ، تهدید بزرگی برای آب زیرزمینی به وجود نمی‌آورد. با این حال استفاده از این روش، در مناطقی که دارای گلخانه و محل پرورش گیاهان خاص بوده و مستلزم حفاظت از آب زیرزمینی است محدودیت دارد. این امکان وجود دارد که برای آب کردن یخ، در نقاطی که آب زیرزمینی حفاظت می‌شود نتوان از نمک استفاده کرد.

۳- اگر ذخیره کردن نمک و ماسه به نحو مطلوب صورت نپذیرد، ممکن است که تهدید آن برای آبهای زیرزمینی مناطق مجاور در مقام مقایسه با کاربرد نمک در روی راه جدی‌تر باشد.

۴- نمک به تنهایی برای رویدنی‌های کنار راه زیان‌آور نیست، اما محدوده‌ای که می‌توان گفت نمک بر پاره‌ای از رویدنی‌ها تأثیر می‌گذارد، در فاصله ۲۵ متری راه قرار دارد. مثلاً در جنگلها زیان حاصل از کاربرد نمک، بسیار محدود است. در طول راه فقط باید گیاهانی را کاشت که در مقابل نمک و دود خروجی وسایل نقلیه مقاوم باشند.

۵- به نظر نمی‌رسد که نمک برای مدتی طولانی در زمین ماندگار باشد.

۶- با آن که اثرات نامطلوب ثانوی روی محیط زیست مشاهده نشده، مسلم گردیده است که زمان باقی ماندن سدیم در زمین، از کلر طولانی‌تر است. این اثر در خاکهای متشکل از رس و لای

نسبت به خاکهای ماسه‌ای قوی‌تر می‌باشد. علاوه بر این، تأثیر آنها بر انواع خاصی از رویدنی‌ها نه‌تنها در ریشه، بلکه در روی زمین نیز مشاهده می‌شود. با این‌همه، این اثرات به نوارهای میانی و کناری آزادراه‌ها و راه‌ها منحصر است. تا این زمان در رابطه با آبهای دور و بر و گیاهان اطراف هیچ اثری مشاهده نشده است.

۷- بررسی‌های انجام یافته به وسیله آزمایشگاه تحقیقات راه و حمل و نقل در انگلستان، منتج به این پیشنهاد شده است که نمک، ممکن است مسئله جدی برای گیاهان باشد ولی این مسئله فقط تا فاصله ۲ متری راه وجود دارد. آثار نامطلوب نمک را می‌توان با مصرف دقیق آن و به کمک انتخاب صحیح مواد و طرح درختکاری به حداقل رساند. پرورش گیاهان به منظور تحمل در برابر نمک نیز امکان‌پذیر است.

۸- بلژیک، گزارش بررسی زیانهایی را که به واسطه نمک بر جریان آبها وارد می‌شود، ارائه می‌کند که در آن به آب گیاهان آبی، جانوران بی‌مهره (بی‌مهرگان) و ماهی‌ها اشاره شده است. پژوهش انجام یافته در بلژیک به طور خلاصه به این نتیجه منجر شده است که غلظت نمک کمتر از ۳ گرم در لیتر (کلرور سدیم) بر مجموعه جانوران و گیاهان منطقه هیچ‌گونه اثر مستقیم زهرآگین ندارد. گرچه بی‌مهرگان و پاره‌ای از گیاهان در برابر غلظت ۱ گرم بر لیتر نیز از خود واکنش نشان می‌دهند.

اگر چه استفاده از نمک‌پاشی در راه برای حفظ ایمنی راه در زمستان حیاتی است، ولی استفاده زیاد از آن می‌تواند باعث ایجاد اثرات منفی روی محیط زیست شود. با توجه به مواردی که ذکر شده برخی از آثار زیست‌محیطی نمک‌پاشی عبارتند از:

### ۳-۴-۱ آبهای سطحی و آبهای زیرزمینی

نمکی که در زمین نفوذ می‌کند، در آب زیرزمینی حل می‌شود، و می‌تواند میزان نمک موجود در آبهای زیرزمینی را افزایش دهد.

### ۳-۴-۳ فضای سبز ◀

غلظت بالای نمک در خاک و آبهای زیرزمینی، می‌تواند به فضای سبز کناره راه از قبیل درختان، بوته‌ها و علفها صدمه وارد کند. بعضی از گونه‌های گیاهی در برابر غلظت بالای نمک، سازگاری قابل توجه‌ای دارند و به همین دلیل باید از آنها در کناره راه‌ها استفاده کرد.

### ۳-۴-۳ اثرات خاک ◀

سدیم موجود در نمک راه موجب افزایش سختی، PH و کاهش نفوذپذیری در بعضی از انواع خاکها می‌شود.

### ۳-۴-۳ خوردگی وسایل نقلیه و بناها ◀

نمک‌پاشی راه، در خوردگی وسایل نقلیه و بناها سهیم است (مثلاً پلها، پارکینگها و غیره). بهبود مشخصات فنی مواد و رنگهای به کار رفته در وسایل نقلیه و بناها، باعث کاهش اثرات نمک‌پاشی راه می‌شوند.

## ۳-۵ تحول در نوع مصرف و انبار کردن مواد یخ‌زدا و ادوات کنترل و پیش‌بینی وضع

### هوا

شیوه‌های قدیمی استفاده از ماده یخ‌زدا، به تدریج تحول پذیرفته و راه‌حلهایی که استفاده مؤثرتر (به میزان کمتری که زیانهای ناشی از مصرف را به کمترین برساند) از آن عاید شود، به شرح جدول ۳-۱، نوآوری گشته است.

جدول ۳-۱- مشخصات مرتبط با یخ‌زدایی کلرور سدیم و کلرور کلسیم

ماده یخ‌زدا	پایین‌ترین نقطه ثابت انجماد (اونتیک)	حد کارایی (دمای هوا)	رطوبت نسبی تعادل محلولهای اشباع (بین صفر و ۱۰- درجه سانتیگراد)	قدرت جذب رطوبت
کلرور سدیم، نمک بلور، نمک تصفیه شده	۲۱- درجه سلسیوس (صد قسمتی)	۷- تا ۸- درجه سلسیوس (صد قسمتی)	(۷۵٪ تا ۸۰٪)	ضیف
کلرور کلسیم	۵۱- درجه سلسیوس (صد قسمتی)	۱۵- تا ۲۰- درجه سلسیوس (صد قسمتی)	(۴۵٪ تا ۵۰٪)	بالا

### ۳-۶ جایگزین‌هایی برای نمک‌پاشی راه

تحقیقات گسترده‌ای برای استفاده از جانشینهای مواد شیمیایی یخ‌زدا، انجام شده است. این مواد شیمیایی دارای خواص متفاوت هستند و در اکثر حالتها، کاهش اثرات زیست‌محیطی را به دنبال دارند. همچنین برخی از جایگزینها در دماهایی پایین‌تر از نمک مورد استفاده در راه، عمل می‌کنند. در جدول شماره ۳-۲ بعضی از جایگزینهای نمک‌پاشی ارائه شده است. هر چند در اغلب موارد به دلیل هزینه کم و قابل ملاحظه نمک و حمل و نقل آسان آن، از نمک‌پاشی استفاده شده است، تحقیقات برای پیدا کردن جایگزینی مقرون به صرفه برای نمک راه، ادامه دارد. با این وجود، در حال حاضر مطمئن‌ترین راه، استفاده مناسب از نمک و کاهش مقدار نمک استفاده شده، از طریق استفاده از هواشناسی مناسب‌تر در هنگام نیاز به نمک‌پاشی، حمل و نقل شایسته‌تر و تصحیح روشهای نمک‌پاشی می‌باشد.

### ۳-۷ کاهش عوارض نمک‌پاشی راه

راه‌حل‌های جدیدی که برای کاهش مصرف نمک به منظور کاهش تأثیر یخ و برف نیاز است عبارتند

از:

- کاهش توده‌های یخ و برف در راه و از طریق رفع نیاز از نمک

- پیش‌بینی مناسب‌تر زمان و مکان نمک‌پاشی
- افزایش دقت نمک‌پاشی راه برای حصول بهترین نتیجه
- کاهش در میزان نمک اتلافی در حاشیه شانه‌ها و گودالها
- بهبود روشهای حمل و نقل و ذخیره نمک در انبارها

#### ۳-۷-۱ کاهش مقدار برف در راه

بدیهی است که اگر به برف کمتر اجازه نشستن روی زمین داده شود، نیاز به پارو کردن، ماسه‌پاشی و نمک‌پاشی کمتر می‌شود. در اثر کاهش سرعت کولاک، دانه‌های برف سقوط کرده و پدیده برف‌رفت اتفاق می‌افتد. آهسته شدن کولاک، به دلیل وجود موانعی مثل درختان، بوته‌ها، دیرکها و غیره و یا تغییر در سطح زمین مانند وجود گودالها می‌باشد که می‌توانند باعث به وجود آمدن برف‌رفت شوند. در مناطقی که میزان توده‌های برف به طور غیرعادی زیاد است، بخشی از مشکلات ناشی از برف راه، خود راه به وجود می‌آورد. مثلاً اگر راه به وسیله خط وسط به دو قسمت تقسیم شود، برف‌رفت در جایی اتفاق می‌افتد که باد در آنجا در ارتفاع بالاتری وجود دارد. پلها و تقاطعهای غیرهمسطح نیز، یکی از عوامل به وجود آمدن مسئله نشست برف در کنار پایه پلها و اتصالات، می‌باشند.

جدول ۳-۲- نمک و جایگزینهای شیمیایی دیگر به منظور جلوگیری از یخ‌زدایی

شرح	انبارداری و نگهداری	عملکرد یخ‌زدایی و ضدیخ	خوردگی و سازگاری با ماشین و مصالح بزرگراه	تأثیر بر روی سلامتی - زیست‌شناسی - فضای سبز-آب و آبیان - خاک - انسان و وحوش وحشی	نام شیمیایی
در غلظت بالا- بو و مزه آب خوراکی را بد می‌کند. جامد می‌باشد و به نام سنگ نمک هم نامیده می‌شود.	راحت	$P.W.T = -9/4^{\circ}C$ $e.u.t = -21^{\circ}C$	باعث خوردگی اتومبیل، بتنهای مسلح مسطح پل می‌شود.	اثر منفی روی زیست محیطی، فضای سبز و خاک دارد. در غلظتهای زیاد، اثر منفی بر روی آبیان دارد.	کلراید سدیم NaCl
به عنوان ماده "مرطوب کننده" قبل از پخش استفاده می‌شود. با شن مخلوط می‌کنند، برای جلوگیری از یخ‌زدگی در درجه پایین به عنوان ضدیخ استفاده می‌شود.	پخش سدیم کلراید مثل نمک می‌باشد.	بهتر از سدیم و کلراید یخ‌زدا می‌باشد. در درجه $-15^{\circ}C$ یا پایین‌تر کار می‌کند. $P.W.T = -31/6^{\circ}C$ $e.u.t = -51/8^{\circ}C$ به عنوان ضدیخ هم استفاده می‌شود.	وقتی به صورت محلول است برای بعضی از مواد مانند چرم، پلاستیک، فلزات و غیره زیان‌آور است. باعث خوردگی فلزات، بیشتر می‌شود تا نمک. به علت این که کلسیم کلراید و درجات پایین‌تر از نمک اثر می‌کند کمتر به بتن تا نمک زیان می‌رساند.	مانند کلراید سدیم اثر منفی روی زیست محیطی دارد.	کلراید کلسیم CaCl2
کلراید پتاسیم کمتر فعال هست تا NaCl و CaCl <sub>2</sub> . به عنوان مواد مضاف به یخ‌زدهای دیگر اضافه می‌شود.		$P.W.T = -3/8^{\circ}C$ $e.u.t = -11/1^{\circ}C$	مانند کلراید سدیم (نمک)	روی محیط زیست، ضرر کمتری در مقایسه با کلراید سدیم (نمک) دارد.	کلراید پتاسیم KCl



نام شیمیایی	تأثیر بر روی سلامتی - زیست‌شناسی - فضای سبز-آب و آبیان - خاک - انسان و وحوش وحشی	خوردگی و سازگاری با ماشین و مصالح بزرگراه	عملکرد یخ‌زدایی و ضد یخ	انبارداری و نگهداری	شرح
استات منیزیم کلسیم CMA	اثر منفی روی زیست محیطی، فضای سبز، خاک، آب و آبیان ندارد. برای بعضی از خاکها می‌تواند اثر حاصلخیزی و نفوذپذیری را زیاد کند. CMA بوی سرکه می‌دهد. بنابراین مثل نمک، حیوانات را جذب نمی‌کند.	CMA کمتر از نمک NaCl باعث خوردگی فلزات، فولاد ماشین، آلیاژ آلومینیوم، پلها، راه‌ها، درهای پارکینگ و بتن می‌شود. حتی در آزمایش فولاد در آب شیر باعث خوردگی مساوی و یا کمی بیشتر نسبت به فولاد در محلول CMA شده است. CMA باعث پوسته شدن بتن مسطح نمی‌شود و خوردگی بتن را که آلوده به کلراید کهنه است تسریع نمی‌کند.	$P.W.T = -6^{\circ}C$ $e.u.t = -33/6^{\circ}C$ خشک CMA به‌عنوان یخ‌زدا استفاده می‌شود. CMA را هم به صورت مایع و هم می‌توان با نمک یا شن مخلوط کرد. CMA مایع را به عنوان ضد یخ معمولاً استفاده نمی‌کنند. CMA در درجه حرارتی مثل نمک فعال می‌شود ولی کارکرد متفاوتی دارد.	به صورت پودر نگهداری CMA مشکل است و باعث تحریکات پوستی می‌شود. وقتی رطوبت باشد، پف می‌کند و به تجهیزات پختی کردن می‌چسبد. باید در جای خشک و بسته نگهداری شود. تهویه هوای مناسب وجود داشته باشد. برای پخش کردنش از تجهیزات نمک می‌توان استفاده کرد.	CMA. برف و یا یخ را آب نمی‌کند بلکه آنها را به مخلوط معلق جامد در مایع تبدیل می‌کند. برای قبل از بارو کردن یخ و برف مناسب است چون CMA به آب شور تبدیل نمی‌شود بنابراین روی سطح زمین آب راه نمی‌افتد. برای فعال شدن CMA زمان بیشتری نیاز هست تا نمک، برای توده برف و یخ مناسب نمی‌باشد.

نام شیمیایی	تأثیر بر روی سلامتی - زیست‌شناسی - فضای سبز- آب و آبزیان - خاک - انسان و وحوش وحشی	خوردگی و سازگاری با ماشین و مصالح بزرگراه	عملکرد یخ‌زدایی و ضد یخ	انبارداری و نگهداری	شرح
استات پتاسیم	در غلظت بالا برای آبزیان و ماهی، سمی می‌باشد.	استات پتاسیم باعث خوردگی نمی‌شود. ولی در موارد زیر نباید از استات پتاسیم استفاده کرد. در بتن‌هایی با کیفیت پایین یا در بتن‌هایی که در آن هوا وجود دارد یا در موقعی که فلزات گالوانیزه شده با بتن تماس خواهند داشت، در موقعی که با یخ‌زدایی مانند کلراید مایع مثل $\text{CaCl}_2$ و $\text{MgCl}_2$ مخلوط خواهند شد.	$\text{Freezing} = -6.0^\circ\text{C}$ $\text{pt}$ $\text{p.w.t} = -26^\circ\text{C}$ بهتر از CMA ضد یخ می‌باشد بیشتر برای باند فرودگاه استفاده می‌شود. به عنوان "مرطوب‌کننده" از قبل برای CMA، نمک‌پاشی و یا یخ‌زدایی‌های دیگر و شن استفاده می‌شود. به عنوان ضد یخ برای سطح پلها و یا یخ‌زدایی‌های راه‌ها می‌تواند استفاده شود.	باید در جای تمیز و کاتیزهای بسته نگهداری شود در غیر این صورت، تولید قارچ می‌کند.	مایع می‌باشد، برای آستر روی ریل و بستر استفاده می‌شود و برای سقف غیرمشبک و علایم راه می‌توان استفاده کرد که برف و یخ به آنها نچسبد. برای دریچه آدمرو به عنوان یخ‌زدایی می‌توان استفاده کرد.
استات سدیم NaAc	در درجات پایین تجزیه می‌شود و تماسش با انسان باعث تحریکات پوستی و چشم می‌شود و تنفس کردنش باعث ناراحتی تنفسی می‌گردد.	ابتدا پتاسیم باعث خوردگی نمی‌شود ولی در مقایسه با CMA بیشتر باعث خوردگی می‌شود.	بیشتر برای باند فرودگاه استفاده می‌شود ولی برای راه‌ها و پیاده‌روها هم می‌توان استفاده کرد.	به انبارهای بزرگ و مسطح نیاز دارد. در رطوبت پف می‌کند. با تجهیزات یخ‌زدایی جامد می‌توان پخش کرد.	برای مرطوب کردن استات سدیم از استات پتاسیم مایع می‌توان استفاده کرد.

شرح	انبارداری و نگهداری	عملکرد یخ‌زدایی و ضد یخ	خوردگی و سازگاری با ماشین و مصالح بزرگراه	تأثیر بر روی سلامتی - زیست‌شناسی - فضای سبز-آب و آبریان - خاک - انسان و وحوش وحشی	نام شیمیایی
دارای بوی بدی می‌باشد. دوبرابر NaCl باید استفاده شود. به صورت فرض کوچک جامد و مایع موجود می‌باشد.		P.W.T= -۳/۸ C e.u.t= -۱۱/۶ C	اوره در مقایسه با کلراید، باعث خوردگی کمتری می‌شود. باعث پوسیده شدن بتن می‌شود.	بر روی فضای سبز اثر منفی ندارد ولی مصرف زیادش باعث سوختگی گیاهان می‌شود. اثر منفی روی خاک ندارد. حتی خاک را حاصلخیزتر می‌کند. می‌تواند آب آشامیدنی را آلوده کند و برای آبریان سمی باشد.	اوره $\text{Co}(\text{NH}_2)_2$
نوع اتلین گلی کل و پروبین گلی کل استفاده می‌شود، مایع می‌باشد، به‌عنوان ضد یخ تأثیر بیشتر دارد و ارزان‌تر می‌باشد. دارای بوی بد می‌باشد.	به صورت مایع می‌باشد. بنابراین نیاز به تانک و اسپری برای پاشیدن دارد.	گلی کل معمولاً با اوره به عنوان یخ‌زدایی باند فرودگاه استفاده می‌شود. به عنوان یخ‌زدایی خیلی مؤثر است ولی عمر کوتاه دارد.	باعث خوردگی نمی‌شود.	برای آبریان سمی بودن حاد و مزمن پایینی دارد. اثر منفی روی آبریان دارد. اگر انسان و یا حیوانات، گلی کل بخورند خیلی سمی می‌باشد (مزه شیرین دارد). زود تجزیه می‌شود و تولید BOD زیادی می‌کند. حتی در دمای سرد گلی کل اتلین حدود $5000 \text{ mg/l BOD}$ تولید می‌کند. در مقایسه با فاضلاب خانگی که $200 \text{ mg/l BOD}$ تولید می‌کند.	گلی کل

شرح	انبارداری و نگهداری	عملکرد یخ‌زدایی و ضد یخ	خوردگی و سازگاری با ماشین و مصالح بزرگراه	تأثیر بر روی سلامتی - زیست‌شناسی - فضای سبز-آب و آبزیان - خاک - انسان و وحوش وحشی	نام شیمیایی
به صورت مایع موجود است و فرار و آتش‌زا و سمی می‌باشد.	به خاطر فرار بودن، آتش‌زا بودن و سمی بودن متانول، نگهداریش مشکل است.	$e.u.t = -125^{\circ}C$ در حرارت پایین مؤثر می‌باشد. از نمک تندتر کار می‌کند.	روی آسفالت بتنی اثر زیان‌آوری دارد.	بخارش سمی می‌باشد اگر به وسیله انسان و حیوانات خورده شود کشنده است.	متانول
به صورت جامد موجود است.		$e.u.t = -18^{\circ}C$	چون در فرمات سدیم، کلراید نمی‌باشد بنابراین باعث خوردگی استیل نمی‌شود. بیشتر از نمک به بتن صدمه می‌زند.	فرمات سدیم کلراید هر دو می‌توانند به خاک ضرر برسانند و گیاهان را بسوزانند.	فرمات سدیم
به عنوان مایع مثل $CaCl_2$ کلراید کلسیم برای "مرطوب کننده" قبل از پخش برای نمک‌پاشی و شن و یا مخلوط‌های دیگر یخ‌زدایی استفاده می‌شود. رطوبت را از اطراف خودش جذب می‌کند ولی نه مانند $CaCl_2$ کلراید کلسیم		$P.W.T = -15^{\circ}C$ $e.u.t = -33/6^{\circ}C$	مانند کلرید سدیم (نمک) می‌باشد، تنها ماده‌ای است که باعث خوردگی تدریجی بتن می‌شود.	روی مشابه تأثیر کلراید سدیم (نمک)	منیزیم کلراید $MgCl_2$

هنگامی که سطح راه خشک باشد، برف به آسانی پاک می‌شود ولی زمانی که راه نمک‌پاشی می‌شود، راه مرطوب شده و در نتیجه برف به صورت توده‌ای درمی‌آید.

می‌توان با طراحی دقیق‌تر راه‌ها و با استفاده از راه‌کارهای مناسب و یا با انتخاب مناسب گیاهان کنار راه، تعداد مناطقی که برف‌رفت در آنها اتفاق می‌افتد را کاهش داد. برف‌بندهای استاندارد (موانع فیزیکی در مقابل حرکت برف) یا برف‌بندهای طبیعی - درختان، بوته‌ها، محصولات کشاورزی و ساقه‌های آنها - ابزار با ارزشی هستند که مسائل ناشی از برف‌رفت را کاهش می‌دهند. عملاً این برف‌بندها باعث کاهش برف‌رفت روی راه و جلوگیری از افزایش آن می‌شوند. بوته‌ها و ساقه‌ها مانند یک تله برای برف عمل می‌کنند و مانع به وجود آمدن برف‌رفت، در راه می‌شوند.

پاکسازی گیاهان برای کاهش سایه و طراحی جدید روسازی برای اطمینان از زهکشی مناسب، روشهای دیگری هستند که برای جلوگیری از تشکیل یخ و در نتیجه، کاهش مقدار نمک مصرفی، مورد استفاده واقع می‌شوند.

#### ۳-۷-۲ پیش‌بینی زمان و مکان نمک‌پاشی

کارکنان راهداری زمستانی، با استفاده از تجربه خود، قادر به تشخیص زمان و مکان نمک‌پاشی می‌گردند.

راهبانان را می‌توان به وسیله جدیدترین پیشرفتهایی که در تکنولوژی اطلاعات حاصل شده است، کمک نمود. حتی هنگامی که دمای هوا پایین‌تر از نقطه انجماد باشد، دمای سطح روسازی با دمای هوا تفاوت فاحشی دارد. وقتی که یخ می‌خواهد در سطح راه تشکیل شود، دمای سطح روسازی عامل بسیار تعیین کننده‌ای است. با دماسنج دستی می‌توان دمای روسازی را اندازه گرفت و راهبان را با شرایط روسازی هشیار نمود.

سیستمهای اطلاعاتی هواشناسی راهی، با حس‌گرهای روسازی و جوی، اطلاعات آنی در رابطه با اتفاقاتی که در سطح راه در حال وقوع است، را به اطلاع راهبانان می‌رسانند. حس‌گرهای روسازی در سطح راه نصب شده و به برجهای کوتاه هواشناسی متصل می‌باشند، و اطلاعات ارسالی از سرویسهای هواشناسی را دریافت می‌کنند. در این حالت، کارشناسان می‌توانند زمان انجماد روسازی را مشابه با

پیش‌بینی‌های هواشناسی انجام دهند، و این راهبانان فرصت کافی برای آماده کردن نفرات و کامیونها می‌دهد. گشتی‌ها، پیش‌بینی‌ها را با شرایط حقیقی و اطلاعات زمانی و واقعی روسازی، که به وسیله حس‌گرها داده شده است ارتباط می‌دهند.

در صورت پیش‌بینی احتمال بارندگی از جانب راهبانان، و اگر دمای راه زیر نقطه انجماد باشد، آنها تشخیص می‌دهند که نیاز به نمک‌پاشی است. با این وجود، اگر دمای روسازی بالاتر از حد انجماد باشد و اگر محتمل باشد که دما در همان حد باقی بماند، دیگر به نمک‌پاشی احتیاجی نمی‌باشد.

در حال حاضر یک روش عمومی برای نمک‌پاشی راه، در هنگام شروع طوفان و برای جلوگیری از تشکیل یخ وجود دارد که با انجام آن، نمک کمتری برای رسیدن به نتیجه مشابه (امنیت راه‌ها) لازم است.

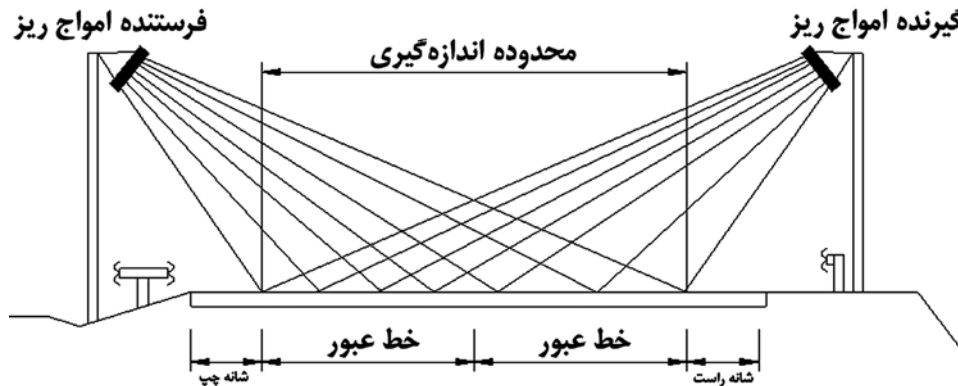
به وسیله ابزار و روشهای مشابه، راهداران می‌توانند از تداوم ایمنی بالا و استفادهٔ بهینه از نمک اطمینان داشته باشند.

### ۳-۷-۲-۱ تشکیلات هواشناسی و اعلام وضع یخبندان

شروع به موقع عملیات پخش مواد یخزدا، با دسترسی به اطلاعات دقیق هواشناسی محلی، میسر است. در طول راه‌های مناطق سردسیر و یخبندان و به ویژه در نقاط بحرانی راه مانند گردنه‌ها و مناطق مرتفع، که سرما از محل‌های مجاور شدیدتر است، باید ایستگاههای هواشناسی ایجاد شود تا به کمک دستگاههای مستقر در آن، بتوان از وضعیت جوی و زمان آغاز یخ بستن آگاه شد. آلات نصب شده در ایستگاههای هواشناسی و اعلام وضعیت یخبندان، درجهٔ حرارت و میزان رطوبت هوا و دمای سطح راه را ثبت می‌کند. این اطلاعات به راهدارخانه‌ها منتقل می‌شود تا بر اساس آن در مورد پخش مواد یخزدا، تصمیم‌گیری شود. پیش‌بینی‌های وضع هوا، باید تجدید شود و بر اساس آن پیشگیری‌های لازم به عمل آید.

غیر از ایستگاههای هواشناسی و اعلام یخبندان، روشهای جدیدی ابداع گردید که بر استفاده از امواج ریز (مایکروویو) مبتنی می‌باشد و به کمک آن، ضخامت لایهٔ آب، برف و نمک باقیمانده در فواصل مورد نظر از سواره‌رو اندازه‌گیری و به مرکز مورد نیاز مخابره می‌شود. این روش، در حقیقت اندازه‌گیری

غیرمستقیم و کنترل و بازرسی از راه دور است. شکل ۳-۱ اصول اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. در یک طرف راه، آنتن‌های فرستنده و در طرف دیگر آن، آنتن‌های گیرنده نصب می‌شود. محدوده اندازه‌گیری تقریباً دایره‌ای است که قطرش برابر عرض سواره‌رو می‌باشد.



شکل ۳-۱- اصول اندازه‌گیری وضعیت سطح راه (به وسیله امواج)

### ۳-۷-۲-۲- پیشگیری و مقابله با یخبندان راه

پس از نزول باران یا تشکیل مه غلیظ همراه با افت دمای هوا و نیز بعد از بارش برف، معمولاً یخبندان سطح راه آغاز می‌شود.

اگر با دریافت اطلاعات دقیق و به هنگام، بتوان از سرعت آغاز یخبندان، آگاه شد و قبل از آن با اعزام ماشینهای پخش مواد به محل، یا با استفاده از تأسیسات دائمی نصب شده در محل‌های بحرانی، نسبت به پاشیدن مواد یخزدا اقدام نمود، تشکیل لایه یخ روی سواره‌رو، متوقف می‌شود. این کار، پیشگیری یخبندان نام دارد که با استفاده از آن در مصرف مواد نیز، صرفه‌جویی به عمل می‌آید.

پس از نزول باران و برف و تشکیل یخ، باید همراه با برف‌روبی، نسبت به استفاده از مواد یخزدا اقدام کرد. این کار، جنبه چاره‌جویی دارد.

### ۳-۷-۳ افزایش دقت نمک‌پاشی

طبعاً مقادیر نمک‌های یخ‌زدا که باید روی راه ریخته شود، به وضوح کمتر از مقداری است که به طور نظری برای آب شدن کامل یخ، لازم می‌باشد. مصرف مقادیر اندک کفایت می‌کند، با این شرط که شکل فیزیکی و شیمیایی نمک به کار رفته، بتواند نسبت معینی از تماس کامل را اعمال و آب شدن نسبی و خرد شدن یخ را فراهم نماید و همراه با از بین بردن کلیه چسبندگی‌ها، از بین بردن نهایی یخ را در اثر عمل مکانیکی رفت و آمد خودروها موجب شود.

مهم‌ترین خاصیت یک ماده یخ‌زدا، غیر از نقطه پایین انجماد، عبارت است از بزرگی سطح مخصوص دانه‌ها که حداکثر تأثیر بین یخ و مواد مذکور را امکان‌پذیر می‌سازد. این بالا بودن مقدار سطح مخصوص، هم در عملیات پیش‌گیرانه قبل از اولین مرحله ریزش برف و هم در عملیات نهایی کنترلی در پایان بارش، واجد اهمیت اساسی است.

بالا بودن میزان ریزدانگی مواد یخ‌زدا، در شرایط مساوی مقدار مصرف، سبب پیدایش خاصیت عدم چسبندگی بسیار طولانی روی دانه‌های برف می‌گردد که از متراکم شدن آن در اثر رفت و آمد خودروها و تیغه برف‌روها، جلوگیری می‌نماید و در نتیجه، بازگرداندن راه به شرایط عادی پس از پایان ریزش برف آسان می‌شود.

از میان مواد یخ‌زدا که شرایط مذکور را بهتر تأمین می‌کند، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

#### ۱- یخ‌زدهای مایع

که در بین آنها، محلول کلرور سدیم (۲۵٪) تا (۳۰٪) (عموماً ۲۷٪) مقام اول را دارد. نقطه انجماد پایین (۵۱- درجه سانتیگراد) و اثر فوق‌العاده این ماده در مورد تماس و اتصال، سبب مصرف روزافزون آن در عملیات پیشگیرانه و نگهداری (با دامنه کارایی صفر درجه سانتیگراد تا ۳۰- درجه سانتیگراد) و نیز به عنوان ضدیخ برای تأسیسات ثابت ضدیخ‌پاش (در امتداد قطعاتی که بیش از همه، در معرض یخبندان ناگهانی واقع می‌شود و به ویژه پله‌های بزرگ) گردیده است. برای مصرف، کلرور کلسیم را به نسبت حداکثر ۱ به ۳ با آب مخلوط می‌کنند. یادآوری می‌شود که منظور از کلرور کلسیم  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  می‌باشد.



## ۲- یخ‌زدهای جامد

اصولاً نمک بلور (نمک ترکی)، نمک پالوده (تصفیه شده) و کلرور کلسیم را (که سبب پایین آمدن نقطه انجماد و سطح مخصوص بسیار مطلوب ناشی از دانه‌بندی کنترل شده محصول می‌گردد) شامل می‌شود.

مطلوب‌ترین وضع یخ‌زدایی (آب شدن) به کمک ماده یخ‌زدای دانه‌ای یا پوسته‌ای با ابعاد بین ۰/۲ تا ۳ میلی‌متر و مقادیر جزئی ناخالصی و رطوبت، حاصل می‌گردد.

در عمل، بخش دانه‌ریز و نرمه در عین آن که موجبات ذوب سریع یخی را که با آن در تماس واقع می‌شود، فراهم می‌نماید، خود به آسانی در اثر باد و طوفان حین پخش از بین می‌رود.

دانه‌های خیلی درشت برعکس، فرصت زیادی برای حل شدن و عمل کردن دارند، ولی قبل از آن که تأثیر مطلوب به بار آورند، به آسانی از سطح راه فاصله می‌گیرند. از سوی دیگر، این دانه‌های درشت برای استفاده‌کنندگان از راه، خطرناک است و به هنگام پخش قبل از آن که در اثر رفت و آمد خودروها به بیرون راه پرت شوند، از روی سطح راه بر می‌جهند و به وسایل نقلیه عبوری آسیب می‌رسانند.

بالا بودن مقدار کلرور سدیم و کلرور کلسیم و بسیار پایین بودن نسبت ناخالصی‌ها، عوامل تعیین کننده توان یخ‌زدایی است تا در اثر آن هزینه‌ها هر چه محدودتر گردد و پی‌آمدهای محیطی هر چه بیشتر کاهش یابد.

ناخالصی‌ها سبب پیدایش بقایای سفیدک‌گونه متعددی بر سطح راه می‌گردد که در اثر وزش باد ناشی از رفت و آمد خودروها بر سطح قسمتهای شیشه‌ای اتومبیلها، و سطح علائم و چراغهای راهنمایی می‌نشیند و به این ترتیب باعث پدید آمدن شوره بر این سطوح می‌شود. علاوه بر این، سازه‌های بتنی و پوششهای آسفالتی خواه در اثر تشکیل سفیدک شوره و خواه به علت بلوری شدن آسیب می‌بینند.

نمکهای یخ‌زدای جامد بسیار مؤثر، یعنی کلرور سدیم و کلرور کلسیم به ویژه برای عملیات ترمیمی پیشگیرانه یعنی در آغاز اوضاع نامساعد جوی به کار می‌روند. در انتخاب ماده یخ‌زدا به خصوص وضع دما و رطوبت، مد نظر قرار می‌گیرد.

این نمکها همچنین، در مرحله عملیات پیشگیرانه، روی راه خیس مورد استفاده واقع می‌شوند. چنانچه سطح راه خشک باشد، نمودار (مرطوب) کردن کلرور سدیم با محلول کلرور کلسیم به نسبتی که بسته به

وضعیتها تغییر می‌کند، مفید خواهد بود. مشخصات مرتبط با یخزدایی کلرور سدیم و کلرور کلسیم، در جدول ۳-۳ درج شده است.

#### میزان مصرف:

مقدار مصرف کلرور سدیم (به صورت نمک بلور و نمک تصفیه شده) و کلرور کلسیم، در عملیات پیشگیری (از یخ بستن در سطح راه) ۳ تا ۱۵ گرم بر مترمربع و برای حل مشکل یخ‌بندان، ۱۰ تا ۳۰ گرم بر مترمربع است، مقادیر یاد شده را می‌توان به شکل جامد یا محلول در آب مصرف کرد، در انتخاب مقدار مصرف باید به نمک باقیمانده از مراحل قبلی یخزدایی روی کف راه توجه نمود. جزئیات شکل مصرف، مرتبط با آیین‌نامهٔ راهداری است.

در این فصل استات کلسیم منیزیم (سی - ام - ای)  $(\text{CH}_3\text{COO})_4 \text{CaMg}$  به عنوان مادهٔ یخزدای پیشنهادی جهت مصرف در کشور مورد بحث قرار نگرفته است، چرا که سهولت نسبی دستیابی کلرور سدیم و کلسیم و به ویژه فراوانی کلرور سدیم، آن را از دور رقابت خارج می‌کند. (سی - ام - ای) در مقایسه با سایر مواد یخزدا دارای نقاط ضعف و قوت است.

#### جدول ۳-۳- روند تحول در کاربرد مواد یخزدا و آلات هواشناسی

از: روش نگهداری نمک به صورت تل انبار	به: انبار کردن در سیلوهای مناسب برای ذخیره و انتقال به بارکشاها و تانکرهای پخش مواد یخزدا (جامد و مایع)
از: مصرف نمک کف (نمک دریا)	به: استفاده از نمک بلوری و نمک تصفیه شدهٔ بسیار فعال، تحت عنوان نمک مرغوب و بدون ناخالصی و قابل نگهداری در سیلو
از: مصرف کلرور کلسیم به صورت خردهٔ جامد یا به صورت مایع برای مواد خاص	به: بالاترین مصرف کلرور کلسیم به علت وجود سیلواها، عمومیت مصرف به شکل مایع خالص یا مرطوب کردن به کمک اختلاط با نمک، اختصاص مصرف به صورت خردهٔ جامد برای موارد بحرانی نگهداری
از: قرائت سادهٔ گزارشهای محلی دماسنجی و رطوبت‌سنجی و مشاهدات راهدارخانه و پلیس راه	به: گیرنده‌های حساس (سنسورهای) الکترونیک و کامپیوترهای راه دور برای پیش‌بینی دقیق هواشناسی منطقهٔ عبور راه و میزان حفاظت لازم در برابر یخ‌بندان

نمک‌پاشی با استفاده از پخش‌کننده‌ها نیز ممکن است انجام شود، مهم این است که مقدار صحیح نمک برای رسیدن به هدف استفاده شود، نه بیشتر و نه کمتر. تکنولوژی جدید پخش‌کننده‌ها به راهداران

اجازه می‌دهد که بدون توجه به سرعت پخش، مقدار صحیحی از نمک را در مکانی مناسب، استفاده کنند. علاوه بر این، کنترل‌های الکترونیکی پخش‌کننده‌ها برای تشخیص بهتر مقدار نمک مصرفی، مناسب می‌باشد به طوری که عملکردهای صحیح ثبت شده و عملکردهای غلط، مشخص و تصحیح می‌شود.

#### ۴-۷-۳ ◀ نگهداری نمک روی راه

اگر نمک روی راه باقی نماند تأثیر پیشگیری از چسبندگی یخ و برف روی سطح راه را از دست می‌دهد. چندین روش برای کم کردن از بین رفتگی نمک در کنار راه‌ها، استفاده می‌شود. روش‌های بهتر پخش شامل انباشتگی در محور راه و دقت بیشتر در انتخاب چرخاننده‌ها می‌باشد. پخش‌کننده‌هایی وجود دارند که در جهت مخالف حرکت وسیله نقلیه، تخلیه می‌شوند. چون نمک در جهتی مخالف با جهت حرکت پخش‌کننده‌ها حرکت می‌کند، حرکتش مرتبط با راه نیست. بنابراین مستعد به خارج شدن از راه نمی‌باشد.

از روش‌های دیگر برای نگهداری نمک روی راه و افزایش سرعت ذوب آن استفاده از "مرطوب‌کننده‌ها" (قبل از پخش روی راه) می‌باشد. مرطوب‌کننده‌ها، شامل مایع آب‌نمک پخش شده در روی نمک جامد است که در هنگام پخش مورد استفاده قرار می‌گیرد. این عمل دو فایده دارد. اول این که نمک، چسبناک شده است و به همین دلیل روی راه بهتر می‌ماند، دوم این که نمک، قبلاً مرطوب شده و بنابراین آب‌نمک مورد نیاز، برای گسستن پیوند میان یخ و راه را زودتر تشکیل می‌دهد. تحقیقات نشان می‌دهد که مرطوب‌کننده‌های قبل از پخش، زمان ماند یا دوام نمک را در روی راه به میزان (۹۶٪) در مقایسه با (۷۰٪) نمک به صورت خشک، افزایش می‌دهند.

#### ۵-۷-۳ ◀ جابه‌جایی بهتر نمک در محوطه‌های نگهداری

انبار کردن و نگهداری نمک‌های یخ‌زدا با استفاده از سیلوهای فولادی که دارای پوشش کبالت می‌باشند، انجام می‌گیرد. ظرفیت این سیلوها ۱۰۰ تا ۵۰۰ تن است و در شرایط دشوار جوی کاملاً مقاوم می‌باشند. در روند تحولی انبار کردن یخ‌زدای جامد در سیلوه‌ها جایگزین روش‌های قدیمی انبار کردن در

هوای آزاد و فضای سرپوشیده است. روشهای اخیر، موجب افزایش ناخالصی‌های مواد یخ‌زدا می‌شود و هم به هنگام ماندن در انبار، (به علت سرایت نمک به محیط اطراف) و هم به هنگام مصرف و پس از آن، سبب تشدید اثرات نامناسب بر محیط زیست می‌گردد.

سیلوهای مذکور دارای تشکیلات بارگیری بادی و تخلیه پیمانهای یا وزنی است. برای تخلیه در کامیون می‌توان از سیستمهای خودکاری که کامیون ۱۰ مترمکعبی را تنها در سه دقیقه پر می‌کند، استفاده کرد. سیستمهای تخلیه در موارد اضطراری (مانند قطع برق) می‌تواند به طور دستی نیز به کار افتد. نمکهای خالص انبار شده در این سیلوها از هر گونه آلودگی و رطوبت محفوظ می‌ماند و توان یخ‌زدایی با مصرف حداقل خود را بدون ضرورت تغییر مداوم مقادیری که باید به وسیله کامیون پخش شود همچنان نگاه می‌دارد.

در محلهای بحرانی که برودت هوا فوق‌العاده و دسترسی به یخ‌زدا مشکل است، کلرور کلسیم مایع در هنگام نیاز از طریق لوله‌کشی به محل ارسال، و به وسیله فواره‌هایی در سطح راه پخش می‌شود. محوطه‌های نگهداری از قابلیت بالایی برای از دست دادن نمک برخوردار هستند. معمولاً وقتی این اتفاق می‌افتد که تلی از نمک یا نمک/ ماسه، بدون محافظ است و هنگام جابه‌جایی، ریخت و پاش می‌شود و هدر می‌رود. نمک و ترکیب نمک/ ماسه باید در محیطی مناسب، توسط پوششی محافظت شوند. مسئولان راه‌ها نمی‌توانند تمامی مواد را در داخل ساختمانها انبار کنند. با این وجود، حتی هنگامی که نیاز به انبار کردن در بیرون از محوطه باشد، این مواد ذخیره شده باید روی بستر آسفالت یا بتن نفوذناپذیر با پوشش برزنتی ضد آب، قرار گیرند.

از موارد ریخت و پاش و هدر دادن نمک در هنگام عملیات جابه‌جایی می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- ذخیره‌سازی نمک در ابتدای زمستان
- تولید ترکیب نمک/ ماسه
- پر کردن پخش‌کننده‌ها
- خالی کردن باقیمانده نمک از پخش‌کننده‌ها در پایان استفاده از آنها
- شستن پخش‌کننده‌ها

هر چند که پیشرفتهای قابل ملاحظه‌ای برای کاهش مقدار نمک مصرفی در حفظ ایمنی راهها، حاصل شده است، تحقیقات برای پیدا کردن جایگزینهای یخزداها، ادامه دارد و زمانی می‌رسد که مواد شیمیایی دیگر، مقرون به صرفه خواهند بود.

### ۳-۸ طبقه‌بندی راهها به لحاظ نگهداری در برابر برف و یخ

مصرف مواد یخزدا و جلوگیری از یخ‌بندان سطح راه در زمستان، به این معنی نیست که کلیه راهها در همه اوقات فصل سرما و یخ‌بندان، باز، و رفت و آمد در آن برقرار می‌ماند.

آزادراهها و سایر راههای درجه یک و پر رفت و آمد، به لحاظ برف‌روبی سریع و مصرف مواد یخزدا (چه به صورت پیشگیرانه و چه بعد از یخ بستن و بارش برف) در اولویت است. برای حصول ایمنی مطلوب، در این گونه راهها باید در فواصل مورد نیاز و نقاط مناسب آن ایستگاههای هواشناسی، آلات و وسایل حساس و بالاخره مراکز نگهداری به وجود آید تا وضع هوا و بارش را به یک مرکز تصمیم‌گیری، مخبره نماید و این مرکز به موازات صدور علایم پیام متغیر در نقاط ضروری و اعلام باز بودن راه و احتیاطهای لازم در مورد ایمنی عبور یا بسته بودن راه، بلافاصله عملیات برف‌روبی و یخ‌زدایی را آغاز نماید. نقش مهم دیگر این ایستگاهها و مراکز کشف خودروهای حادثه دیده و دچار مشکل شده در نقاط دشوار و کمک رسانی به آنهاست، چرا که، توقف خودروهای مسئله‌دار و حادثه دیده موجب راه‌بندان می‌گردد و تردد وسایل راهداری، برای نگهداری زمستانی را مشکل می‌کند. برقرار کردن چنین مراکز و تأسیساتی البته مستلزم برخورداری از توان اقتصادی بالا و فناوری پیشرفته مربوط است.

امکانات نگهداری در هر حدی که باشد، باید راهها به نسبت اهمیت و میزان ترافیک، در اولویت نگهداری زمستانی قرار گیرند.

آن چه در هر حال ضرورت دارد، مطلع ساختن استفاده‌کنندگان از موارد ایمن نبودن و بسته بودن راه و منع رفت و آمد در اوقات مربوط است.

نگهداری زمستانی آزادراهها باید معمولاً به صورت شبانه‌روزی باشد و آزادی رفت و آمد به صورت پیوسته تأمین گردد. ایمنی و اصولاً اجازه رفت و آمد در سایر راههای مهم را می‌توان در شرایط نامساعد

---

جوی در اوقات روز و ساعات اولیه شب محدود نمود. راه‌های فرعی کم رفت و آمد به نسبت امکانات ظرف زمان هر چه کوتاه‌تر، باید باز شود و عبور ایمن در آن برقرار گردد.



---

---

## واژه‌نامه انگلیسی – فارسی





**A**

abbreviations ..... اختصارات  
 access ..... دسترسی  
 acceleration lane ..... خط افزایش سرعت  
 access control ..... کنترل دسترسی  
 access openings on expressways .....  
 بریدگی بزرگراه برای دسترسی  
 accidents ..... تصادف، حادثه  
 aesthetic factors ..... عامل‌های زیبایی  
 alignment ..... مسیر  
 alignment consistency .....  
 یکنواختی مسیر، پیوستگی مسیر  
 angle of intersection ..... زاویه تقاطع  
 antilock braking system (ABS) .....  
 سیستم ترمز ضد قفل  
 at-grade intersection .....  
 تلاقی همسطح، تقاطع همسطح  
 auxiliary lanes ..... خط عبور کمکی  
 area of conflict ..... سطح برخورد

**B**

bridge ..... پل  
 barrier ..... مانع  
 bridge approach railings ..... نرده تقرب پل  
 bridge curbs ..... جدول بتنی پل  
 bridge decks ..... دال پل، عرشه پل  
 broken-back curve ..... پیچ تخت پشت

**C**

capacity ..... گنجایش، ظرفیت  
 channelization ..... جریان‌بندی ترافیک  
 classification ..... طبقه‌بندی، دسته‌بندی  
 clear distance ..... فاصله باز، فضای آزاد  
 clear zone ..... ناحیه بازبایی  
 clearance ..... فضای آزاد، فضای باز  
 climbing lane ..... خط سربالایی  
 cloverleaf interchange ..... تبادل شیدری  
 concrete barriers ..... حفاظ بتنی  
 control of access ..... کنترل دسترسی  
 control of pollution ..... کنترل آلودگی  
 controlled access highway .....  
 راه با کنترل دسترسی  
 conventional highways ..... راه‌های معمولی  
 crash cushion ..... ضربه‌گیر  
 crest ..... تاج، قله  
 critical ..... بحرانی  
 critical depth ..... عمق بحرانی  
 critical flow ..... جریان بحرانی  
 critical slope ..... شیب بحرانی  
 critical velocity ..... سرعت بحرانی  
 cross drainage ..... تخلیه عرضی آب  
 cross section ..... مقطع عرضی  
 cross slopes ..... شیب عرضی  
 crown ..... تاج در مقطع عرضی راه  
 crossings ..... تلاقی، تقاطع  
 culverts ..... آبروها، کالورت‌ها، کانال کوچک زیرگذر  
 curbs ..... جدول

curvature ..... پیچ، انحنا  
 curve ..... پیچ، قوس افقی

**D**

deceleration lane ..... خط عبور کاهش سرعت  
 decision sight distance .....  
 زاویه داخلی پیچ، زاویه داخلی قوس افقی  
 definition ..... تعریف  
 delay ..... تأخیر، دیرکرد  
 density ..... تراکم، فشردگی  
 depressed grade line ..... خط شیب فرورفته  
 design discharge ..... حجم تخلیه طراحی  
 design factors ..... فاکتورهای طرح، پارامترهای طرح  
 design hourly volume ..... حجم ساعتی طرح  
 design period ..... دوران طرح، دوره طرح  
 design speed ..... سرعت طرح، سرعت طراحی  
 design vehicle ..... خودروی طرح  
 detours ..... راه انحرافی  
 diamond interchange ..... تبادل لوزوی  
 directional interchange ..... تبادل جهتی  
 distance ..... فاصله، مسافت  
 ditch ..... نهر، جوی آب  
 ditch slope ..... شیب نهر  
 diverging .....  
 جدایی ترافیک، واگرایی ترافیک، دور شدن جریان  
 divided highway ..... ترافیک راه جدا شده  
 divided nonfreeway facilities .....  
 تسهیلات راه جدا شده غیر آزاد راه  
 drain slope ..... شیب مسیر تخلیه آب

drainage coefficients ..... ضریب تخلیه  
 drainage ..... تخلیه آب

**E**

easement ..... نگهداری حریم  
 economic analysis ..... تجزیه و تحلیل اقتصادی  
 economic studies ..... مطالعات اقتصادی  
 elevated structure ..... سازه بالای زمین (مانند پل)  
 emergency lane ..... خط عبور اضطراری  
 empirical methods ..... روش تجربی  
 entrance design ..... طرح ورودی  
 entrance nose ..... دماغه ورودی به راه  
 environment ..... محیط  
 entrances ..... ورودی‌ها  
 equipment crossing ..... عبور عرضی ماشین‌آلات  
 erosion ..... فرسایش  
 erosion vegetative control .....  
 کنترل فرسایش خاک با گیاه کاری  
 escape ramps ..... شیبراهه خروج اضطراری  
 erosion control ..... کنترل فرسایش خاک  
 exits ..... خروجی‌ها  
 exit nose ..... دماغه خروجی  
 expressway ..... بزرگراه، تند راه  
 expressway exits ..... خروجی بزرگراه

**F**

fence ..... حصار  
 flared end section ... بخش کم کردن عرض مسیر  
 freeway ..... آزاد راه

freeway exits ..... خروجی آزاد راه  
 freeway interchange .....  
 تبادل آزاد راه، تقاطع غیر همسطح آزاد راه  
 freeway to freeway interchanges.....  
 تبادل دو آزاد راه  
 friction factors ..... ضریب اصطکاک  
 frontage road ..... راه جانبی  
 funneling..... کم کردن عرض خط عبور

**G**

gap..... فاصله آزاد بین دو خودرو  
 geometric design..... طرح هندسی  
 geographic information system (GIS) .....  
 سیستم اطلاعات جغرافیایی  
 geographic positioning system (GPS) .....  
 سیستم مکانیابی جغرافیایی  
 grade..... شیب، درجهٔ شیب  
 grade line ..... خط شیب، خط پروژه  
 grade separation..... جدایی عمودی سطح دو مسیر  
 gravity wall ..... دیوار وزنی  
 guardrail..... حفاظ فلزی  
 guide..... راهنما، رهنمود  
 gutter ..... جوی، نهر

**H**

head wall..... دیوار پل  
 headlight glare .....  
 خیرگی ناشی از نور چراغ جلوی خودرو  
 headlight sight distance.....  
 فاصله دید نور چراغ خودرو

Headway .....  
 فاصله زمانی بین سپر جلو دو خودروی پشت سر هم  
 highway ..... راه، جاده  
 highway geometric design..... طرح هندسی راه  
 horizontal ..... افقی  
 horizontal clearance.....  
 عرض آزاد، فضای باز عرضی  
 horizontal alignment..... مسیر افقی، پلان  
 hourly volume..... حجم ساعتی

**I**

index ..... نشانه، راهنما  
 infiltration ..... نفوذ  
 initial construction..... ساخت اولیه  
 inlet..... دهانه آبرو  
 inner separation..... جدایی داخلی  
 interchange ..... تبادل، تقاطع غیر همسطح  
 interchange elements .....  
 اجزای تبادل، المان‌های تبادل  
 intersection ..... تقاطع، چند راهی

**L**

landscaping..... منظر آرایی، شکل دادن کنار راه  
 lane addition ..... افزایش خط عبور  
 lane drops ..... کاهش خط عبور  
 lane reduction ..... کاهش خط عبور  
 left shoulder..... شانه چپ  
 left-turn lane on median .. خط گردش چپ میانه  
 left-turn channelization.....  
 جریان‌بندی گردش به چپ

left-turn refuge .. سکوی مجاور خط گردش به چپ  
 level of service .. سطح خدمت دهی، سطح سرویس  
 local road ..... راه محلی  
 longitudinal profile..... نیمرخ طولی مسیر

## M

marking..... خط کشی  
 major highway ..... راه اصلی  
 major movements ..... حرکتهای اصلی  
 mandatory ..... اجباری  
 markers ..... علامت‌ها، مشخص کننده‌ها  
 mean velocity..... میانگین سرعت  
 median ..... میانه  
 median barriers ..... حفاظ میانه  
 median curb ..... جدول میانه  
 median fencing..... حصار کشی میانه  
 median grad ..... شیب میانه  
 median lane ..... خط عبور مجاور میانه  
 median on bridge..... میانه در محل پل  
 median width ..... عرض میانه  
 Merging .....  
 همگرایی ترافیک، تداخل ترافیک، یکی شدن ترافیک  
 merging lane metering .....  
 کنترل ترافیک رابط ورودی  
 minimum ..... حداقل، کمینه، کمترین  
 minimum radius .....  
 کمترین شعاع گردش، حداقل شعاع قوس  
 multilane ..... چند خطه  
 multiple lanes..... چند خطی

## N

national highway network ... شبکه راه‌های ملی  
 national highway system ... سیستم راه‌های ملی  
 noise abatement..... دیوارهای مانع عبور صوت  
 noise barrier..... دیوار صداگیر  
 nonfreeway facilities..... تسهیلات غیر آزاد راهی  
 non-motorized traffic ..... ترافیک غیر موتوروی

## O

objectives of design..... هدفهای طراحی  
 open channel..... نهرهای باز، کانالهای روباز  
 outer separation..... جدایی بیرونی، نوار بیرونی  
 overcrossing ..... عبور از رو، گذر از رو، روگذشت  
 overhead signs ... علائم بالاسری، علائم دروازه‌ای  
 overland flow..... جریان آب در روی زمین  
 overpass ..... روگذر

## P

painting ..... خط کشی  
 passenger car ..... سواری  
 passing lane ..... خط سبقت  
 passing sight distance .... فاصله دید برای سبقت  
 paved median..... میانه رویه‌دار  
 parkway..... راه جنگلی  
 peak flow..... ساعت اوج  
 pedestrian ..... پیاده  
 pedestrian access ..... دسترسی پیاده  
 pedestrian facilities..... تسهیلات پیاده

pedestrian overcrossing .....  
 روگذر پیاده، پل عابر پیاده  
 pedestrian undercrossing.....  
 زیرگذر پیاده  
 period.....  
 دوره، تناوب  
 pipe.....  
 لوله  
 planting.....  
 گیاه‌کاری، بوته‌کاری، درخت‌کاری  
 points of conflict.....  
 نقاط برخورد  
 pollution.....  
 آلودگی  
 pollution control .....  
 کنترل آلودگی  
 precipitation .....  
 باران و برف، نزولات جوی  
 private road .....  
 راه اختصاصی  
 prohibited turns.....  
 گردشهای ممنوع  
 public road .....  
 راه‌های عمومی

## R

radius.....  
 شعاع  
 railings.....  
 نرده‌کشی  
 railroad.....  
 راه‌آهن  
 ramp .....  
 شیب‌راهه، رمپ  
 ramp metering.....  
 کنترل شیب‌راهه  
 rate of return analysis ..  
 تجزیه و تحلیل نرخ بازده  
 rational methods.....  
 روش تجربی، روش سنتی  
 recovery area .....  
 سطح بازگشت، محوطه بازیابی  
 recovery zone .....  
 منطقه بازگشت  
 refuge area.....  
 سکو، جزیره جدا کننده  
 retaining wall.....  
 دیوار حایل  
 reversing curve .....  
 پیچ معکوس، پیچ راس  
 right of way .....  
 حریم راه، حد تقدم  
 riprap .....  
 حفاظت با سنگ‌چین، سنگ‌چین کردن شیب

road .....  
 راه، جاده  
 roadbed .....  
 بستر راه  
 roadside installations .....  
 تجهیزات کنار راه  
 roadside rest area.....  
 استراحت‌گاه کنار راه  
 roadway .....  
 کف راه، سطح راه  
 roadside planting.....  
 درختکاری کنار راه  
 rolling profile.....  
 نیم‌رخ طولی موج‌دار  
 roughness .....  
 ناهمواری راه  
 running speed .....  
 سرعت حرکت  
 rural area .....  
 منطقه روستایی  
 rural road.....  
 راه بیابانی

## S

safety .....  
 ایمنی  
 sag .....  
 فرورفتگی  
 scenic .....  
 منظره‌دار، خوش منظره  
 scenin highway .....  
 راه خوش منظره  
 scenic values.....  
 ارزشهای منظره  
 secondary road.....  
 راه‌های فرعی  
 separate turning.....  
 گردشهای مجزا  
 semi-directional interchange.  
 تبادل نیمه جهتی  
 separation .....  
 جدایی  
 service life.....  
 عمر خدمت‌دهی، عمر سرویس  
 shoulder .....  
 شانه (شانه راست)  
 signal control .....  
 کنترل با چراغ راهنمایی  
 sight distance .....  
 فاصله دید، مسافت دید  
 signal head .....  
 فانوس چراغ راهنمایی  
 signal post .....  
 پایه چراغ راهنمایی  
 side ditch.....  
 نهر جانبی

sidewalk ..... پیاده‌رو

signalized intersection ..... تقاطع مجهز به چراغ راهنمایی

signs..... علائم، تابلوها

single lane ..... عبور یک خطه، یک خطه

site selection ..... انتخاب محل

skew..... اریب، کج، مایل

skew angle..... زاویه اریب

slope ..... شیب

snow storm ..... طوفان برف

snow fence..... حصار برف‌گیر

spacing..... فاصله مابین

speed..... سرعت، تندی

speed-change lanes..... خط‌های عبور تغییر سرعت

spiral..... حلزونی

spiral transition ..... اتصال تدریجی حلزونی

steel structure..... سازه فلزی

stepped slopes . شیب‌بندی پلکانی، سراشیبی پلکانی

stopping sight distance..... فاصله دید توقف، مسافت دید توقف

steel barriers ..... حفاظ فلزی

superelevation..... برابندی، دور

surface ..... سطح، رویه

surface runoff ..... جریان آب سطحی

**T**

taper..... لچکی

three-center curve..... پیچ سه مرکزی، قوس سه مرکزی

toll bridge ..... پل عوارضی (با پرداخت بهای عبور)

toll road..... راه عوارضی

toll tunnel ..... تونل عوارضی

tractive force..... نیروی کشش

traffic index ..... نشانه ترافیک، ضریب ترافیک

traffic islands ..... جزیره‌های ترافیکی

traffic control devices ..... علائم کنترل ترافیک

traffic devices ..... علائم ترافیک

traffic marking ..... خط‌کشی ترافیکی

traffic signal..... چراغ راهنمایی

transition ..... تغییر تدریجی، اتصال تدریجی

transversal ..... عرضی

trumpet interchange ..... تبادله شیپوری

turning radius..... شعاع گردش

turning templates ..... الگوهای گردش

turning traffic..... ترافیک گردشی

turnouts ..... دور برگردان‌ها، خروجی

two-way left turn lanes .. گردش به چپ دو خطه

two-lane highway ..... راه دو خطه

two-quadrant cloverleaf ..... نیمه شبدری، شبدری ناقص

**U**

undercrossing..... عبور از زیر

underpass..... زیرگذر

undivided highways..... راه‌های جدا نشده

urban areas ..... منطقه شهری

utilities ..... تسهیلات مصرفی (آب، برق، گاز و تلفن)

**V**

- vehicle spacing ..... فاصله بین دو خودرو
- vertical clearance ..... ارتفاع آزاد
- vertical curves..... خم‌ها، قوسهای قائم
- vertical signs..... علائم قائم
- vista points . نقاط دارای محل توقف برای دید منظره

**W**

- walkways ..... پیاده‌رو
- wall..... دیوار
- water pollution..... آلودگی آب
- widening ..... تعریض، اضافه کردن عرض
- width on curves..... عرض پیچ، پهنای قوس





---

---

## واژه‌نامه فارسی – انگلیسی



critical ..... بحرانی  
 weaving section ..... بخش با ترافیک به هم بافته  
 flared end section ... بخش کم کردن عرض مسیر  
 superelevation..... بریلندی  
 computer programs..... برنامه‌های کامپیوتری  
 ..... بریدگی بزرگراه برای دسترسی  
 access opening on expressways .....  
 berm ..... برم (شیروانی پله‌ای)  
 expressway ..... بزرگراه  
 roadbed ..... بستر راه  
 planting ..... بوته‌کاری

## ب

design factors..... پارامترهای طرح  
 signal post ..... پایه چراغ راهنمایی  
 horizontal alignment..... پلان  
 bridge..... پل  
 pedestrian overcrossing ..... پل عابر پیاده  
 toll bridge..... پل عوارضی (با پرداخت بهای عبور)  
 width on curves..... پهنای قوس  
 pedestrian..... پیاده  
 sidewalk, walkway ..... پیاده‌رو  
 curvature, curve ..... پیچ  
 reversing curve ..... پیچ راس  
 broken-back curve..... پیچ تخت پشت  
 three-center curve ..... پیچ سه مرکزی  
 reversing curve ..... پیچ معکوس  
 alignment consistency..... پیوستگی مسیر

## الف

culverts ..... آبروها  
 freeway ..... آزاد راه  
 pollution..... آلودگی  
 transition ..... اتصال تدریجی  
 spiral transition ..... اتصال تدریجی حلزونی  
 mandatory ..... اجباری  
 interchange elements ..... اجزای تبادل  
 abbreviations ..... اختصارات  
 vertical clearance ..... ارتفاع آزاد  
 scenic values..... ارزشهای منظره  
 skew ..... اریب  
 roadside rests ..... استراحت‌گاه کنار راه  
 widening ..... اضافه کردن عرض  
 lane addition ..... افزایش خط عبور  
 horizontal ..... افقی  
 economics of design ..... اقتصاد طراحی  
 turning templates..... الگوهای گردش  
 interchange elements ..... المان‌های تبادل  
 site selection ..... انتخاب محل  
 curvature ..... انحنا  
 safety ..... ایمنی

## ب

field investigations ..... بررسی محلی  
 concrete..... بتن

widening .....	تعریض	تابلوها	signs.....
definition.....	تعریف	تاج در مقطع عرضی راه	crown.....
transition .....	تغییر تدریجی	تأخیر	delay .....
crossings, intersection.....	تقاطع	تبادل	interchange .....
interchange .....	تقاطع غیر همسطح	تبادل آزاد راه	freeway interchange.....
freeway interchange .	تقاطع غیر همسطح آزاد راه	تبادل جهتی	directional interchange.....
.....	تقاطع مجهز به چراغ راهنمایی	تبادل دو آزادراه	.....
signalized intersection .....	.....	تبادل دو آزادراه	.....
at-grade intersection .....	تقاطع همسطح	تبادل شبدری	freeway to freeway interchanges.....
crossings .....	تلاقی	تبادل شبدری	cloverleaf interchange.....
railroad crossings .....	تلاقی راه‌آهن	تبادل شیپوری	trumpet interchange.....
at-grade intersection .....	تلاقی همسطح	تبادل لوزوی	diamond interchange.....
pumping .....	تلمبه کردن	تبادل نیمه جهتی	semi-directional interchange.
concentration .....	تمرکز	تجدید ساختمان	reconstruction .....
period.....	تناوب	تجزیه و تحلیل اقتصادی	economic analysis .....
expressway .....	تند راه	تجهیزات کنار راه	roadside installations .....
speed.....	تندی	تخلیه آب	drainage.....
wire mesh.....	توری فلزی	تخلیه آب زیر سطحی	subsurface drainage .....
wire mesh.....	توری مشبک فلزی	تخلیه عرضی آب	cross drainage .....
toll tunnel .....	تونل عوارضی	تداخل ترافیک	merging .....
		ترافیک گردشی	turning traffic.....
		تراکم	density.....
highway, road .....	جاده	تسهیلات ایستگاه اتوبوس	bus loading facilities..
separation .....	جدایی	تسهیلات پیاده	pedestrian facilities.....
outer separation.....	جدایی بیرونی	تسهیلات راه جدا شده غیر آزاد راه	.....
diverging .....	جدایی ترافیک	تسهیلات راه جدا شده غیر آزاد راه	.....
inner separation.....	جدایی داخلی	تسهیلات غیر آزاد راهی	divided nonfreeway facilities.....
grade separation .....	جدایی عمودی سطح دو مسیر	تسهیلات مصرفی (آب، برق، گاز و تلفن)	nonfreeway facilities.....
curbs .....	جدول	تصادف	utilities .....
			accidents.....

## ج

major movements ..... حرکتهای اصلی  
 fence ..... حصار  
 snow fence ..... حصار برف‌گیر  
 median fencing ..... حصارکشی میانه  
 riprap ..... حفاظت با سنگ چین  
 spiral ..... حلزونی  
 basin ..... حوزه آبریز  
 basin ..... حوزه آبرگیر

## خ

freeway exits ..... خروجی آزاد راه  
 escape ramps ..... خروجی اضطراری  
 expressway exits ..... خروجی بزرگراه  
 exits, turnouts ..... خروجی‌ها  
 basin characteristics ..... خصوصیات حوزه آبرگیر  
 acceleration lane ..... خط افزایش سرعت  
 marking ..... خط‌کشی  
 emergency lane ..... خط عبور اضطراری

## د

roadside planting ..... درختکاری کنار راه

## سی

سیستم ترمز ضد قفل .....  
 antilock braking system (ABS) .....  
 سیستم اطلاعات جغرافیایی .....  
 geographic information system (GIS) .....  
 سیستم مکانیابی جغرافیایی .....  
 geographic positioning system (GPS) .....

dikes ..... جدول آسفالتی  
 bridge curbs ..... جدول بتنی پل  
 median curbs ..... جدول میانه  
 channelization ..... جریان‌بندی ترافیک  
 ..... جریان‌بندی گردش به چپ  
 left-turn channelization .....  
 concentrated flow ..... جریان متمرکز  
 refuge area ..... جزیره جدا کننده  
 traffic islands ..... جزیره‌های ترافیکی  
 gutter ..... جوی  
 ditch ..... جوی آب

## چ

traffic signal ..... چراغ راهنمایی  
 multilane ..... چند خطه  
 multiple lanes ..... چند خطی  
 intersection ..... چند راهی

## ح

accidents ..... حادثه  
 design discharge ..... حجم تخلیه طراحی  
 hourly volume ..... حجم ساعتی  
 design hourly volume ..... حجم ساعتی طرح  
 concrete barriers ..... حفاظ بتنی  
 guardrail, steel barriers ..... حفاظ فلزی  
 median barriers ..... حفاظ میانه  
 minimum ..... حداقل  
 minimum turning radius ..... حداقل شعاع قوس  
 right of way ..... حد تقدم

ط	فlood .....	سیل
classification .....		
entrance design .....		ش
geometric design .....	branch connection .....	شاخه ارتباطی
highway geometric design .....	left shoulder .....	شانه چپ
snow storm .....	shoulder .....	شانه (شانه راست)
weaving section .....	two-quadrant cloverleaf .....	شیدری ناقص
	national highway network .....	شبکه راه‌های ملی
ظ	radius .....	شعاع
capacity .....	hydraulic radius .....	شعاع تر شده
	turning radius .....	شعاع گردش
ع	grade, slope .....	شیب
aesthetic factors .....	critical slope .....	شیب بحرانی
overcrossing .....	stepped slopes .....	شیب بندی پلکانی
undercrossing .....	ramp .....	شیب‌راهه
equipment crossing .....	wheelchair ramps .....	شیب‌راهه چرخ معلولان
single lane .....	escape ramp .....	شیب‌راهه خروج
bridge decks .....	cross slopes .....	شیب عرضی
horizontal clearance .....	drain slopes .....	شیب مسیر تخلیه آب
width on curves .....	median grade .....	شیب میانه
median width .....	ditch slope .....	شیب نهر
transversal .....		ض
markers .....	crash cushion .....	ضربه‌گیر
signs .....	friction factors .....	ضریب اصطکاک
overhead signs .....	traffic index .....	ضریب ترافیک
traffic devices .....		
overhead signs .....		
vertical signs .....		

## ق

crest ..... قله  
 curve ..... قوس افقی  
 three-center curve ..... قوس سه مرکزی  
 vertical curves ..... قوسهای قائم

## ک

culverts ..... کالورت‌ها  
 culverts ..... کانال کوچک زیرگذر  
 open channel ..... کانالهای روباز  
 lane drops ..... کاهش خط عبور  
 lane reduction ..... کاهش خط عبور  
 skew ..... کج  
 roadway ..... کف راه  
 minimum ..... کمترین  
 minimum turning radius... کمترین شعاع گردش  
 funneling ..... کم کردن عرض خط عبور  
 minimum ..... کمینه  
 control of pollution ..... کنترل آلودگی  
 signal control ..... کنترل با چراغ راهنمایی  
 ..... کنترل ترافیک رابط ورودی  
 merging lane metering .....  
 access control ..... کنترل دسترسی  
 control of access ..... کنترل دسترسی  
 ramp metering ..... کنترل شیب‌راهه  
 erosion control ..... کنترل فرسایش خاک  
 ..... کنترل فرسایش خاک با گیاه‌کاری  
 erosion vegetative control .....

traffic control devices ..... علائم کنترل ترافیک  
 service life ..... عمر خدمت‌دهی  
 service life ..... عمر سرویس  
 critical depth ..... عمق بحرانی

## ف

distance ..... فاصله  
 gap ..... فاصله آزاد بین دو خودرو  
 clear distances ..... فاصله باز  
 right of way ..... فاصله بین دو حد حریم راه  
 vehicle spacing ..... فاصله بین دو خودرو  
 sight distance ..... فاصله دید  
 passing sight distance .... فاصله دید برای سبقت  
 decision sight distance ..... فاصله دید تصمیم  
 stopping sight distance ..... فاصله دید توقف  
 ..... فاصله دید نور چراغ خودرو  
 headlight sight distance .....  
 فاصله زمانی بین سپر جلوی دو خودروی پشت سر هم  
 headway .....  
 spacing ..... فاصله مابین  
 design factors ..... فاکتورهای طرح  
 signal head ..... فانوس چراغ راهنمایی  
 erosion ..... فرسایش خاک  
 sag ..... فرورفتگی  
 density ..... فشردگی  
 clear distance, clearance ..... فضای آزاد  
 clear distance, clearance ..... فضای باز  
 horizontal clearance ..... فضای باز عرضی



basin characteristics ..... مشخصات حوزه آبریز

markers ..... مشخص‌کننده‌ها

economic studies ..... مطالعات اقتصادی

cross section ..... مقطع عرضی

recovery zone ..... منطقه بازگشت

rural area ..... منطقه روستایی

urban area ..... منطقه شهری

landscaping ..... منظرآرایی، شکل دادن کناره راه

landscape ..... منظره

scenic ..... منظره‌دار

mean velocity ..... میانگین سرعت

median ..... میانه

median on bridge ..... میانه در محل پل

paved median ..... میانه رویه‌دار

rainfall ..... میزان باران

**ن**

clear zone ..... ناحیه بازیابی

roughness ..... ناهمواری راه

bridge approach railings ..... نرده تقرب پل

railings ..... نرده‌کشی

precipitation ..... نزولات جوی

benefit-cost ratio ..... نسبت سود به هزینه

index ..... نشانه

traffic index ..... نشانه ترافیک

infiltration ..... نفوذ

points of conflict ..... نقاط برخورد

vista points ..... نقاط دارای محل توقف برای دید منظره

**گ**

overcrossing ..... گذر از رو

two-way left turn lanes ..... گردش به چپ دو خطه

separate turning ..... گردشهای مجزا

prohibited turns ..... گردشهای ممنوع

capacity ..... گنجایش

planting ..... گیاه‌کاری

**ل**

taper ..... لچکی

pipe ..... لوله

**م**

barriers ..... مانع

skew ..... مایل

conduit ..... مجرا

recovery area ..... محوطه بازیابی

environment ..... محیط

time of concentration ..... مدت تمرکز

running time ..... مدت حرکت

stage construction ..... مرحله‌بندی ساخت

design responsibility ..... مسئولیت طراحی

distance ..... مسافت

sight distance ..... مسافت دید

stopping sight distance ..... مسافت دید توقف

alignment ..... مسیر

horizontal alignment ..... مسیر افقی

easement .....	نگهداری حریم
contour grading...	نمایش شیب‌بندی با خطوط تراز
hydrograph .....	نمودار باران
outer separation.....	نوار بیرونی
ditch, gutter .....	نهر
side ditches .....	نهر جانبی
open channel.....	نهرهای باز
tractive force.....	نیروی کشش
longitudinal profile.....	نیمرخ طولی مسیر
rolling profile.....	نیمرخ طولی موج‌دار
two-quadrant cloverleaf .....	نیمه شبدری

## و

diverging .....	واگرایی ترافیک
entrances .....	ورودی‌ها

## ه

objectives .....	هدفها
objectives of design.....	هدفهای طراحی
design objectives.....	هدفهای طرح
merging.....	همگرایی ترافیک
hydrograph .....	هیدروگراف

## ی

single lane .....	یک خطه
alignment consistency.....	یکنواختی مسیر
merging.....	یکی شدن ترافیک

خواننده گرامی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه پیوست در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیتهای عمرانی به کار برده شود. به این لحاظ برای آشنایی بیشتر، فهرست عناوین نشریاتی که طی دو سال اخیر به چاپ رسیده است به اطلاع استفاده‌کنندگان و دانش‌پژوهان محترم رسانده می‌شود.

لطفاً برای اطلاعات بیشتر به سایت اینترنتی <http://tec.mporg.ir> مراجعه نمایید.

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله



سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور  
معاونت امور فنی

فهرست نشریات

منتشر شده ۲ سال اخیر

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله  
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور



					( )
	-				( )
	-				( )
					-
					:
					-
					( -)
					-
					( -)
					( -)
					-

					( )
					( )
					-
					-
					( )
					( )
					( )
					( )
					( )
					( )
					( )
					( )
					(DESIGN ONDITIONS)
					- -







					«

Islamic Republic of Iran

# **Road Safety Manual**

## **(Road Safety Facility)**

**No: 267-5**

**Management and Planning Organization  
Office of the Deputy for Technical Affairs  
Technical, Criteria Codification and  
Earthquake Risk Reduction Affairs Bureau**

**Ministry of Roads and Transportation  
Deputy of Education, Research  
and Technology  
Transportation Research Institute**

**2005**