جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

مبانی، ضوابط و راهنمای اجرایی شناسگرهای ترافیکی

نشریه شماره ۵۴۸

معاونت نظارت راهبردی

دفتر نظام فنی اجرایی

http://tec.mporg.ir

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

ریاست جمهوری

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره: ۱۰۰/۱۰۶۷۱۴
	تاریخ: ۱۳۸۹/۱۲/۲۵

موضوع: مبانی، ضوابط و راهنمای اجرایی شناسگرهای ترافیکی

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و ماده (۶) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویبنامه شماره ٤٢٣٣٩/ت٣٣٤٩٧هـ مورخ ۱۳۸۵/٤/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۵۴۸ دفتر نظام فنی اجرایی، با عنوان «**مبانی، ضوابط و راهنمای اجرایی شناسگرهای ترافیکی**» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده کنند و در صورتی که روش‌ها، دستورالعمل‌ها و راهنمای بهتری در اختیار داشته باشند، با ارسال نسخه‌ای از آن به دفتر نظام فنی اجرایی رعایت مفاد این بخشنامه الزامی نیست.

ابراهیم عزیزی

امور پیمان
omoorepeyman.ir

744271

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه 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، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، 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، میدان بهارستان، خیابان صفی‌علی‌شاه، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، دفتر نظام فنی اجرایی

Email: tsb.dta@mporg.ir **web: http://tec.mporg.ir/**

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

پیشگفتار

این راهنما در زمانی تهیه می‌گردد که تاکنون تعداد بسیار معدودی از کشورها به‌دلیل میزان سطح فعلی فن‌آوری‌ها و تجارب اخذ شده دارای چنین راهنمای طراحی ملی بوده و حتی در برخی زمینه‌ها مانند شناسگرهای ترافیکی هنوز ضوابط مدونی در آیین‌نامه‌ها و راهنماهای طراحی معتبر بین‌المللی هم قابل ارایه نبوده است. لیکن، با عنایت به مزیت‌های فنی، عملیاتی و اقتصادی ممکن در کاربرد مناسب شناسگرهای ترافیکی این راهنما جهت ارائه مبانی و ضوابط اجرایی استفاده از شناسگرهای ترافیکی در پروژه‌های مربوط با رعایت ملاحظات ویژه تدوین و ارائه شده است.

شناسگر یا به عبارت دیگر سیستم آشکارساز وسایل نقلیه، جزئی با اهمیت از سامانه حمل و نقل هوشمند است که با تشخیص حضور یا عبور وسایل نقلیه، وظیفه شناسایی و ثبت انواع داده‌های ترافیکی را بر عهده دارد. این سیستم اطلاعات جریان ترافیک را برای مدیریت ترافیک، پایش مسیر و تهیه بانک اطلاعات عبور و مرور وسایل نقلیه فراهم می‌نماید.

یکی از مشخصه‌های مهندسی نوین ارایه‌ی روش‌های جایگزین برای حل مسایلی ثابت و همیشگی است. به‌علاوه، هم درکشورهای توسعه یافته و هم در کشورهای در حال توسعه تمایلی روزافزون به استفاده از روش‌های نوین جهت حل مشکلات مهندسی برای حصول هزینه‌ی کمتر، هم در ساخت و هم در نگهداری، مشاهده می‌شود که این امر در مورد مهندسی حمل و نقل نیز صادق است. از جمله‌ی این روش‌های بدیع، استفاده از شناسگرهای ترافیکی در مدیریت و کنترل جریان ترافیک می‌باشد.

نشریه‌ی حاضر راهنمایی را به‌منظور آشنایی با کاربرد شناسگرهای ترافیکی وکمک به انتخاب و روش استفاده‌ی صحیح آن‌ها در سطح کشور ارایه می‌نماید. در شرایط فعلی، تجربه‌های طراحی و اجرای شناسگرهای ترافیکی در کشور به‌گونه‌ای بوده است که امکان دریافت بازخورد فنی و مهندسی متقن از تجارب داخلی میسر نبوده است. درنتیجه، در تهیه‌ی این راهنما تلاش گردیده است تا از آخرین دستاوردهای معتبر و پذیرفته‌شده‌ی علمی مندرج در آیین‌نامه‌ها و کتاب‌های مرجع این زمینه و تخصص‌ها و تجربه‌های عملی جهانی در محیط‌های مشابه ایران نهایت بهره گرفته شود تا گامی برای تشویق استفاده از فناوری شناسگرهای ترافیکی با رعایت شرایط خاص پروژه‌ها و محیطی کشور باشد.

راهنمای حاضر برگرفته از منابع، مراجع، مطالعات و تحقیقات جهانی و برخی گزارش‌ها و مطالعات داخلی است و اظهار امیدواری می‌شود تا با بازخورد نظرات کارشناسان و بهره‌برداران زمینه لازم برای اصلاح و ارتقای آن به مرور زمان مهیا شود.

معاون نظارت راهبردی برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور مراتب سپاسگزاری خود را از زحمات تمامی آنانی که در پیشبرد این نشریه تا این مرحله مساعدت، مشارکت و پشتیبانی نموده اند، مهندسان مشاور راه‌های طلایی البرز که مسوولیت تدوین و تکمیل این راهنما را در چارچوب قراردادی به عهده داشته است، شرکت مهندسان مشاور اندیشه راهیان گسترش که در تدوین نشریه همکاری داشته‌اند، شرکت کنترل ترافیک تهران، اعضای کمیته اجرایی تدوین و تکمیل راهنما، گروه هدایت فنی و مدیریتی پروژه در معاونت نظارت راهبردی اعلام می‌دارد.

معاون نظارت راهبردی

بهار ۱۳۹۰

omoorepeyman.ir

اعضای کمیته اجرایی تدوین راهنما

تدوین نشریه حاضر توسط مهندسان مشاور راه‌های طلایی البرز با مشارکت و همکاری مهندسان مشاور اندیشه راهیان گسترش در قالب کمیته اجرایی تدوین صورت گرفت.

ترکیب اعضای کمیته اجرایی تدوین به ترتیب حروف الفبا:

احمد سالاری	مهندسان مشاور اندیشه راهیان گسترش	کارشناس ارشد راه و ترابری
رسول عندلیبیان	مهندسان مشاور اندیشه راهیان گسترش	کارشناس ارشد حمل‌ونقل
حسن فرضی‌پور	مهندسان مشاور راه‌های طلایی البرز	کارشناس ارشد حمل‌ونقل، مدیر پروژه
سعیده فریور	مهندسان مشاور اندیشه راهیان گسترش	کارشناس ارشد حمل‌ونقل
بهزاد کریمی	مهندسان مشاور راه‌های طلایی البرز	کارشناس ارشد حمل‌ونقل
رضا معصومی	مهندسان مشاور اندیشه راهیان گسترش	کارشناس ارشد راه و ترابری

گروه هدایت و مدیریت پروژه

اعضاء گروه به ترتیب حروف الفبا:

فرزانه آقارمضانعلی	دفتر نظام فنی اجرایی
بابک آقا بابازاده	ناظر فنی پروژه
فرشید باباخانی	شرکت کنترل ترافیک تهران
علیرضا توتونچی	دفتر نظام فنی اجرایی
حمیدرضا خاشعی	دفتر نظام فنی اجرایی

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل ۱- کلیات و تعاریف

۱-۱- مقدمه ۳

۱-۲- هدف و دامنه کاربرد ۳

۱-۳- تاریخچه ۵

۱-۴- تعاریف و مفاهیم ۵

فصل ۲- فن‌آوری و کاربرد شناسگرها

۲-۰- گستره ۹

۲-۱- فن‌آوری‌های مختل کننده ۹

۲-۱-۱- شناسگرهای آشکارساز خودرو ۹

۲-۱-۱-۱- شناسگرهای حلقه القایی ۹

۲-۱-۱-۲- تیوپ‌های بادی ۲۰

۲-۱-۱-۳- شناسگرهای مغناطیسی ۲۱

۲-۱-۲- شناسگرهای توزین درحال حرکت ۲۸

۲-۱-۲-۱- صفحات خمشی ۲۹

۲-۱-۲-۲- پیزوالکتریک ۲۹

۲-۱-۲-۳- سلول بار ۳۲

۲-۱-۲-۴- کف‌پوش‌های خازنی ۳۳

۲-۱-۲-۵- مقایسه شناسگرهای توزین درحال حرکت ۳۴

۲-۲- فن‌آوری‌های غیرمختل کننده ۳۷

۲-۲-۱- پردازش تصویر ویدئویی ۳۷

۲-۲-۲- رادارهای ماکروویو ۴۰

۲-۲-۳- حسگرهای مادون قرمز ۴۴

۲-۲-۴- حسگرهای مافوق صوت ۴۶

۲-۲-۵- حسگرهای صوتی غیرفعال ۴۷

۲-۳- مقایسه شناسگرها از نظر نوع فن‌آوری بکار رفته در آنها ۴۸

فصل ۳- انتخاب نوع شناسگرها

۳-۰-گستره ۵۳

۳-۱- معیار انتخاب ۵۳

۳-۱-۱- انتخاب براساس عملکرد ۵۳

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۳-۱-۲- انتخاب براساس سهولت نصب ۵۳
۳-۱-۳- انتخاب براساس سهولت نگهداری ۵۴
۳-۱-۴- سایر معیارها و سازوکار انتخاب ۵۴

فصل ۴- دستورالعمل نصب شناسگرها

۴-۰-گستره ۵۹
۴-۱- شناسگرهای دارای فن‌آوری مختل کننده ۵۹
۴-۱-۱- آشکارسازهای حلقه القایی ۵۹
۴-۱-۱-۱- ضوابط قبل از نصب ۵۹
۴-۱-۱-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی ۶۷
۴-۱-۲- حلقه‌های مدل کفپوش ۷۹
۴-۱-۲-۱- ضوابط قبل از نصب ۷۹
۴-۱-۲-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی ۸۰
۴-۱-۳- حلقه القایی سیار باز ۸۱
۴-۱-۳-۱- ضوابط قبل از نصب ۸۱
۴-۱-۳-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی ۸۱
۴-۱-۴- تیوپ‌های بادی ۸۱
۴-۱-۴-۱- ضوابط قبل از نصب ۸۱
۴-۱-۴-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی ۸۳
۴-۱-۵- مغناطیس‌سنج دومحوری ۸۵
۴-۱-۵-۱- ضوابط قبل از نصب ۸۵
۴-۱-۵-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی ۸۸
۴-۱-۶- آشکارساز مغناطیسی ۹۲
۴-۱-۶-۱- ضوابط قبل از نصب ۹۲
۴-۱-۶-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی ۹۴
۴-۱-۷- شناسگر مغناطیسی سیار ۹۶
۴-۱-۷-۱- ضوابط قبل از نصب ۹۶
۴-۱-۷-۲- تجهیزات مورد نیاز برای نصب ۹۷

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۴-۱-۷-۳- تعیین محل نصب ۹۷
۴-۱-۷-۴- ضوابط نصب و پیاده‌سازی ۹۸
۴-۱-۸- ملاحظات نصب کلیه سیستم‌های توزین در حال حرکت ۹۹
۴-۱-۸-۱- ملاحظات کلی ۹۹
۴-۱-۸-۲- موقعیت و محل نصب دستگاه‌های توزین حین حرکت ۹۹
۴-۱-۸-۳- کالیبراسیون ۱۰۲
۴-۱-۹- صفحات خمشی ۱۰۳
۴-۱-۹-۱- ضوابط قبل از نصب ۱۰۳
۴-۱-۹-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی ۱۰۳
۴-۱-۱۰- حسگرهای پیزوالکتریک ۱۰۵
۴-۱-۱۰-۱- ضوابط قبل از نصب ۱۰۵
۴-۱-۱۰-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی ۱۰۶
۴-۱-۱۱- حسگرهای کوارتز ۱۰۷
۴-۱-۱۱-۱- ضوابط قبل از نصب ۱۰۷
۴-۱-۱۱-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی ۱۱۲
۴-۱-۱۲- حسگرهای سلول بار ۱۱۶
۴-۱-۱۲-۱- ضوابط قبل از نصب ۱۱۶
۴-۱-۱۲-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی ۱۱۶
۴-۱-۱۳- کف‌پوش‌های خازنی ۱۱۸
۴-۱-۱۳-۱- ضوابط قبل از نصب ۱۱۸
۴-۱-۱۳-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی ۱۱۹
۴-۲- شناسگرهای دارای فن‌آوری غیر مختل کننده ۱۱۹
۴-۲-۱- سیستم‌های پردازش تصویر ۱۱۹
۴-۲-۱-۱- ضوابط قبل از نصب ۱۱۹
۴-۲-۱-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی ۱۲۱
۴-۲-۲- رادارهای مایکرویو ۱۲۷
۴-۲-۲-۱- ارزیابی محل و مکان‌یابی محل نصب ۱۲۷
۴-۲-۲-۲- ملاحظات نصب ۱۲۷
۴-۲-۳- حسگرهای مادون قرمز ۱۲۸

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۴-۲-۳-۱- ارزیابی محل و مکان‌یابی محل نصب ۱۲۸
۴-۲-۳-۲- ملاحظات نصب حسگرهای مادون قرمز غیرفعال ۱۲۹
۴-۲-۴- حسگرهای صوتی ۱۳۰
۴-۲-۴-۱- ارزیابی محل و مکان‌یابی محل نصب ۱۳۰
۴-۲-۴-۲- حسگرهای مافوق صوت ۱۳۰
۴-۲-۴-۳- حسگرهای صوتی غیرفعال ۱۳۱
فهرست مراجع
خلاصه انگلیسی

omoorepeyman.ir

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱ ابعاد حلقه القایی عریض ۱۴
جدول ۲-۲ واریانس دقت شناسگرهای توزین در حال حرکت ۳۴
جدول ۲-۳ مقایسه کیفی شناسگرهای توزین حین حرکت ۳۵
جدول ۲-۴ دسته‌بندی شناسگرهای توزین در حال حرکت ۳۶
جدول ۲-۵ شرایط لازم برای کارایی مناسب شناسگرهای توزین در حال حرکت ۳۶
جدول ۲-۶ نقاط ضعف و قوت شناسگرهای رو سطحی و زیر سطحی ۴۸
جدول ۳-۱ اطلاعات قابل جمع‌آوری با استفاده از انواع فن‌آوری شناسگرها ۵۵
جدول ۴-۱ عمق پیشنهادی شیار ۶۷
جدول ۴-۲ مقاومت کابل‌ها براساس طول و اندازه آنها ۹۰
جدول ۴-۳ میدان دید افقی و عمودی لنزهای استاندارد ۱۲۲
جدول ۴-۴ ابعاد ناحیه تصویر برای دوربین‌هایی با ارتفاع نصب متفاوت و لنز با فاصله کانونی ۸ میلیمتر ۱۲۳
جدول ۴-۵ مشخصات عمومی دوربین برای کاربرد پردازش تصویر ۱۲۳
جدول ۴-۶ ابعاد ردپای حسگر مادون قرمز ۱۲۹

omoorepeyman.ir

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل۲-۱ سیستم شناسگر حلقه القایی ۱۰
شکل۲-۲ نمای یک نمونه از حلقه القایی نصب شده ۱۰
شکل۲-۳ تغییر فرکانس حلقه در دو وسیله با ارتفاع متفاوت ۱۱
شکل۲-۴ اشکال مختلف حلقه‌های کوتاه ۱۲
شکل۲-۵ اشکال مختلف حلقه‌های بلند ۱۳
شکل۲-۶ طرح حلقه القایی عریض ۱۳
شکل۲-۷ شکل حلقه‌های چهارقطبی ۱۵
شکل۲-۸ حلقه V شکل ۱۶
شکل۲-۹ حلقه به شکل D ۱۷
شکل۲-۱۰ پوشش عرض توسط حلقه تشخیص دوچرخه ۱۷
شکل۲-۱۱ طرح حلقه تشخیص دوچرخه با استفاده از حلقه‌های چهارقطبی پهلو به پهلو ۱۸
شکل۲-۱۲ پنج لایه حلقه القایی سیار باز ۱۹
شکل۲-۱۳ یک نمونه از حلقه القایی سیار نصب شده در سطح روسازی راه ۱۹
شکل۲-۱۴ نحوه قرارگیری حسگرهای بادی در انواع جاده‌ها ۲۱
شکل۲-۱۵ اغتشاش در میدان مغناطیسی زمین توسط یک دو قطبی مغناطیسی ۲۱
شکل۲-۱۶ مدار الکتریکی شناسگر مغناطیسی ۲۳
شکل۲-۱۷ مغناطیس‌سنج دومحوری و واحد الکترونیکی معادل مدار الکتریکی ۲۴
شکل۲-۱۸ مدل آشکارساز مغناطیسی ریزحلقه‌ای ۲۷
شکل۲-۱۹ مدل جستجوگر آشکارساز ۲۷
شکل۲-۲۰ حسگرهای صفحات خمشی ۲۹
شکل۲-۲۱ نحوه نصب حسگر پیزو الکتریک در سیستم توزین در حال حرکت ۳۰
شکل۲-۲۲ حسگر پیزوالکتریک کوارتز ۳۱
شکل۲-۲۳ سیستم توزین در حرکت سلول بار ۳۲
شکل۲-۲۴ نمونه ای از صفحات خازنی متصل به تحلیلگر ۳۳
شکل۲-۲۵ مفهوم پردازش تصویر برای تشخیص، طبقه‌بندی و ردیابی وسایل‌نقلیه ۳۹
شکل۲-۲۶ عملکرد رادار ماکرویو ۴۰
شکل۲-۲۷ موج فرکانس ثابت ۴۱
شک۲-۲۸ موج پیوسته ۴۲
شکل۲-۲۹ تقسیم کردن میدان دید در جهت حرکت وسیله به چند بلوک ۴۳

omoorepeyman.ir

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل۲-۳۰ تابش و بازتابش انرژی توسط وسیله‌نقلیه و سطح جاده ۴۵
شکل۲-۳۱ نحوه نصب رادار پرتو لیزری ۴۵
شکل۲-۳۲ پیکر بندی حسگرهای مادون قرمز غیرفعال با چندین منطقه آشکارسازی ۴۶
شکل۲-۳۳ نحوه نصب حسگرهای مافوق صوت فاصله‌یاب ۴۷
شکل۴-۱ طرح نصب حلقه القایی در یک خط محور و شانه خاکی راه ۶۰
شکل۴-۲ طرح نصب حلقه القایی در دو خط محور ۶۱
شکل۴-۳ طرح نصب حلقه القایی در دو خط محور و شانه خاکی راه ۶۲
شکل۴-۴ طرح نصب حلقه القایی در سه خط محور و شانه خاکی راه ۶۳
شکل۴-۵ طرح نصب حلقه القایی در چهار خط محور و شانه خاکی راه ۶۴
شکل۴-۶ نحوه نصب یک حلقه القایی اضافه بین دو حلقه به منظور شمارش دقیق‌تر وسایل نقلیه ۶۵
شکل۴-۷ برش مورب گوشه ۶۸
شکل۴-۸ نمونه‌برداری با مته در گوشه های حلقه ۶۸
شکل۴-۹ روش کاربرد فوم ۶۹
شکل۴-۱۰ استفاده از برش لوزی شکل در محل تقاطع با درز روسازی ۷۰
شکل۴-۱۱ روش‌های پیچیدن کابل رابط حسگر با حوضچه ۷۱
شکل۴-۱۲ روش‌های به هم تابیدن سیم حسگر برای نصب چند حلقه ۷۱
شکل۴-۱۳ مراحل اتصال سیم حلقه به کابل رابط بین حوضچه و واحد الکتریکی ۷۲
شکل۴-۱۴ قرار دادن اتصال سیم حلقه و کابل رابط حوضچه و واحد الکترونیک در یک بطری ۷۳
شکل۴-۱۵ جزئیات تابیدن کابل‌ها در یک بطری ۷۳
شکل۴-۱۶ سیم‌های رابط حلقه در لبه روسازی در غیاب جدول ۷۴
شکل۴-۱۷ قراردادن سیم رابط حلقه در لوله در محل برخورد با جدول کناری راه ۷۵
شکل۴-۱۸ جزئیات قرار دادن سیم رابط برای جداول کم عمق ۷۵
شکل۴-۱۹ نحوه قرار گرفتن سیم حلقه‌ها و کابل‌ها در حوضچه- برش عرضی ۷۶
شکل۴-۲۰ نحوه قرار گرفتن سیم حلقه‌ها و کابل‌ها در حوضچه- پلان ۷۶
شکل۴-۲۱ اتصال به زمین کابل رابط در ترمینال کابینت ۷۷
شکل۴-۲۲ شناسگر حلقه القایی موقت کف‌پوش ۸۰
شکل۴-۲۳ نحوه نصب تیوپ‌ها برای تعیین جهت حرکت وسایل نقلیه ۸۲
شکل۴-۲۴ نحوه نصب تیوپ‌ها برای برداشت آمار پارامترهای ترافیکی در یک و دو خط ۸۲

omoorepeyman.ir

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل۴-۲۵ ترددشماری راه چندخطه با استفاده از ترددشمار بادی با یک ورودی تیوپ واحد ۸۳
شکل۴-۲۶ گیره لوله‌ای ۸۴
شکل۴-۲۷ مهار سیمی در انتهای دیگر تیوپ ۸۴
شکل۴-۲۸ نصب مغناطیس‌سنج‌ها در بدنه پل ۸۶
شکل۴-۲۹ ترکیب‌بندی‌های مختلف مغناطیس‌سنج دومحوره ۸۸
شکل۴-۳۰ نصب حسگر مغناطیس‌سنج ۸۹
شکل۴-۳۱ طرح استاندارد برای نصب مغناطیس‌سنج ۹۰
شکل۴-۳۲ عقب‌نشینی حسگر مغناطیسی از خط ایست براساس سرعت و سرفاصله زمانی مجاز ۹۳
شکل۴-۳۳ نصب حسگر مغناطیسی در مسیرهای تک خطه منتهی به خط ایست ۹۴
شکل۴-۳۴ نصب حسگر مغناطیسی در مسیرهای دو خطه منتهی به خط ایست ۹۴
شکل۴-۳۵ نصب شناسگر مغناطیسی از کناره یا میانه راه ۹۵
شکل۴-۳۶ سیستم توزین درحال حرکت صفحه خمشی ۱۰۳
شکل۴-۳۷ طریقه نصب صفحه خمشی ۱۰۴
شکل۴-۳۸ سیستم توزین حین حرکت پیزوالکتریک ۱۰۶
شکل۴-۳۹ حسگرهای توزین درحال حرکت کوارتز ۱۰۸
شکل۴-۴۰ نحوه نصب حسگر کوارتز در یک خط عبور به روش استاندارد ۱۰۹
شکل۴-۴۱ نحوه نصب حسگر کوارتز در دو خط عبوربه روش استاندارد ۱۱۰
شکل۴-۴۲ نحوه نصب حسگر کوارتز در یک خط عبور به روش پلکانی ۱۱۰
شکل۴-۴۳ نحوه نصب حسگر کوارتز در یک خط عبور به روش آماری ۱۱۱
شکل۴-۴۴ نحوه قرار گرفتن حسگر در روسازی راه ۱۱۴
شکل۴-۴۵ نحوه اتصال به زمین حسگرها در کابینت کنترلر ۱۱۵
شکل۴-۴۶ طرح نصب حسگر کوارتز در روسازی بتنی ۱۱۶
شکل۴-۴۷ سیستم توزین درحال حرکت سلول بار ۱۱۷
شکل۴-۴۸ نمایش فاصله قابل تشخیص دو وسیله نقلیه متوالی برای دوربین پردازش تصویر ۱۲۴
شکل۴-۴۹ منطقه آشکارسازی حسگر مایکرویو برای بازبینی جریان بالادست و پایین دست ۱۲۸
شکل۴-۵۰ نحوه نصب حسگر مافوق صوت ۱۳۱
شکل۴-۵۱ نحوه نصب حسگر صوتی غیر فعال ۱۳۲

omoorepeyman.ir

فصل ۱

کلیات

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱-۱- مقدمه

افزایش تقاضای سفر از یک سو و محدودیت در گسترش شبکه راه‌ها از سوی دیگر یکی از مهمترین دلایل بروز ازدحام در شبکه راه‌ها است. حتی ساخت تسهیلات جدید حمل‌ونقلی نظیر بزرگراه‌ها برای سهولت عبور و مرور وسایل‌نقلیه هزینه‌های گزافی را هم در بخش سرمایه‌گذاری و هم در بخش تعمیر و نگهداری می‌طلبد. از اینرو، استفاده از روش‌هایی که کارایی تسهیلات حمل‌ونقل موجود را افزایش می‌دهد ضروری به نظر می‌رسد. این روش‌ها را عموما باید در سامانه حمل‌ونقل هوشمند و سامانه حمل‌ونقل همگانی جستجو کرد. هدف اصلی استفاده از سامانه حمل‌ونقل هوشمند کاهش زمان سفر، کاهش میزان تاخیر و روان‌سازی ترافیک، افزایش ایمنی و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی است. سامانه حمل‌ونقل هوشمند به دلیل استفاده از قابلیت الکترونیکی در مباحث پایش تردد، تحلیل ترافیک و فن‌آوری‌های کنترل باعث افزایش منافع استفاده‌کنندگان و گردانندگان سیستم حمل‌ونقل می‌شود. دامنه کاربرد سامانه حمل‌ونقل هوشمند بسیار گسترده است که می‌توان به مواردی از قبیل: سامانه‌های مدیریت ترافیک پیشرفته[۱]، سامانه‌های اطلاعاتی پیشرفته کاربران[۲]، سامانه حمل‌ونقل همگانی پیشرفته[۳] و انواع داده‌های ترافیکی نظیر شناسایی وسیله‌نقلیه، شناسایی تصادفات، پایش تردد خودکار و زمان‌بندی زمان- واقعی چراغ‌های راهنمایی اشاره کرد. موفقیت سامانه حمل‌ونقل هوشمند در سایه طراحی، نصب و نگهداری صحیح و اصولی شناسگرهای ترافیکی فراهم می‌شود.

شناسگر یا به عبارت دیگر سیستم آشکارساز خودرو جزئی با اهمیت از سامانه حمل‌ونقل هوشمند[۴] است که حضور یا عبور یک وسیله‌نقلیه را تشخیص می‌دهد. این سیستم، اطلاعات جریان ترافیک را برای کنترل چراغ‌های راهنمایی، مدیریت ترافیک و پایش آزادراه و جمع‌آوری اطلاعات عبور و مرور وسایل‌نقلیه فراهم می‌نماید. دقت اطلاعات جمع‌آوری شده توسط این ادوات تشخیص نقش بسیار مهمی در برنامه‌ریزی‌های ترافیکی ایفا می‌کند. یکی از عوامل موثر در دقت اطلاعات مورد نظر مربوط به نصب و پیاده‌سازی صحیح ادوات تشخیص است. ادوات تشخیص باید به گونه‌ای نصب شوند که در شرایط ترافیکی و شرایط آب و هوایی مختلف به صورت صحیح عمل کرده و اطلاعات زمان– واقعی را به مراکز کنترل ترافیک ارسال کنند. در صورت عدم نصب صحیح، این ادوات کارایی لازم را نداشته و درنتیجه نمی‌توان از اطلاعات آنها برای برنامه‌ریزی ترافیک بهره گرفت. از این رو، ارایه دستورالعملی جامع و دقیق در رابطه با نصب انواع ادوات تشخیص امری ضروری و کاربردی است. در این راستا، تلاش شده است تا راهنمای کاربردی برای نصب و پیاده‌سازی صحیح ادوات تشخیص تدوین گردد.

۱-۲-هدف و دامنه کاربرد

هدف اصلی از تدوین این نشریه فراهم آوردن راهنمایی برای مهندسان و کارکنان فنی در برنامه‌ریزی، نصب و نگهداری حسگرهای آشکارساز خودروی مورد استفاده در معابر شهری، راه‌ها و آزادراه‌های برون‌شهری است. در همین راستا، این راهنما به معرفی انواع شناسگرهای ترافیکی، آشنایی با اصول و ضوابط کاربرد و اجرای انواع شناسگرها و راهنمای پیاده‌سازی صحیح شناسگرهای ترافیکی

[1] Advanced Traffic Management Systems
[2] Advanced Traveler Information Systems
[3] Advanced Public Transit Systems
[4] Intelligent Transportation System (ITS)

omoorepeyman.ir

با توجه به شرایط محلی و به منظور ساماندهی یکپارچه شرایط فعلی اجرای شناسگرهای ترافیکی می‌پردازد. بر اساس این هدف، این راهنما پوشش دهنده مطالب زیر می‌باشد:

- معرفی انواع شناسگرهای ترافیکی متداول مورد استفاده در حمل‌ونقل زمینی.
- معرفی فن‌آوری و کاربردهای انواع شناسگرها به منظور سهولت در انتخاب آنها.
- تعیین حداقل ضوابط اجرایی مورد توجه در نصب و راه‌اندازی شناسگرها به منظور یکسان‌سازی این خدمات در کشور.
- منبع آموزشی مورد استفاده مهندسان ترافیک و کارشناسان و پرسنل عملیاتی مرتبط با نصب و راه‌اندازی شناسگرهای ترافیکی.

این نشریه می‌تواند به عنوان راهنمایی برای انتخاب شناسگر ترافیکی مناسب (بر اساس مشخصات فنی و اجرایی آن)، آگاهی از جزئیات مکان‌یابی و نصب و راه‌اندازی و نگهداری شناسگر ترافیکی، مورد استفاده مدیران، برنامه‌ریزان، مهندسان ترافیک و تکنسین‌های نصب و اجرا قرار گیرد. این امر به انتخاب درست و استفاده بهینه از شناسگرهای ترافیکی و نصب و پیاده‌سازی صحیح آنها و در نهایت جلوگیری از اتلاف سرمایه کمک شایانی می‌کند.

شناسگرهای ترافیکی مورد نظر در این راهنما به صورت کلی بر اساس نحوه نصب و راه‌اندازی حسگرهای سیستم به دو نوع: شناسگرهای با حسگر (فن‌آوری) مختل‌کننده و شناسگرهای با حسگر (فن‌آوری) غیرمختل‌کننده، طبقه‌بندی می‌شوند. منظور از حسگرهای مختل‌کننده، حسگرهایی است که در سطح راه نصب می‌شود و باید در زمان نصب حسگر، عبور و مرور وسایل نقلیه کنترل شده و یا به مسیر دیگری منتقل گردد. حسگرهای غیرمختل‌کننده، در خارج از سطح راه، در کنار راه یا به صورت بالاسری در راه، مورد استفاده قرار گرفته و در زمان نصب و راه‌اندازی نیاز به کنترل و تغییر مسیر عبور و مرور وسایل‌نقلیه نمی‌باشد. حلقه‌های القایی، مغناطیس‌سنج‌ها و حسگرهای توزین در حال حرکت نمونه‌هایی از شناسگرهای نوع اول هستند. سیستم پردازش تصویر ویدئویی، رادارهای مایکروویو، حسگرهای مافوق صوت، حسگرهای مادون قرمز غیرفعال و حسگرهای راداری لیزری نیز نمونه‌هایی از شناسگرهای نوع دوم هستند. بعضی از شناسگرها به طور مستقیم اطلاعات حجم ترافیک چندین خط عبور، ضریب اشغال، سرعت، طول وسیله‌نقلیه و نوع وسیله را جمع‌آوری می‌کنند که این اطلاعات به طور معمول از شناسگرهای حلقه القایی قابل دسترسی نیستند.

این راهنما مربوط به شناسگرهایی است که برای مدت معینی در سطح یا کنار راه نصب و راه‌اندازی شده و برای عملکرد نیاز به حضور کاربر[1] ندارند. برخی از شناسگرهای ترافیکی مانند دوربین‌های کنترل سرعت سیار (راداری یا لیزری) یا باسکول‌های سیار دستی که برای عملکرد نیاز به حضور کاربر داشته و به صورت خودکار قادر به انجام عملیات نمی‌باشند و برخی دیگر از سیستم‌های خودکار که به صورت دستی کنار راه قرار گرفته و دارای عملیات نصب و راه‌اندازی نمی‌باشند، مشمول موضوعات مندرج در این راهنما نمی‌شوند.

omoorepeyman.ir

[1] Operator

۱-۳-تاریخچه

در دهه ۴۰ میلادی زمانی که چراغ‌های راهنمایی دستی با چراغ راهنمایی خودکار و پیش زمانبندی شده جایگزین گردید، مهندسان دریافتند که به زودی نیازمند روشی برای جمع‌آوری داده‌های ترافیکی خواهند بود تا جایگزین روش آمارگیری بصری توسط ماموران پلیس گردد. یکی از قدیمی‌ترین شناسگرهای ارائه شده حسگری بود که در زمان به صدا در آمدن بوق خودرو در محل نصب سیستم فعال می‌شد. این سیستم شامل میکروفونی بود که در جعبه‌ای کوچک در نزدیکی راه نصب می‌گردید. شاید بتوان این سیستم را اولین حسگر خودرو نامید که با عبور خودرو فعال شده و در واقع حسگر خودرو محسوب می‌شد.

تقریبا در همان دوره زمانی شناسگر فشاری طراحی شد که از دو صفحه فلزی تشکیل شده بود. دو صفحه فلزی بر اثر فشار چرخ خودرو در زمان عبور وسیله نقلیه به یکدیگر متصل شده و جریان برقرار می‌گردید. این نوع شناسگر نسبت به حسگرهای بوقی از عمومیت بیشتری برخوردار شد. در واقع این شناسگر در حدود بیش از ۳۰ سال به عنوان ابزار اولیه شناسایی وسایل‌نقلیه در چراغ‌های راهنمایی مورد استفاده قرار می‌گرفت.

در سال ۱۹۳۱ حسگر صوتی دیگری معرفی گردید که به صورت جعبه‌های فولادی در ورودی تقاطع نصب می‌شد. این جعبه‌ها صدای منتشره از چرخ‌های عبوری خودرو را به میکروفون تعبیه شده منتقل نموده و از این طریق عمل شناسایی خودرو صورت می‌گرفت.

مشکلات مکانیکی شناسگرهای فشاری صفحه‌ای منجر به تولد شناسگرهای الکتریکی- بادی گردید. اگر چه این وسیله چندین کاربرد داشت، اما مسایلی از قبیل نصب پر هزینه، محدودیت سیستم در اینکه فقط قابلیت شناسایی عبور وسیله‌نقلیه در حال حرکت را داشت و همچنین وابستگی دقت شمارش محوری آن به عدم بروز اختلال در ایجاد موج‌های فشار هوا در شناسگر موجب گردید تا حدودی بهره‌برداری از آن محدود گردد.

همچنین شناسگرهای مبتنی بر وزن، نیز که دقیق‌ترین و آشکارترین خصوصیت هر وسیله نقلیه را تشخیص می‌دهند، به واسطه مسایل اقتصادی به صورت گسترده تولید و مورد بهره‌برداری قرار نگرفتد. از عمده مشکلات این شناسگرها تخریب و جداشدن حسگر از سطح جاده در زمان برف‌روبی توسط تیغه ماشین آلات برف‌روب و هزینه نصب مجدد حسگر پس از ترمیم روسازی راه است. بنابراین تحقیقات برای حسگرهای جریان ترافیک بیشتر بر خصوصیات زیر متمرکز گردید:

- صدا (**شناسگر** صوتی)
- تغییرات بصری (**شناسگر**های نوری و مادون قرمز و پردازشگرهای تصویر ویدئویی)
- مغناطیس زمینی (**شناسگر**های آهن‌ربایی، مغناطیس‌سنج‌ها)
- انعکاس انرژی ساطع شده (رادار لیزری مادون قرمز ، **شناسگر**های آلترادپنیک و حسگرهای رادار مایکرویو)
- القای الکترومغناطیسی (شناسگرهای حلقه القایی)
- لرزش (برق بر اثر اصطکاک مالشی، لرزشی و شناسگرهای کلید اینرسی)

۱-۴-تعاریف و مفاهیم

سیگنال آنالوگ تغییرات ولتاژ یا جریان الکتریکی به صورت پیوسته.

omoorepeyman.ir

اپوکسی نوعی رزین مورد استفاده در چسب.

القا نسبت نیروی محرکه الکتریکی به نرخ تغییر جریان، که بر حسب میکروهانری اندازه‌گیری می‌شود.

پلی پروپلین ماده قابل ارتجاع با خصوصیات الکتریکی خوب، مقاومت کششی بالا و مقاوم در برابر گرما.

پلی وینیل کلراید(PVC) خانواده‌ای از مواد عایق که به عنوان مجرای سیم شناسگرها و در دو حالت صلب و انعطاف‌پذیر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

پلی‌اتیلن خانواده‌ای از مواد عایق مشتق شده از پلیمریزاسیون گاز اتیلن دارای مقاومت عایقی بالا و استحکام دی‌الکتریک بالا و همچنین مقاومت سایشی خوب. این عایق برای عایق سیم و کابل مورد استفاده در حلقه به کار می‌رود.

تداخل مغناطیسی برهم کنش هر کانال یک حسگر یا واحد الکترونیکی حسگر با یک کانال دیگر. تداخل مغناطیسی می‌تواند توسط کوپلینگ متقابل میدان‌های مغناطیسی در نزدیکی حلقه‌های القایی اتفاق افتد. تداخل مغناطیسی ناشی از برهم‌کنش دو یا چند واحد الکترونیکی در یک کابینت است، هنگامی‌که واحدهای الکترونیکی در فرکانس یکسان یا نزدیک هم کار می‌کنند. تداخل مغناطیسی منجر به تحریک خروجی حسگر می‌شود.

ترمینال محل اتصال یک یا چند رسانای الکتریکی.

درزگیر ماده‌ای که در شیارهای حلقه القایی به کار می‌رود و به منظور آب‌بند کردن سیم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

حساسیت ۱- مربوط به سیستم حلقه القایی: تغییر در کل القای سیستم که بر اثر عبور کوچکترین وسیله نقلیه بر روی حلقه به وجود می‌آید و بر حسب درصدی از القای کل بیان می‌شود.
۲- مربوط به واحد الکترونیکی: حداقل تغییر القا بر حسب درصد که باعث فعال شدن واحد الکترونیکی می‌شود.

حوضچه محفظه‌ای با درپوش متحرک (همتراز با سطح زمین) که در زیر زمین کار گذاشته می‌شود. تابیدن کابل‌های حلقه القایی (یا کابل‌های شناسگر مغناطیسی یا مغناطیس‌سنجها) با کابل‌های رابط در محل حوضچه انجام می‌شود.

رزین ماده‌ای آلی غیر رسانای جریان الکتریسیته که برای عایق‌کاری و پوشش به کار می‌رود.

شناسایی حضور توانایی حسگر در تشخیص وسایل نقلیه در حال حرکت یا متوقف در ناحیه شناسایی.

شناسایی عبور توانایی حسگر در تشخیص عبور وسایل نقلیه‌ای که از ناحیه شناسایی عبور می‌کنند.

شناسگر سیستمی برای تشخیص حضور و عبور انواع وسایل نقلیه و عابرین پیاده.

حسگر بخشی از سیستم شناسگر که تغییرات پارامترهای فیزیکی محیط (میدان مغناطیسی، امواج صوتی و ...) را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کند.

ناحیه شناسایی مکان شناسایی وسایل نقلیه در طولی از جاده به طوری‌که وسیله نقلیه در مدت زمانی که در ناحیه شناسایی حضور دارد توسط شناسگر شناسایی می‌شود.

واحد الکترونیکی یک وسیله الکترونیکی است که حسگرها به آن متصل می‌شوند. با توجه به سیگنال دریافتی از حسگرها آن سیگنال را تجزیه و تحلیل می‌کند و اطلاعات حاصله را به حضور یا عدم حضور وسیله نقلیه تعبیر کرده و پارامترهای ترافیکی را از این اطلاعات استخراج می‌نماید.

omoorepeyman.ir

فصل ۲

فن‌آوری و کاربرد شناسگرها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۲-۰- گستره

در این فصل انواع فن‌آوری شناسگرهای ترافیکی و کاربرد آنها معرفی می‌شود. شناخت فن‌آوری و کارایی شناسگرها به مهندسان، برنامه‌ریزان و بهره‌برداران این سیستم‌ها در انتخاب نوع شناسگر با توجه به شرایط و نیازهای مختلف کمک می‌کند. فن‌آوری‌ها در ادامه در دو بخش فن‌آوری‌های مختل‌کننده (شامل: شناسگرهای حلقه‌القایی و مغناطیس‌سنج‌ها) و غیرمختل‌کننده (در برگیرنده پردازشگرهای تصاویر ویدئویی، حسگرهای راداری مایکروویو، حسگرهای لیزری، حسگرهای مادون قرمز واکنشی، حسگرهای آلتراسونیک، حسگرهای صوتی و تجهیزات با فن‌آوری‌های ترکیبی) ارائه خواهد شد.

۲-۱- فن‌آوری‌های مختل کننده

حسگر شناسگرهای مختل کننده مستقیما کف جاده، یا در برش سطحی جاده یا در سوراخ‌های سطح جاده نصب می‌شوند یا با تونل زدن از زیر سطح جاده عبور می‌کنند و یا بر روی سطح جاده نصب می‌شوند. ایراد استفاده از این حسگرها ایجاد اختلال در عبور و مرور وسایل‌نقلیه هنگام نصب و یا تعمیر خرابی آنها است. این مشکل زمانی که به دلیل سطح نامناسب آسفالت و یا به دلیل عملیات نصب نامناسب، انجام عملیات تعمیر و اصلاح حسگرها تکرار می‌شود، بسیار نگران‌کننده است. در برخی مواقع با تعمیر آسفالت، نیاز به نصب مجدد حسگرها می‌شود. به طور کلی شناسگرهای مختل‌کننده به دو دسته شناسگرهای آشکارساز خودرو و شناسگرهای توزین در حال حرکت تقسیم می‌شوند. حلقه‌های القایی، مغناطیس‌سنج‌ها، لوله‌های بادی و آشکارسازهای القایی سیار از جمله شناسگرهای آشکارساز خودرو هستند. انواع فن‌آوری‌های مورد استفاده برای شناسگرهای توزین در حال حرکت شامل حسگرهای پیزو الکتریک، صفحات خمشی، سلول‌های بار و کفپوش‌های خازنی می‌باشد. در ادامه هریک از انواع مختلف این فن‌آوری‌ها معرفی می‌شود.

۲-۱-۱- شناسگرهای آشکارساز خودرو

۲-۱-۱-۱- شناسگرهای حلقه القایی

۲-۱-۱-۱-۱- کلیات

شناسگرهای حلقه القایی متداولترین نوع شناسگرها در بخش مدیریت ترافیک هستند که برای ترددشماری دائمی و موقت بکار می‌رود. این شناسگر دارای حلقه القایی است که جریان الکتریکی از آن عبور می‌کند. این حسگر وجود فلز رسانا را در اطراف خود با کاهش ظرفیت القایی حلقه و به تبع آن افزایش فرکانس نوسان تشخیص می‌دهد.

در حالت کلی یک سیستم تشخیص حلقه القایی مطابق شکل ۲-۱ شامل سه قسمت اساسی زیر است:

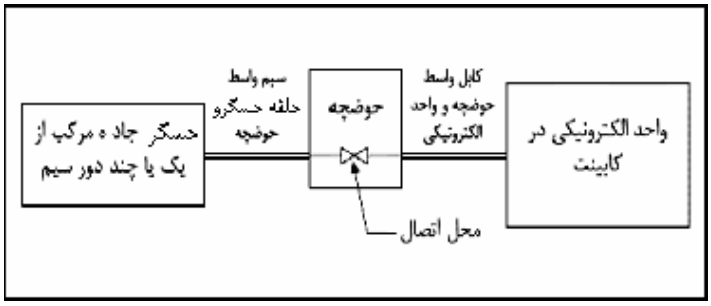
- حسگر نصب شده روی آسفالت یا بتن و سیم رابط[1] آن به حوضچه[2]
- حوضچه و کابل رابط[1] آن با واحد الکترونیک

[1] Lead in Wire
[2] Pull Box

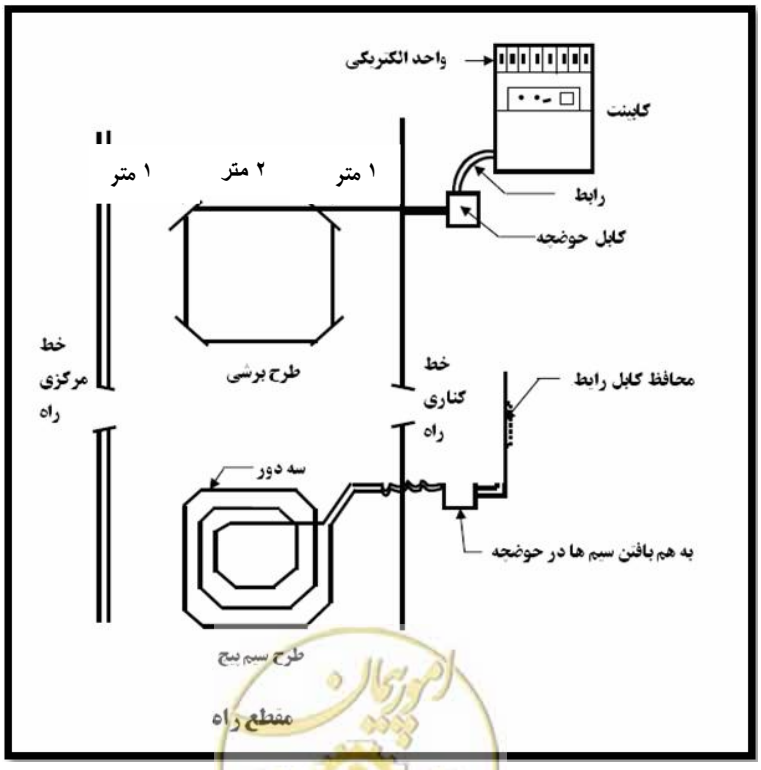
omoorepeyman.ir

– واحد الکترونیک

حلقه‌های القایی شامل یک یا چند دور سیم عایق‌دار هستند که در شکاف کم عمق سطح جاده دفن می‌شوند و یک کابل رابط، آنها و پایانه کنار جاده را به دستگاه کنترل مرتبط می‌کند. حلقه سیم که به واحد الکترونیکی کنترل‌کننده سیستم متصل است، به عنوان یک بخش القاگر یا سلف عمل می‌کند و با سیگنالی سینوسی که فرکانس آن بین ۱۰ تا ۵۰ کیلو هرتز است، در نوسان است. زمانی که یک خودرو بر روی حلقه حرکت یا توقف می‌کند ظرفیت القایی کاهش می‌یابد و در نتیجه فرکانس نوسان افزایش می‌یابد. این افزایش فرکانس را واحد الکتریکی حس کرده و یک پالس به واحد کنترل می‌فرستد که نمایانگر حضور یا عبور یک وسیله‌نقلیه است. یک نمونه از شمای حلقه القایی نصب شده با نمایش قسمت‌های سه‌گانه آن در شکل ۲–۲ آمده است.



شکل ۲–۱– سیستم شناسگر حلقه القایی

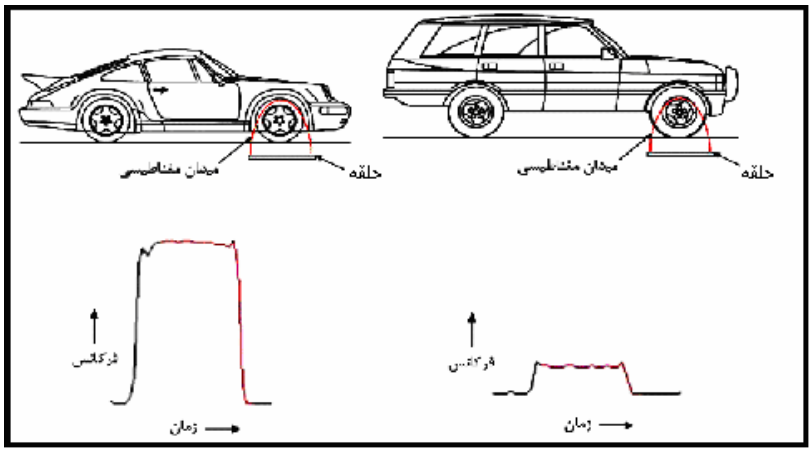


شکل ۲–۲– نمای یک نمونه از حسگر حلقه القایی نصب شده

[1] Lead in Cable

omoorepeyman.ir

در حالت کلی وسایل‌نقلیه که ارتفاع کمتری از سطح حلقه دارند، نسبت به وسایل‌نقلیه‌ای که ارتفاع بیشتری از سطح حلقه دارند (مانند کامیون و ماشین‌های با شاسی بلند) بیشتر باعث تغییر فرکانس می‌شوند. این امر به دلیل این است که سطح فلزی زیر ماشین به حلقه نزدیکتر است. شکل ۲-۳ نشان می‌دهد که چطور یک ماشین اسپرت داخل یک میدان مغناطیسی حلقه بیشتر از یک ماشین با شاسی بلند باعث تغییر فرکانس حلقه می‌شود. تغییر فرکانس به وجود آمده روی حلقه برای وسایل‌نقلیه با مدل و ساخت مشابه پایدار است، به طوری که برد شناسگر می‌تواند طوری طراحی شود که نوع وسیله روی حلقه را نیز تشخیص دهد.



شکل ۲-۳- تغییر فرکانس حلقه حسگر در دو وسیله با ارتفاع متفاوت

اندازه و شکل حلقه‌های القایی بسیار متنوع است، به عنوان مثال ممکن است به شکل مربعی با ابعاد ۱/۵ در ۱/۵ یا ۱/۸ در ۱/۸ متر، دایره‌ای با قطر ۱/۸ متر و یا مستطیلی با عرض ۱/۸ متر و طول متغیر باشند.

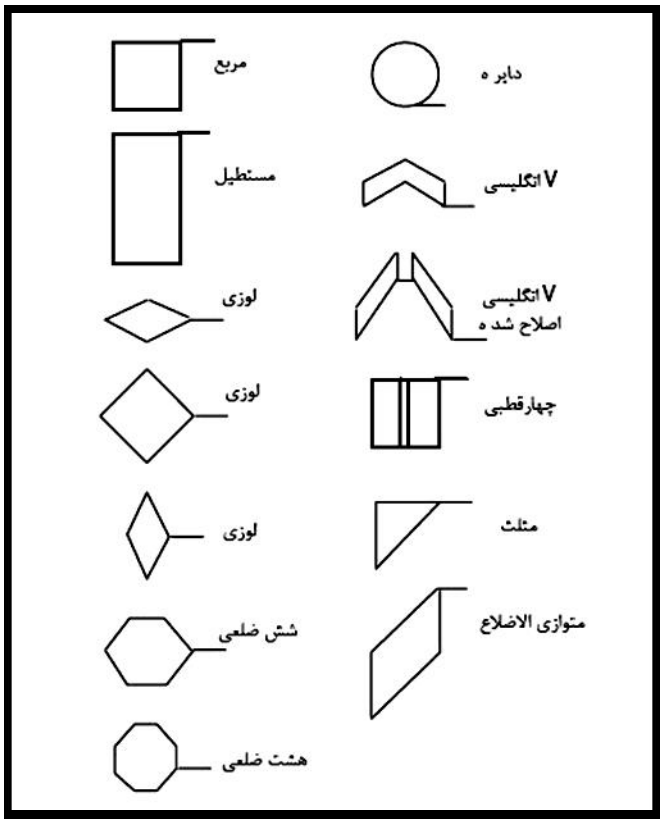
در ادامه انواع حلقه‌های القایی از منظر ابعادی آنها توضیح داده می‌شود.

۲-۱-۱-۱-۲- حلقه القایی کوتاه

شناسایی یک ناحیه کوچک معمولاً با یک واحد حلقه القایی کوتاه انجام می‌شود. حلقه‌های کوتاه دارای طول تا ۱/۶ متر هستند. رایج‌ترین حلقه کوتاه یک حلقه ۱/۸ × ۱/۸ متری در یک خط به عرض ۳/۶ متر است. برای خطوط باریکتر باید حلقه‌های ۱/۵ × ۱/۵ متری استفاده شود تا از برداشت اطلاعات خطوط مجاور جلوگیری بعمل آید. در نواحی که دائما وسایل‌نقلیه بلند باید شناسایی شوند استفاده از حلقه‌های کوچکتر پیشنهاد نمی‌شود. حلقه‌های کوتاه برای شناسایی جریان بالادست خط ایست طراحی می‌شوند.

اشکال مختلف حلقه برای شناسایی انواع مختلف وسایل‌نقلیه اعم از دوچرخه و موتورسیکلت تا کامیون‌های تریلر بلند طراحی شده‌اند. این حلقه‌ها طوری طراحی شده‌اند که وسایل‌نقلیه خطوط مجاور را شناسایی نکنند. هر طرح نسبت به طرح‌های دیگر مزایایی دارد. مثال‌هایی از شکل حلقه‌های کوتاه در شکل ۲-۴ نشان داده شده است. بعضی از این شکل‌ها متداول هستند، درحالی که برخی در یک مکان خاص و یا هنگامی که نوع خاصی از شناسایی وسایل‌نقلیه مورد نیاز باشد یافت می‌شوند.

omoorepeyman.ir



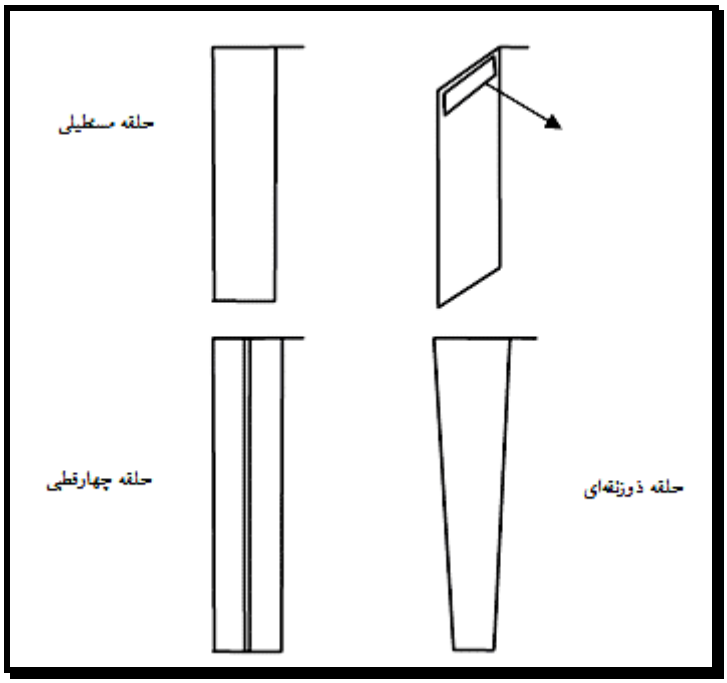
شکل ۲-۴- شکل‌های مختلف حلقه‌های کوتاه

۲-۱-۱-۱-۳- حلقه القایی بلند

حلقه‌های بلند برای شناسایی نواحی بزرگتر، با حداقل طول ۶ متر یا بیشتر، در یک خط ترافیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در ابتدا این حلقه‌ها برای تشخیص وسایل‌نقلیه ساکن بکار می‌رفتند، زیرا حلقه وسیله‌نقلیه ساکن را تا زمانی که ناحیه مورد نظر را اشغال کرده باشد، شناسایی می‌کند. اخیرا حلقه‌های بلند با یک سری حلقه‌های کوتاه برابر با حلقه بلند جایگزین شده‌اند. در شکل ۲-۵ انواع مختلف حلقه‌های بلند قدیمی نشان داده شده است (یک حلقه به عرض ۱/۸ متر و طول ۶ تا ۲۴ متر یا بیشتر). حلقه‌های بلند معمولاً دارای یک یا دو دور سیم هستند. اگر نیاز به شناسایی قابل اطمینان همه وسایل با استفاده از حلقه مستطیلی یا ذوزنقه‌ای داشته باشیم، باید سطح حساسیت حلقه بالا باشد که ممکن است منجر به تشخیص وسایل‌نقلیه خط مجاور شود. حلقه چهارقطبی طرح مناسبی برای از بین بردن این مشکل است. حلقه القایی چهارقطبی کارکرد خیلی خوبی دارد، اما به علت محدود بودن ارتفاع میدان آن ممکن است در شناسایی پیوسته وسایل شاسی بلند دچار مشکل شود.

بطور کلی درازای حلقه‌های بلند، آسیب‌پذیری آنها را نسبت به شکست بر اثر ترک‌های روسازی افزایش می‌دهد. در پاسخ به این مسایل بسیاری از نصاب‌ها حلقه‌های کوتاه سری نصب می‌کنند. مزیت حلقه‌های سری به خاطر خرابی‌های کمتر به دلیل طول کوتاهتر حلقه‌ها است. آنها در برابر مشکلات ناشی از ترک‌های روسازی و برداشت اطلاعات از خطوط مجاور کمتر آسیب‌پذیر هستند. همچنین حلقه‌های کوچکتر وسایل‌نقلیه کوچک را بهتر شناسایی می‌کنند. حلقه‌های کوتاه سری معمولاً شامل چهار حلقه مربعی یا لوزی شکل ۱/۸ ×۱/۸ به فاصله ۲/۷ تا ۳ متر هستند که معادل یک حلقه طویل ۱۵/۳ یا ۱۶/۲ متر می‌شود.

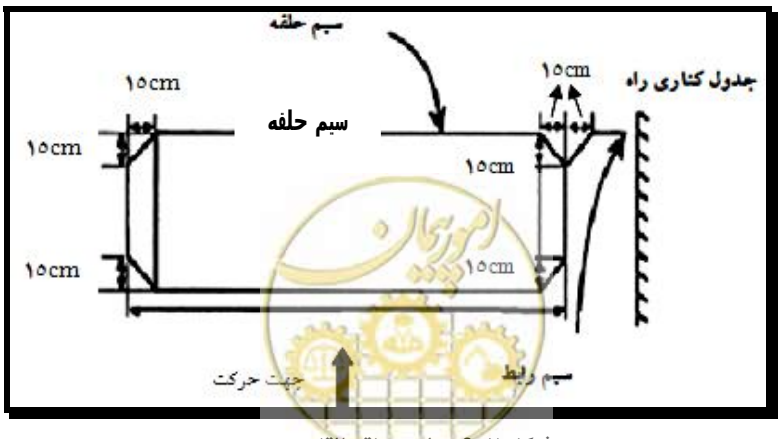
omoorepeyman.ir



شکل ۲-۵- شکل‌های مختلف حلقه‌های بلند

۲-۱-۱-۱-۴- حلقه القایی عریض

برای پوشش دادن عرض باند یا مسیرهای چند بانده از حلقه‌های عریض استفاده می‌شود. این حلقه‌ها معمولاً دارای طول ۱/۸ متر درجهت جریان ترافیک و عرض ۱۴ متر برای یک مسیر چهار بانده هستند. طرح این حلقه برای یک باند عریض در شکل ۲-۶ نشان داده شده است. تعداد دورهای سیم مطابق با تعداد خطوط تحت پوشش تغییر می‌کند. در جدول ۲-۱ ابعاد و تعداد دورهای مورد نیاز برای حلقه‌های عریض با توجه به تعداد خطوط تحت پوشش آورده شده است. این حلقه‌ها بیشتر در معرض خرابی‌های ناشی از ترک‌های روسازی هستند و بسیاری از نصاب‌ها استفاده از آنها را توصیه نمی‌کنند. هر خرابی باعث توقف عملکرد حلقه شده و قابلیت تشخیص آن مسیر را بین می‌برد. حلقه‌هایی که بصورت مجزا در هر خط قرار می‌گیرند، کمتر مستعد خرابی هستند و حتی اگر یک مورد خرابی در یکی از آنها ایجاد شود، باقی حلقه‌ها می‌توانند اطلاعات پایش مسیر را فراهم کنند.



شکل ۲-۶- طرح حلقه القایی عریض

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱- ابعاد حلقه القایی عریض (متر)

تعداد خطوط راه	عرض کل راه	طول حلقه القایی	عرض حلقه القایی	تعدد دور سیم‌پیچ
۱	۵/۶-۳/۷	۱/۸	۳/۷-۱/۸	۴
۲	۹/۸-۵/۷	۱/۸	۸/۱-۳/۷	۳
۳	۱۳/۶-۹/۹	۱/۸	۱۲/۱-۸/۲	۲
۴	۱۵/۸-۱۳/۷	۱/۸	۱۳/۷-۱۲/۲	۱

۲-۱-۱-۱-۵- حلقه القایی دایره‌ای

شکل دیگری از حلقه القایی که در سال‌های اخیر قابل اجرا بوده است، حلقه‌های دایره‌ای شکل هستند. بسیاری از سازندگان و طراحان حلقه القایی فرضیه‌ای را مطرح کرده‌اند که، حلقه‌های دایره‌ای شکل دارای مشخصات بهینه در تشخیص وسیله‌نقلیه هستند. بر طبق این فرضیه حلقه دایره‌ای یک میدان مغناطیسی یکنواخت و بدون نقاط خنثی ایجاد می‌کند. طرفداران حلقه‌های دایره‌ای بر این باورند که طرح دایره‌ای حساسیت حلقه را برای تشخیص موتوسیکلت‌ها، مشابه کامیون‌های شاسی بلند افزایش می‌دهد. درحالی‌که موارد شناسایی شده در خطوط مجاور را حذف می‌کند. از دیگر مزایای این نوع حلقه می‌توان به حذف گوشه‌های تیز و کاهش فشار وارد به سیم نیز نام برد.

۲-۱-۱-۱-۶- شکل‌های حلقه القایی برای تشخیص وسایل‌نقلیه کوچک

برای تعیین شکل حلقه القایی جهت تشخیص وسایل نقلیه کوچک معیارهای مهمی شامل شکل حلقه، عرض خط و نحوه قرارگیری حلقه در آن خط تاثیرگذار هستند. انواع مختلف حلقه که توانایی شناسایی وسایل نقلیه کوچک را افزایش می‌دهند در ادامه آورده شده است.

۲-۱-۱-۱-۶-۱- چندین حلقه القایی کوتاه بهم پیوسته

این حلقه‌ها اغلب تحت عنوان حلقه‌های کوتاه سری ذکر می‌شوند. قابلیت کنترل حساسیت حلقه‌های سری برای شناسایی وسایل نقلیه کوچک نسبت به حلقه‌های بلند بیشتر است. زیرا حلقه‌های بلند دارای حساسیت بالایی هستند که باعث تشخیص وسایل نقلیه خط مجاور می‌شود. با استفاده از حلقه‌های کوتاه ضریب القایی کل حلقه خیلی نزدیک به مقدار بهینه می‌شود و این با اتصال حلقه‌ها بصورت سری قابل دستیابی است.

۲-۱-۱-۱-۶-۲- حلقه‌های چهار قطبی

حلقه‌های چهارقطبی اولین بار در اوایل دهه ۱۹۷۰ مورد استفاده قرار گرفتند. همانطور که در شکل ۲-۸ نشان داده شده است، این ترکیب‌بندی یک برش طولی در مرکز باند اضافه می‌کند. سپس حلقه‌ها به شکل عدد ۸ لاتین (8) سیم‌پیچی می‌شوند، به طوری که سیم‌هایی که از مرکز عبور می‌کنند دارای جریان در یک جهت باشند و این امر باعث می‌شود که میدان حلقه‌ها یکدیگر را تقویت کنند و در نتیجه وسایل‌نقلیه کوچک را شناسایی کنند. میدان مغناطیسی به وجود آمده از جریان‌های هم‌سو در سیم‌های مرکزی

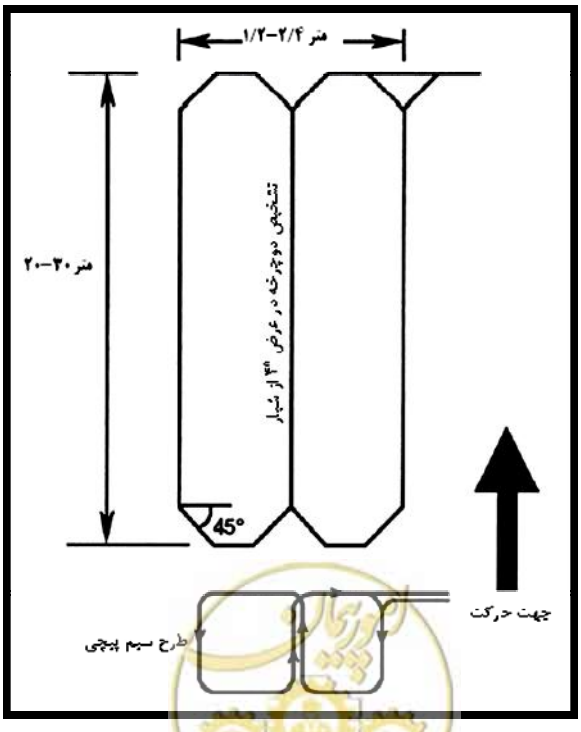
omoorepeyman.ir

حلقه، میدان‌های مغناطیسی بیرونی را که دارای جهت جریان و شار مغناطیسی مخالف جهت شار مغناطیسی سیم‌های مرکزی هستند خنثی می‌کنند و بدین وسیله امکان شناسایی غلط خطوط مجاور را کاهش می‌دهند.

در شکل ۲-۷ طراحی تک‌سیمه (با یک لایه در اطراف شیار و دو لایه در مرکز شیار) که در بالای شکل نمایش داده شده است، برای تشخیص اتومبیل و کامیون و وسایل‌نقلیه بزرگ و طراحی دوسیمه در پایین شکل مذکور برای تشخیص وسایل‌نقلیه کوچک و دوچرخه مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته روش دوسیمه یک روش قدیمی بوده و نسبت به روش‌های دیگر چندان مطلوب نیست.

نکته دیگری که باید رعایت شود محل نصب این حلقه است. اگر این حلقه‌ها در مرکز خط طوری نصب شوند که مسیر حرکت موتور سیکلت یا دوچرخه خارج حلقه باشد، در تشخیص آن خطا به وجود می‌آید. به عنوان مثال موتورسیکلتی که برای حرکت گردش به چپ منتظر می‌ماند معمولاً در سمت چپ باند توقف می‌کند و بنابراین ممکن است خارج از میدان چهار قطبی قرار گیرد. هنگامی که شناسایی خط گردش به چپ مورد نیاز باشد، توصیه می‌شود لبه سمت چپ چهار قطبی در فاصله بیشتر از ۶۱ سانتیمتری لبه چپ خط گردش به چپ قرار نگیرد. حلقه‌های چهار قطبی به عنوان یک حلقه بلند یا کوتاه و بصورت ترکیب سری یا موازی بکار می‌روند. شکل سری یا موازی آن نه تنها برای شناسایی وسایل‌نقلیه کوچک، بلکه جهت از بین بردن خطای ناشی از شناسایی خط مجاور (سیستم‌های حلقه القایی با حساسیت بالا) استفاده می‌شود.

ارتفاع شناسایی چهار قطبی‌های کوتاه که دارای طولی کمتر از ۹ متر هستند، تقریبا ۰/۶ متر است که این ارتفاع براساس ابعاد دو حلقه پهلوی هم به عرض ۰/۹ متر تعیین می‌شود. با حلقه‌های بلندتر که دارای طول بیشتر از ۹ متر هستند، همیشه یک یا چند چرخ یا محور روی حلقه قرار می‌گیرد.

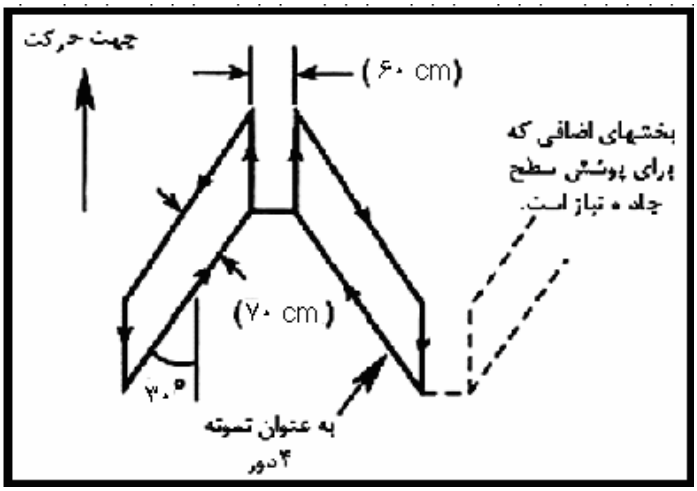


شکل ۲-۷- حلقه‌های چهارقطبی

omoorepeyman.ir

۲-۱-۱-۱-۶-۳- حلقه‌های V شکل

وسایل‌نقلیه کوچک می‌توانند به کمک این نوع حلقه‌ها شناسایی شوند. مطابق شکل ۲-۸ این حلقه‌ها شامل یک یا بیشتر از چهار دور حلقه متوازی‌الاضلاع، با یک بخش کوچک در جهت ترافیک و یک بخش بزرگ هستند که بخش بزرگ در زاویه ۳۰ درجه بخش کوچکتر قرار دارد. بخش بزرگتر حلقه ۷۰ سانتی‌متر طول دارد. انتهای مجاور حلقه‌های متوالی می‌تواند به هم چسبیده و یا در فاصله ۶۰ سانتی‌متر از هم قرار داشته باشند، که این امر باعث می‌شود وسیله نقلیه بتواند هنگام عبور از روی حلقه خطوط شار مغناطیسی بیشتری را قطع کند و تأثیر آن در تشخیص وسیله بیشتر می‌شود. در حلقه‌ها سیم‌ها یک در میان به صورت متوالی در جهت ساعتگرد و خلاف عقربه‌های ساعت پیچیده می‌شوند، به‌طوری‌که جریان در انتهای نزدیک به هم حلقه‌ها همیشه در یک جهت باشد.

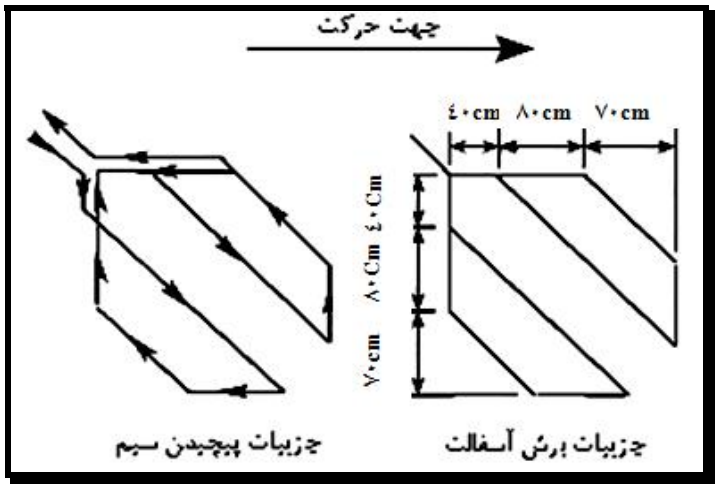


شکل ۲-۸- حلقه *V* شکل

۲-۱-۱-۱-۶-۴- حلقه‌های القایی برای تشخیص دوچرخه

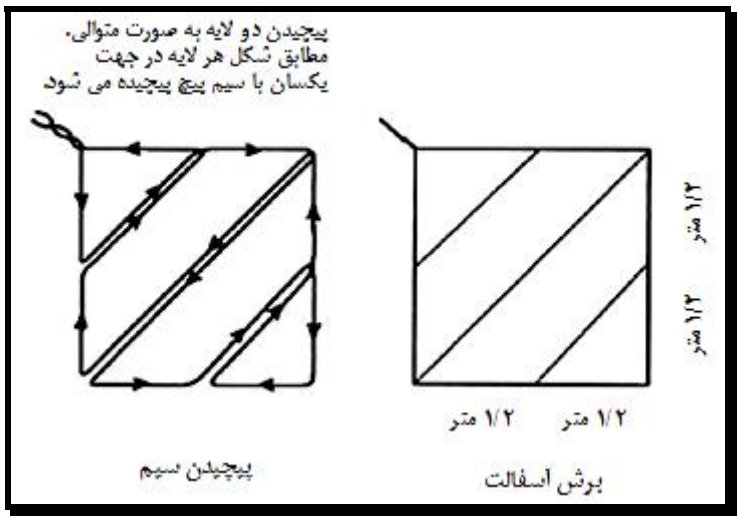
حلقه‌های به شکل D بهترین انتخاب برای تشخیص دوچرخه هستند که در شکل ۲-۹ نشان داده شده است. این حلقه در یک مربع به ابعاد ۱/۸ متر گنجانده می‌شود. این حلقه وقتی به تنهایی به قسمت الکترونیکی متصل شود سه دور پیچیده می‌شود و هنگامی که به صورت سری به سه حلقه دیگر متصل شده و سپس به قسمت الکترونیکی می‌روند، پنج دور پیچیده می‌شوند. در این شکل باید سیم در گوشه‌های حلقه، که با یک زاویه تند خم می‌شود حفاظت شود تا بریده نشود. با ایجاد یک سوراخ در گوشه حلقه یا کندن یک تکه از زاویه داخلی حلقه، شعاعی در گوشه حلقه ایجاد شده و از پیچیده شدن زیاد آن جلوگیری می‌کند. این حلقه می‌تواند برای آشکارسازی دوچرخه و همچنین سایر وسایل نقلیه مورد استفاده قرار گیرد.

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۹- حلقه به شکل *D*

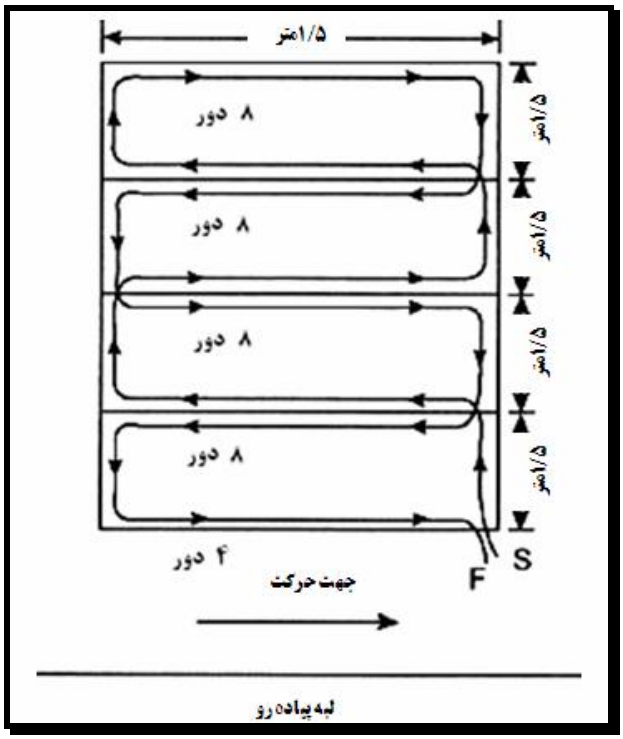
در بعضی از کاربردها مطلوب است که حضور دوچرخه در کل عرض خط تشخیص داده شود. در این حالت از حلقه‌هایی مطابق شکل ۲-۱۰ استفاده می‌شود. این حلقه در یک مربع به ابعاد ۲/۴ متر با سه شیار مورب در داخل مربع ایجاد می‌شود و دو لایه سیم پیچیده می‌شود به‌طوری‌که جریان‌های داخلی سیم‌های مجاور در یک جهت باشند. سیم‌ها در گوشه‌های حلقه باید گرد شوند تا صدمه نبینند، این شکل حلقه اغلب در محل‌هایی که تردد دوچرخه زیاد است نصب می‌شود.



شکل ۲-۱۰- پوشش عرض توسط حلقه تشخیص دوچرخه

در شکل ۲-۱۱ روشی مطمئن برای تشخیص دوچرخه با دو حلقه چهارقطبی کنار همدیگر که در مسیر حرکت دوچرخه قراردارد نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۱۱- طرح حلقه تشخیص دوچرخه با استفاده از حلقه‌های چهارقطبی پهلو به پهلو

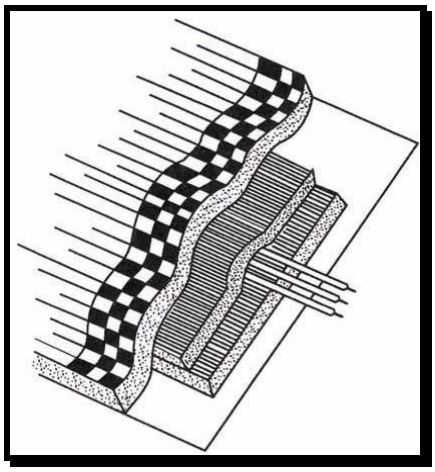
۲-۱-۱-۱-۷- حلقه القایی سیار

شناسگر حلقه القایی سیار یا موقت همانطور که از نام آن پیداست، قابل جابجایی بوده و قابلیت نصب و ترددشماری در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت را در محورهای مختلف دارد. با توجه به تفاوت ساختار فیزیکی و ضوابط نصب و اجرای ترددشمار القایی سیار نسبت به ترددشمار حلقه القایی ثابت، این نوع ترددشمار در این قسمت به طور جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

تاکنون انواع شناسگر حلقه‌القایی سیار بادوام و به صرفه اقتصادی توسط شرکت‌های سازنده برای شمارش وسیله، اندازه‌گیری سرعت، طبقه‌بندی وسایل و اندازه‌گیری وزن درحال حرکت طراحی و ساخته شده‌اند. به طور کلی شناسگر حلقه القایی سیار به دو نوع مدل کف‌پوش[1] و حلقه القایی سیار باز[2] تقسیم می‌شود. مدل کف‌پوش شامل یک کفپوش لاستیکی بادوام است که در آن چندین دور سیم جاسازی می‌شود. کفپوش‌ها معمولا دارای عرضی کمتر از عرض معمول حلقه القایی (۱/۸ متر) هستند و ابعاد استاندارد آنها از ۱/۲– ۱/۸ تا ۰/۹–۱/۸ متغیر است. مدل حلقه القایی سیار باز یک نوع حلقه القایی سیار با ابعاد ۱/۲ ×۱/۸ است که از یک ساندویچ پنج لایه‌ای مطابق شکل ۲-۱۲ تشکیل شده است. لایه تحتانی یک صفحه کاغذی به عرض ۱۰/۱۶ سانتی‌متر است که نقش آن محافظت از نوار پهن با ترکیب قیر پلاستیکی چسبناک به عرض ۵/۰۸ سانتی متر است. لایه بالایی از جنس پلی اتیلن چگال است. این لایه در واقع بستر سه دور سیم‌پیچ است. یک لایه مشابه ۵/۰۸ سانتی‌متری این سیم‌پیچ را می‌پوشاند. لایه فوقانی شامل یک نوار پهن با ترکیب قیری چسبناک به عرض ۱۰/۱۶ سانتی‌متر است که استحکام آن توسط یک توری بافته شده از پروپلین تقویت شده است. این نوع حلقه القایی سیار به صورت پیش‌ساخته است.

[1] Mat-Type Loop
[2] Open loop configuration

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۱۲- پنج لایه حلقه القایی سیار باز

به طور کلی ساختار فنی و عملکرد این نوع شناسگرها مشابه حلقه القایی دائمی است، با این تفاوت که برای نصب آنها نیاز به تخریب روسازی راه نیست، بلکه با استفاده از میخ و پیچ در سطح روسازی نصب می‌شوند. بنابراین فرآیند نصب آنها سریع‌تر است. علاوه براین در بسیاری موارد حلقه القایی سیار به صورت پیش‌ساخته به محل نصب منتقل می‌شود. در شکل ۲-۱۳ یک نمونه از حلقه القایی سیار نصب شده نمایش داده شده است.

شکل ۲-۱۳- یک نمونه از حلقه القایی سیار نصب شده در سطح روسازی راه

بطور کلی اطلاعات ترافیکی که می‌توان از حلقه‌های القایی متداول بدست آورد شامل: حضور خودرو، عبور خودرو، شمارش خودرو و ضریب اشغال[1] است. اگرچه حلقه‌های القایی مستقیما نمی‌توانند سرعت را اندازه‌گیری کنند، اما می‌توان سرعت را با استفاده از دو حلقه القایی و یک الگوریتم که ورودی آن طول حلقه‌القایی، طول متوسط خودرو و زمان عبور از روی آشکارساز و تعداد خودروهای

[1] Occupancy

omoorepeyman.ir

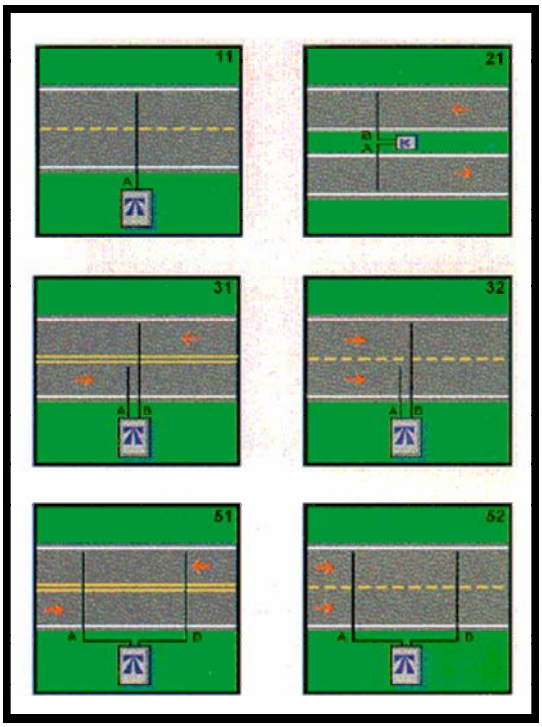
عبوری است، اندازه‌گیری کرد. طبقه‌بندی وسایل نقلیه توسط مدل‌های جدیدتر حلقه‌های القایی انجام می‌شود. در این مدل‌ها واحد الکترونیکی حلقه‌های القایی را با فرکانس بالاتری به نوسان در می‌آورند، که طول قسمت ویژه فلزی خودرو را مشخص می‌کند.
عملکرد حلقه‌های القایی کاملا شناخته شده و آشناست و برای اندازه‌گیری و دستیابی به تمام پارامترهای پایه‌ای ترافیکی حجم، حضور، ضریب اشغال، سرعت، سر فاصله و فاصله دو خودرو قابل استفاده است و از این جهت یک فن‌آوری کامل محسوب می‌شود. همانند تیوپ‌های بادی هزینه تجهیزات حلقه‌های القایی در مقایسه با هزینه شناسگرهای غیر مختل‌کننده کمتر است. یکی دیگر از مزیت‌های حلقه‌های القایی انعطاف‌پذیری در طراحی آنها است که باعث برآورده شدن نیاز بسیاری از کاربردها ترافیکی می‌شود.
برخی مشکلات استفاده از حلقه‌های القایی ایجاد اختلال درجریان ترافیک هنگام نصب، تعمیر و نگهداری و حساسیت زیاد نسبت به نصب صحیح و استاندارد است. در اکثر موارد برای اندازه‌گیری پارامترهای یک منطقه به چندین حسگر نیاز است. روکش مجدد آسفالت، تعمیر آسفالت و ادوات کنار جاده نیز ممکن است به حسگرها آسیب برساند، در ضمن سیم‌پیچ‌حلقه‌ها همواره تحت تاثیر دما و فرسایش ترافیکی قرار دارند.

۲-۱-۱-۲- تیوپ‌های بادی

لوله‌های بادی یکی از انواع شناسگرهای مورد استفاده برای ترددشماری کوتاه‌مدت و موقت است. اصول کارکرد این سیستم به این شکل است که با عبور لاستیک چرخ وسایل‌نقلیه از روی یک لوله لاستیکی پر از هوا، یک پالس (وقفه) بصورت فشار هوا درون لوله ایجاد شده و این فشار باعث بسته شدن یک سوییچ هوایی می‌شود که در نتیجه تولید یک سیگنال الکتریکی می‌کند و این سیگنال به یک شمارنده یا نرم افزار تحلیل‌گر منتقل می‌شود. حسگرهای بادی قابل حمل بوده و از باطری‌های قابل شارژ به عنوان منبع تغذیه استفاده می‌کنند.
لوله‌های بادی بطور عمود بر جریان ترافیک نصب می‌شوند و عمدتاً برای تردد شماری کوتاه‌مدت، طبقه‌بندی وسایل‌نقلیه بر اساس فاصله محورها و مقاصد تحقیقاتی استفاده می‌شوند. از بعضی مدل‌های آن می‌توان برای جمع‌آوری اطلاعات به منظور محاسبه پارامترهای ترافیکی مانند فاصله میان خودروها، زمان توقف در چهارراه‌ها، زمان تأخیر تابلوی توقف، نرخ اشباع جریان ترافیک، سرعت لحظه‌ای و زمان سفر هنگامی که همراه با حسگر عبور وسیله‌نقلیه[1] به کار روند، استفاده نمود.
از مزایای لوله‌های بادی می‌توان به نصب سریع برای آمارگیری‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت و مصرف کم انرژی اشاره کرد. قیمت این حسگرها معمولاً کم و نگهداری آنها ساده است. کارخانجات سازنده این حسگر نرم‌افزاری را برای پردازش اطلاعات آن به همراه بسته سخت افزاری ارائه می‌کنند. از معایب عمده این حسگرها می‌توان به کاهش دقت شمارش در شرایط زیاد بودن حجم تردد وسایل‌نقلیه سنگین و همچنین قطع شدن حسگر بر اثر عبور این نوع از وسایل‌نقلیه اشاره نمود.
نمونه‌ای از برخی از این تجهیزات در دوره‌های مختلف در کشور مورد استفاده قرار گرفته است.
در شکل ۲-۱۴ نیز روش‌های مختلف قرار گرفتن لوله‌ها را برای طبقه‌بندی وسایل‌نقلیه در راه‌های چندخطه و یک خطه نشان می‌دهد. هر یک از شکل‌های نشان داده شده منجر به جمع‌آوری اطلاعات خاصی می‌گردد.

omoorepeyman.ir

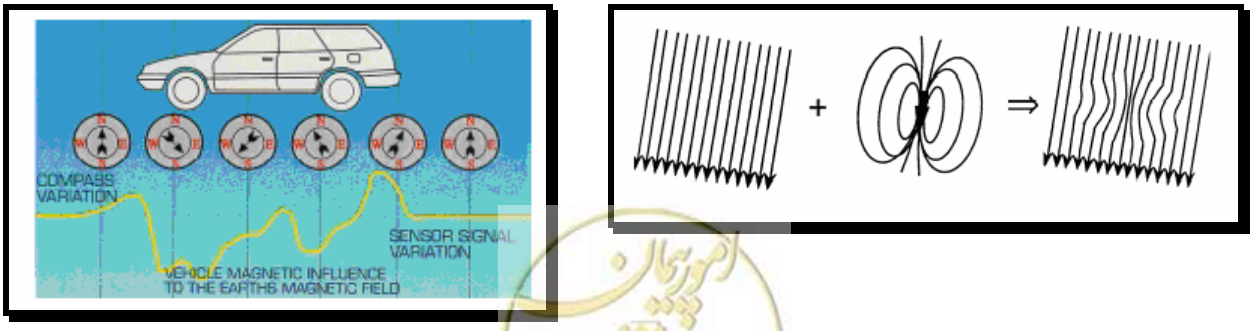
[1] Veichle transmission Sensor



شکل ۲-۱۴- نحوه قرارگیری حسگرهای بادی در انواع جاده‌ها

۲-۱-۱-۳- شناسگرهای مغناطیسی

شناسگرهای مغناطیسی در دهه ۶۰ میلادی به عنوان جایگزین حلقه‌های القایی معرفی شدند. این شناسگرها عناصر غیر فعالی هستند که حضور اجسام فلزی را با آشکار کردن اختلال در میدان مغناطیسی زمین مشخص می‌کنند. شکل ۲-۱۷ اختلال بوجود آمده در میدان مغناطیسی زمین را توسط دو قطبی مغناطیسی نشان می‌دهد. یک مثال از دوقطبی مغناطیسی، میدان انرژی اطراف قطعات فلزی یک وسیله‌نقلیه است که وارد ناحیه آشکارسازی شناسگر مغناطیسی می‌شود. شکل ۲-۱۷- الف جمع برداری میدان دو قطبی مغناطیسی و میدان مغناطیسی زمین را نشان می‌دهد که تولید اغتشاش مغناطیسی می‌کند و در شکل ۲-۱۷- ب اثر چندین دو قطبی مغناطیسی موجود در یک خودرو بر حسگرها و خروجی آنها را نشان داده شده است.



الف- تاثیرات دوقطبی مغناطیسی در میدان مغناطیسی زمین ب- تاثیر جسم فلزی بر میدان مغناطیسی زمین

شکل ۲-۱۷- اغتشاش در میدان مغناطیسی زمین توسط یک دو قطبی مغناطیسی

omoorepeyman.ir

شناسگرهای مغناطیسی برای ترددشماری ثابت و سیار کاربرد دارد. به طور کلی دو نوع شناسگر مغناطیسی برای تردد شماری ثابت مورد استفاده قرار می‌گیرد: مغناطیس‌سنج دو محوری[۱] و آشکارساز مغناطیسی[۲].

انواع شناسگرهای مغناطیسی نیز برای ترددشماری سیار کاربرد دارد.

۲-۱-۱-۳-۱- مغناطیس‌سنج دو محوری

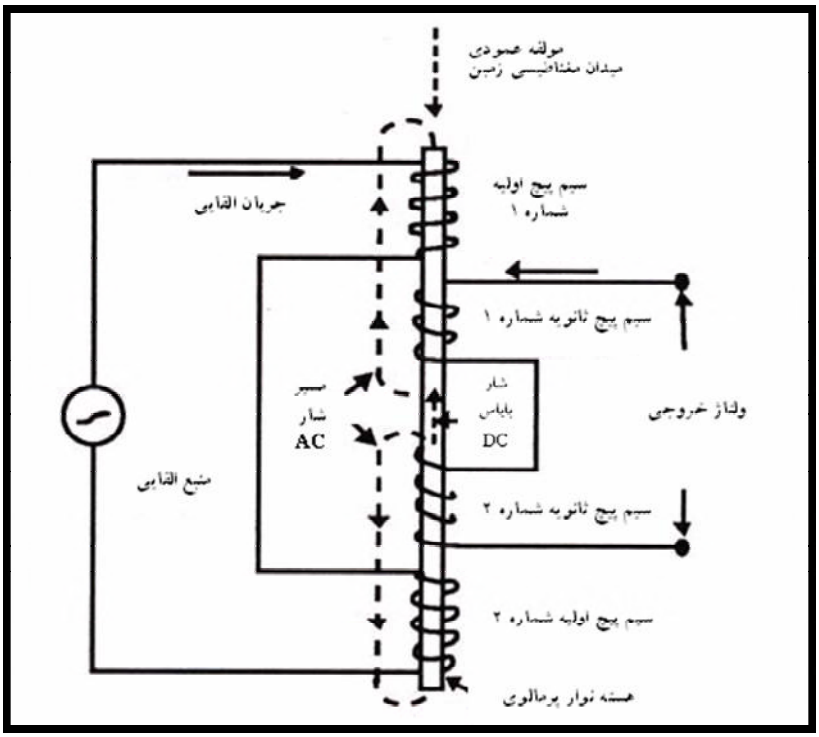
مغناطیس‌سنج دو محوری قابلیت شناسایی وسایل‌نقلیه در حال ایست و حرکت را دارد. این شناسگر تغییرات میدان مغناطیسی زمین در جهت افقی و عمودی را که توسط ادوات فلزی وسیله‌نقلیه بوجود می‌آید آشکار می‌کند. حسگر مغناطیس سنج دو محوری مشتمل بر یک سیم‌پیچ‌اولیه و دو سیم‌پیچ‌ثانویه است. یکی از سیم‌پیچ‌های ثانویه مغناطیس‌سنج دومحوری، جزء عمودی را آشکار می‌کند و سیم‌پیچ‌دیگر نیز با اختلاف زاویه ۹۰ درجه، تغییرات افقی در میدان مغناطیسی را حس می‌کند. سیم‌پیچ‌ها به دور یک هسته استوانه‌ای که از مواد مغناطیسی نرم ساخته شده است، پیچیده شده‌اند و تشکیل یک حسگر مغناطیسی[۳] را می‌دهند. هنگام عبور وسیله‌نقلیه از منطقه آشکارسازی، اختلال در میدان مغناطیسی زمین به صورت تغییرات ولتاژ در مدار الکترونیکی شناسگر در می‌آید و عبور خودرو از منطقه آشکارسازی به صورت تغییر ولتاژ بیش از یک آستانه از پیش تعیین شده است. در حالتی که حضور وسیله‌نقلیه آشکار می‌شود، خروجی حسگر تا زمانی که وسیله‌نقلیه از منطقه آشکارسازی خارج نشده باشد در حالت آشکارسازی باقی می‌ماند. معمولاً محور افقی مغناطیس‌سنج را در جهت جریان ترافیک تنظیم می‌کنند تا آشکارسازی درون خط را فراهم کند و اثر وسایل‌نقلیه خطوط مجاور را حذف کنند. هرگاه مغناطیس‌سنج در حالت پالس باشد عبور وسایل‌نقلیه را آشکار می‌کند. در حالت حضور تا زمانی که جزء عمودی یا افقی میدان از حد آستانه بیشتر باشد مغناطیس‌سنج یک خروجی دائمی دارد.

شکل ۲-۱۶ پیکربندی مربوط به هسته و سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه مغناطیس‌سنج را نشان می‌دهد. هسته و سیم‌پیچ‌ها یک عنصر ترانس مانند کوچک را پدید می‌آورند. دو سیم‌پیچ‌اولیه و دو سیم‌پیچ‌ثانویه به دور یک هسته از جنس پرمالوی[۴] (خانواده‌ای از آلیاژ آهن و نیکل که از نظر مغناطیسی نرم است و تحت تأثیر نیروهای کم، نفوذپذیری و گذردهی زیادی از خود نشان می‌دهند) پیچیده شده‌اند تا به گونه‌ای عمل کنند که خاصیت اشباع مغناطیسی را تولید کنند.

جنس بدنه معمولاً از پلی اورتان[۵] است تا مقاومت بیشتری در برابر سایش داشته باشد. همچنین این بدنه از نفوذ رطوبت به حسگر نیز جلوگیری می‌کند و در مقابل تمام فرآورده‌های نفتی که در موتور وسایل‌نقلیه بکار می‌روند مقاوم است. اگر روسازی ضعیف و نرم باشد ممکن است باعث کج شدن حسگرهای نصب شده در جاده شود که منجر به عملکرد نادرست شناسگر یا عدم عملکرد آن می‌شود. به همین دلیل استفاده از یک لوله PVC بلند برای قرار دادن شناسگرها توصیه می‌شود.

omoorepeyman.ir

[1] Two-axis fluxgate magnetometer
[2] Magnetic detector
[3] Magnetic probe
[4] Permalloy
[5] polyurethane



شکل ۲-۱۶- مدار الکتریکی شناسگر مغناطیسی

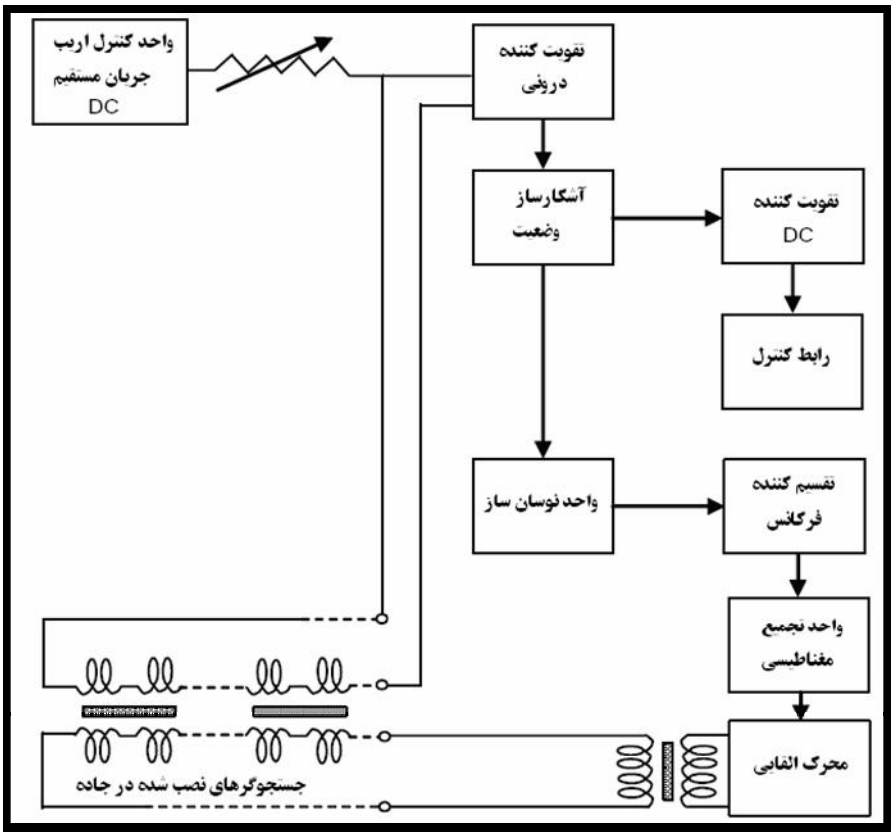
شکل ۲-۱۷ نمودار یک مغناطیس‌سنج و واحد الکترونیک مربوطه را که عمل تقویت سیگنال را انجام می‌دهد، نشان می‌دهد که میدان مغناطیسی محیط را پایدار می‌کند و به ۱۶ آمپر در متر می‌رساند(۲۰۰۰۰ گاما). سایه مغناطیسی که توسط وسیله‌نقلیه بوجود می‌آید، میدان مغناطیسی محل را حدود ۲۰ درصد افزایش می‌دهد. عملکرد سوئیچ گونه مواد مغناطیسی، سیگنالی را تولید می‌کند که چند برابر این مقدار است. این روش آشکارسازی حداکثر حساسیت و حداکثر مقدار سیگنال به نویز را فراهم می‌کند.

حساسیت آشکارسازی مغناطیس‌سنج

از آنجایی که مغناطیس‌سنج‌ها عناصر غیر فعالی هستند و انرژی از خود منتشر نمی‌کنند، باید بخشی از وسیله‌نقلیه از روی آنها عبور کند تا شناسایی شود. در نتیجه مغناطیس‌سنج‌ها می‌توانند دو وسیله نقلیه را که حداقل ۳۰ سانتی‌متر از هم فاصله دارند، تشخیص دهند که این دقت از دقت حلقه‌های القائی بیشتر است.

در عوض مغناطیس‌سنج‌ها قادر به تعیین موقعیت دقیق نیستند و نمی‌توانند پیرامون یک وسیله‌نقلیه را درست تشخیص دهند. این عدم دقت در حدود ۴۵ سانتی‌متر است. بنابراین در کاربردهای مدیریت ترافیک به ندرت از یک مغناطیس‌سنج مستقل برای تعیین سرعت و ضریب اشغال استفاده می‌کنند. در این موارد ترجیحاً از دو مغناطیس‌سنج نزدیک به هم استفاده می‌شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۱۷- مغناطیس‌سنج دومحوری و واحد الکترونیکی معادل مدار الکتریکی

مغناطیس‌سنج‌ها به اندازه کافی حساس هستند، به‌طوری‌که هرگاه دوچرخه‌ای از فاصله ۱/۲ متری دو مغناطیس‌سنج که در عمق ۱۶ سانتی‌متری زمین به فاصله ۹۰ سانتیمتر از هم نصب شده‌اند و به یک واحد الکترونیکی متصل هستند عبور کند، قابل تشخیص است. همچنین می‌توانند حضور یک خودرو را تا زمان قابل توجهی نگهداری کنند. در ضمن تداخل بین دو مغناطیس‌سنج نیز وجود ندارد و همچنین در مغناطیس‌سنج‌های دو محوری نیازی به حرکت خودرو جهت تشخیص آن نیست.

واحد الکترونیک

یک کانال واحد الکترونیک می‌تواند تا ۱۲ مغناطیس‌سنج را که بطور سری به هم متصل شده‌اند پشتیبانی کند، اما در این حالت حساسیت بین مغناطیس‌سنج‌ها تقسیم می‌شود.

واحدهای الکترونیکی معمولاً با چندین مدل مغناطیس‌سنج قابل تطبیق هستند. بعضی از واحدها فقط دارای تقویت سیگنال و یک خروجی رله یا مدار مجتمع که نشان‌دهنده حضور یا عبور وسیله‌نقلیه است، هستند. اما بعضی از مدل‌ها امکانات اضافی نظیر جبران‌سازی پس زمینه و یا انتخاب حساسیت را ارایه می‌دهند. همچنین بعضی از مدل‌ها شامل دو یا تعداد بیشتری کانال آشکارسازی مستقل هستند که به هر کدام بین ۱ تا ۱۲ مغناطیس‌سنج متصل می‌شود.

عمل کالیبراسیون برای جبران اثر میدان‌های مغناطیسی اطراف جاده انجام می‌شود. قبل از عمل کالیبراسیون سیستم از عدم وجود هرگونه شیء فرومغناطیس متحرک تا فاصله ۶ متری مغناطیس‌سنج مطمئن می‌شود. در بعضی از مدل‌ها برای هر کانال دکمه کالیبراسیون برای خنثی کردن میدان‌های مغناطیسی اطراف مغناطیس‌سنج در نظر گرفته شده است.

omoorepeyman.ir

بطور متداول برای هر واحد الکترونیک چهار مد عملکرد ارایه می‌شوند که قابل انتخاب از پنل واحد الکترونیک هستند و شامل:

– حضور: خروجی تا زمانی وسیله‌نقلیه بر روی شناسگر قرار دارد فعال است.

– حضور توسعه داده شده: خروجی تا زمان قابل تنظیمی که حداکثر ۵ ثانیه است پس از خروج وسیله نقلیه از روی شناسگر فعال است.

– پالس: یک خروجی پالسی در ۴۰ میلی ثانیه اول حضور وسیله نقلیه بر روی شناسگر تولید می‌شود و تا زمانی که وسیله نقلیه بر روی شناسگر قرار دارد پالس دیگری تولید نمی‌شود.

– پالس جلوگیری شده: از تولید پالس به مدت قابل تنظیم تا ۵ ثانیه پس از خروج وسیله نقلیه بر روی شناسگر جلوگیری می‌شود در این روش از تولید چند پالس برای تریلرها و دیگر وسایل‌نقلیه بلند جلوگیری می‌شود.

اطلاعاتی که مغناطیس‌سنج‌ها به ما می‌دهند شبیه اطلاعاتی است که حلقه‌های القائی فراهم می‌کنند. بطور کلی شناسگرهای مغناطیسی قادر به شناسایی وسایل‌نقلیه ساکن بر روی پل‌های فلزی و راه آهن که در آنها عملکرد حلقه‌های القایی به علت وجود فلز مختل می‌شود یا اینکه ساختار ضعیف‌تری دارند، هستند. همچنین این شناسگرها بصورت موقت در آزادراه‌ها و سطح خیابان‌ها و چراغ‌های راهنمایی نصب می‌شوند. استفاده از پردازشگرهای دیجیتال مدرن و همچنین تکنولوژی مخابرات رادیویی در فضای آشکارسازی اختلال مغناطیسی، منجر به تولید طرح‌های جدیدی شده است. مانند آشکارساز وسایل‌نقلیه خود تغذیه و مغناطیس‌سنج‌های حفره‌ای. به علاوه استفاده از آرایه ای از این شناسگرها در یک پردازنده سیگنال مشترک امکان مکان‌یابی، رهگیری و طبقه‌بندی وسایل‌نقلیه را در یک سناریوی چند خطه که از شناسگرهای رو سطحی نیز استفاده می‌کند فراهم می‌کند.

شناسگرهای مغناطیسی جدید برای عبور خودرو از یک نقطه یا یک منطقه کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از این شناسگرها برای شمارش وسایل‌نقلیه نیز سودمند است. شناسگرهای مغناطیس‌سنج دو محوری مدرن هم برای آشکارسازی حضور وسایل‌نقلیه و هم برای شمارش وسائط نقلیه بکار می‌روند. بر خلاف حلقه‌های مغناطیسی، شناسگرهای مغناطیسی بر روی پل‌ها که پوشش فلزی دارند نیز قابل استفاده هستند. همچنین حسگر شناسگرهای مغناطیسی و سیم‌های رابط در راه‌هایی که روسازی مناسبی ندارند، طول عمر بیشتری نسبت به حلقه‌ها دارند. مزیت دیگر شناسگرهای مغناطیسی این است که نیاز به عمق برش کمتری دارند. اما آنها نیاز به برش آسفالت یا ایجاد تونل در زیر روسازی دارند که در حین نصب آنها لازم است جاده بسته شود. عموماً شناسگرهای مغناطیسی خودروهای متوقف را شناسایی نمی‌کنند و منطقه آشکارسازی کوچکی دارند.

۲-۱-۱-۳-۲- آشکارسازهای مغناطیسی

نوع دوم شناسگرهای مغناطیسی، آشکارساز مغناطیسی است. آشکارساز مغناطیسی وسیله‌ای ساده، ارزان و مقاوم است که فقط قابلیت ایجاد یک پالس خروجی را دارد. این وسیله قابل استفاده برای چراغ‌های راهنما یا شمارش ساده خودرو است. بعضی از این نوع شناسگرها را درون لوله‌ای غیرمغناطیسی قرار می‌دهند و درون سوراخی در جاده نصب می‌کنند. بعضی دیگر را در زیر پل‌ها یا حفره‌های درون جاده نصب می‌کنند.

این شناسگر حضور خودرو را با تغییر در خطوط شار میدان مغناطیسی در اثر تغییر مقدار میدان به علت حرکت بخش فلزی خودرو در منطقه آشکارسازی، آشکار می‌کند. در این سیستم یک سیم‌پیچ وجود دارد که به دور میله‌ای از جنس مواد مغناطیس شونده پیچیده

omoorepeyman.ir

شده است. همانند مغناطیس‌سنج، این آشکارساز نیز هنگامی که یک جسم مغناطیسی[1] در منطقه آشکارسازی، میدان مغناطیسی زمین را آشفته کند، ولتاژی متناسب با آن اغتشاش تولید می‌کند. با این وجود اکثر آشکارسازهای مغناطیسی، خودروهای متوقف را شناسایی نمی‌کنند و لازم است خودروی در حال حرکت در میدان مغناطیسی آنها تغییراتی برحسب زمان ایجاد کند تا شناسایی شود.

آشکارسازهای مغناطیسی به اختلال میدان مغناطیسی زمین ناشی از حرکت خودرو از ناحیه آشکارسازی نیز پاسخ می‌دهند. در تمام آشکارسازهای مغناطیسی محور سیم‌پیچ، عمود بر جریان ترافیک نصب می‌شود. اغتشاش در خطوط شار میدان زمین و با توجه به مدت زمان اغتشاش موجب القاء ولتاژ کوچکی در حلقه می‌شود که در واحد الکترونیک تقویت می‌شود. کنترلر این سیگنال را به معنای عبور خودرو تفسیر می‌کند و اگر لازم باشد سیگنالی به واحدهای دیگر می‌فرستد.

آشکارسازهای مغناطیسی دارای یک هسته با قابلیت نفوذپذیری مغناطیسی بالا هستند که چندین سیم‌پیچ با تعداد دور بالا با سیم‌های نازک به دور آن پیچیده و با هم سری شده‌اند. اغتشاش خطوط میدان، ناشی از حرکت وسایل‌نقلیه تولید ولتاژ می‌کند. حداقل سرعت لازم برای آشکارسازی بین ۵ تا ۱۶ کیلو متر بر ساعت است. به همین دلیل یک آشکارساز به تنهایی نمی‌تواند حضور خودرو را آشکار کند و فقط عبور خودرو را آشکار می‌کند اما با نصب چندین آشکارساز و اتصال آنها به یک سیگنال پردازنده ویژه می‌توان حضور وسیله نقلیه را نیز آشکار کرد.

عمدتاً آشکارسازهای مغناطیسی به اغتشاشات میدان ناشی از عبور خودروهای خطی که در زیر آن نصب شده‌اند پاسخ می‌دهند و به اغتشاشات خطوط مجاور پاسخ نمی‌دهند با این حال پردازنده‌های سیگنال جدید به گونه‌ای طراحی شده‌اند که اثر کم خطوط مجاور را نیز حذف می‌کنند.

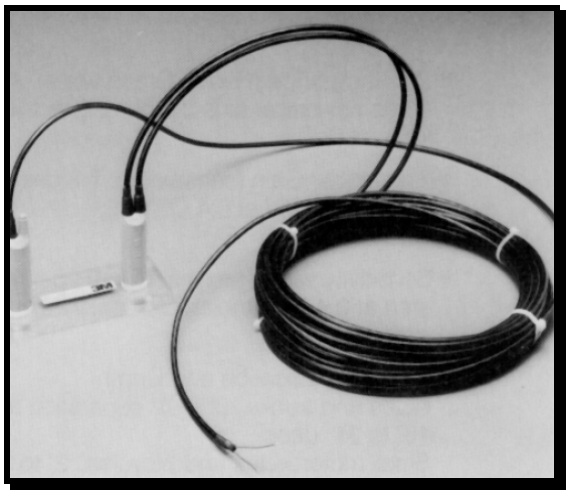
این آشکارسازها اطلاعات سرعت، حجم ترافیک، ضریب اشغال و همچنین طول خودرو را فراهم می‌کنند. مسائل و ظوابطی که باید برای انتخاب این نوع آشکارسازها در نظر گرفته شود، شامل: دقت در اندازه‌گیری حجم ترافیک، حساسیت، نرخ دیتا خروجی، نیاز نداشتن به آشکارسازی وسایل‌نقلیه متوقف و هزینه، هستند. آشکارسازهای مغناطیسی مناسب نصب در محورهای برف‌گیر و کوهستانی هستند که در آنها خطر قطع سیم‌های حسگر وجود دارد یا در مکان‌هایی که نمی‌توان سطح جاده را شکاف داد یا مناطق گرمسیر که آسفالت در اثر حرارت نرم می‌شود.

مغناطیس‌سنج‌های دو محوری در مقایسه با آشکارسازهای مغناطیسی در مقابل تنش‌های ترافیکی کمتر آسیب‌پذیر هستند. همچنین سیم‌پیچ‌های جستجو کمتر از حلقه‌های القایی تحت تاثیر فشار ترافیک قرار می‌گیرند. با این حال از سیم‌پیچ‌های جستجو در جایی استفاده می‌شود که استفاده از حلقه‌های القایی امکان‌پذیر نباشد و این به دلیل قیمت نسبتاً بالای آنها است. بعضی از مدل‌های آنها نیز روی جاده نصب می‌شوند، بدون اینکه نیاز به برش آسفالت باشد.

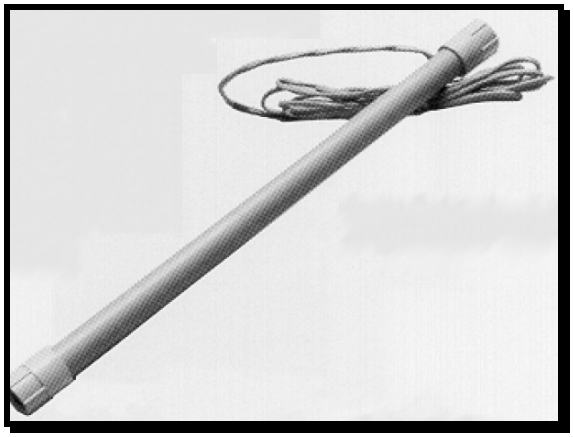
مدل‌های آشکارسازهای مغناطیسی بسته به نحوه نصب و اندازه متفاوت است. در اشکال ۲-۱۸ و ۲-۱۹ دو نوع عمده آشکارسازهای مغناطیسی به نام‌های حسگر ریز حلقه‌ای[2] و حسگر آشکارساز[3] که در زیر سطح آسفالتی جاده نصب می‌شوند، نمایش داده شده است.

omoorepeyman.ir

[1] Ferromagnetic
[2] Microloop probe
[3] Detector probe



شکل ۲-۱۸- مدل آشکارساز مغناطیسی ریزحلقه‌ای



شکل ۲-۱۹- مدل جستجوگر آشکارساز

برای نصب حسگرهای آشکارساز، در سطح جاده تونلی به عمق ۳۵ تا ۶۱ سانتی‌متر حفاری می‌شود. سپس حسگر مذکور در یک پوشش پلاستیکی غیر فلزی یا یک لوله آلومینیومی قرار می‌گیرد و در تونل حفر شده جاسازی می‌شود. در پل‌ها، حسگر در زیر سازه دقیقا در مرکز خط عبور ترافیکی نصب می‌شود.

برای نصب حسگر ریز حلقه‌ای، این حسگر در یک حفره حفاری شده به قطر ۲/۵ سانتی‌متر و عمق ۴۰-۶۱ سانتی‌متر جاسازی می‌شود. اغلب دو یا بیشتر حسگر ریز حلقه‌ای توسط حلقه‌های سیمی به صورت یک مجموعه سری به هم متصل می‌شوند و ترددشماری یک گروه از انواع وسایل‌نقلیه را در خطوط مورد نظر راه پوشش می‌دهند.

شناسگر مغناطیسی سیار

شناسگر مغناطیسی سیار به عنوان یکی از پرکاربردترین ابزار ترددشماری کوتاه‌مدت مطرح است. این شناسگر بسیار سبک بوده و در مرکز خطوط عبور جاده به منظور شمارش تعداد و انواع وسایل‌نقلیه نصب می‌شود و دارای حسگرهایی با قابلیت القای مغناطیسی بسیار زیاد است که می‌تواند با عبور وسیله‌نقلیه از بالا یا نزدیکی دستگاه، بدون هرگونه تماس فیزیکی طول وسیله‌نقلیه را با تقریب

omoorepeyman.ir

مناسب اندازه‌گیری نماید. در واقع با عبور وسیله‌نقلیه تغییری در میدان مغناطیسی حسگر ایجاد می‌شود که از این طریق، طول و سرعت وسیله‌نقلیه توسط دستگاه، اندازه‌گیری و ثبت می‌شود.

برخی از انواع شناسگرهای مغناطیسی سیار علاوه بر طول و سرعت وسیله‌نقلیه، اطلاعات مربوط به دمای سطح روسازی و شرایط رطوبت آن (خشک/ مرطوب) را نیز اندازه‌گیری می‌نماید. اطلاعات مربوط به شرایط آب و هوایی به مهندسین ترافیک در تحلیل شرایط ترافیکی جاده و آمار تصادفات کمک می‌کند.

۲-۱-۲- شناسگرهای توزین درحال حرکت

شناسگرهای توزین حین حرکت به سیستم‌هایی اطلاق می‌شود که قابلیت اندازه‌گیری وزن وسایل نقلیه بدون نیاز به توقف، را دارند. این سیستم‌ها وزن خودروهای سنگین و همچنین وزنی را که هر محور و هر چرخ تحمل می‌کند، تخمین می‌زنند و قابلیت توزین در سرعت‌های مختلف را دارند، به طوریکه از این لحاظ می‌توان سیستم‌های توزین حین حرکت را به سه دسته کلی تقسیم کرد: سیستم توزین حین حرکت با سرعت‌های کم (محدودهٔ سرعت تا ۱۶ کیلومتر بر ساعت)، سیستم توزین حین حرکت با سرعت‌های متوسط (محدوده سرعت ۱۶ تا ۴۸ کیلومتر بر ساعت)، و سیستم توزین حین حرکت با سرعت‌های بالا (سرعت در حدود ۸۸ کیلومتر بر ساعت). همچنین برخی سیستم‌های توزین حین حرکت دارای قابلیت انتقال نیز هستند، به طوریکه بسته به شرایط می‌توان از این نوع سیستم‌ها در محل‌های مختلف استفاده کرد.

سیستم‌های توزین در حال حرکت، ظرفیت ایستگاه‌های توزین بار را بالا می‌برند، به این معنی که تعداد بیشتری توزین با کمک این ابزار در واحد زمان قابل انجام خواهد بود. سیستم‌های توزین در حال حرکت قابلیت ثبت اطلاعات مربوط به تاریخ، زمان، حجم تردد، سرعت و طبقه‌بندی وسایل نقلیه را دارند. طراحان راه از آمار تعداد، وزن و فاصله محورهای وسایل نقلیه و همچنین محور معادل استاندارد برای تعیین اثر وسایل‌نقلیه سنگین بر روسازی و سازه‌های راه استفاده می‌کنند. سازندگان این دستگاه‌ها لازم است، نرم‌افزار تحلیل اطلاعات و کالیبراسیون دستگاه را نیز به همراه محصول خود ارائه دهند.

اطلاعات فراهم‌شده توسط این سیستم‌ها در امر برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت تعمیر و نگهداری راه‌ها، مطالعات روسازی راه، طراحی و تعمیر و نگهداری پل‌ها، تجزیه و تحلیل الگوهای حمل‌ونقل به منظور مطالعات ترافیکی و اعمال قانون در مورد اضافه بار وسایل نقلیه بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد، چرا که با توجه به مطالعات انجام گرفته بر روی روسازی‌ها و بررسی اثرات اضافه بار بر آنها، افزایش اضافه بار منجر به کاهش سریع قابلیت خدمت‌دهی روسازی و در نتیجه نیاز به تعمیر و نگهداری در کوتاه مدت می‌گردد.

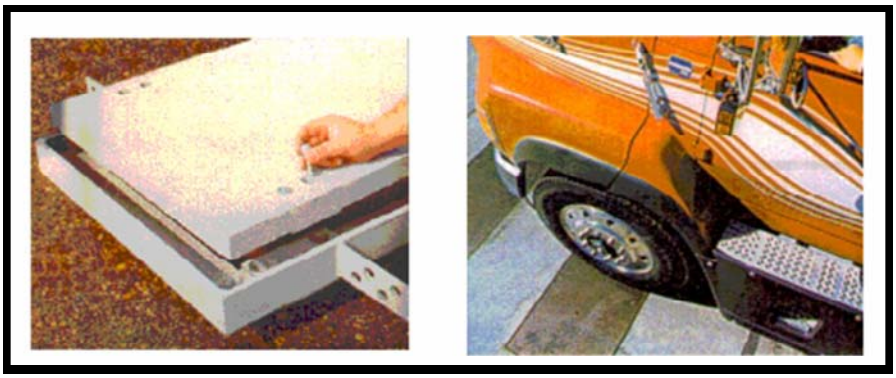
به طور کلی سیستم‌های توزین در حال حرکت براساس نحوه عملکرد و تکنولوژی ساخت به چهار نوع فن‌آوری صفحات خمشی[1]، حسگرهای پیزوالکتریک[2]، سلول‌های بار[3]، و کفپوش‌های خازنی[4] تقسیم می‌شوند. در میان سیستم‌های توزین حین حرکت، سیستم سلول بار علیرغم سرمایه اولیه زیاد، به دلیل دقت بالا، طول عمر زیاد و هزینه نگهداری کم بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

omoorepeyman.ir

[1] Bending Plate
[2] Pizoelectric
[3] Load Cell
[4] Capacitance Mat

۲-۱-۲-۱- صفحات خمشی

صفحات خمشی از حسگرهای فشارسنج که در زیر آنها نصب شده‌اند، استفاده می‌کنند. مطابق شکل ۲-۲۰ هربار که وسیله نقلیه‌ای از روی این حسگرها عبور می‌کند، فشار حاصل از وزن چرخ وسیله نقلیه اندازه‌گیری می‌شود و با استفاده از آن میزان بار دینامیکی محاسبه می‌گردد. بار استاتیکی با اعمال ضرایب ویژه (این ضرایب بر اساس سرعت وسیله نقلیه و خصوصیات دینامیکی روسازی تعیین می‌شود) مانند ضریب وزن بر بار دینامیکی محاسبه می‌شود.



شکل ۲-۲۰- حسگرهای صفحات خمشی

صفحات خمشی دارای دو بخش هستند. هر بخش در مسیر عبور وسایل نقلیه و عمود بر جریان ترافیک نصب می‌شود. روش‌های مختلفی برای نصب این دو بخش روی سطح جاده وجود دارد. اصولا هر بخش برای اندازه‌گیری وزن چرخ‌های یک طرف وسیله نقلیه مورد استفاده قرار می‌گیرد. یک روش نصب قرار دادن دو بخش در کنار یکدیگر و روش دیگر بصورت شطرنجی با فاصله ۵ متر است. در محورهایی که حجم تردد کم باشد، می‌توان از یک حسگر توزین در حال حرکت برای چرخ راست یا چپ استفاده کرد. به همراه سیستم توزین درحال حرکت، از سیستم حلقه‌های القایی برای شناسایی ورود خودرو به محدوده عملیاتی و اندازه‌گیری سرعت آن استفاده می‌شود. به این منظور دو حلقه‌های القایی قبل و بعد از حسگرهای توزین نصب می‌شود.

از مزایای مهم صفحات خمشی این است که این سیستم‌ها را می‌توان هم برای جمع‌آوری آمار تردد و هم برای توزین وسایل نقلیه سنگین استفاده کرد. دقت این سیستم‌ها از حسگرهای پیزوالکتریک بالاتر و از سلول‌های بار کمتر است. صفحات خمشی نیاز به تعویض کامل حسگر ندارند اما هر ۵ سال یک بار نیاز به بازسازی دارند. با این حال حسگرهای خمشی دقت حسگرهای سلول بار را ندارند و از حسگرهای پیزواالکتریک گران‌تر هستند.

۲-۱-۲-۲- پیزوالکتریک

پیزوالکتریک ماده مخصوصی است که توانایی تبدیل انرژی جنبشی را به انرژی الکتریکی دارد. بعضی مواد پلیمری این خاصیت را بیشتر از خود نشان می‌دهند و برای ساخت حسگرهای پیزو الکتریک مناسب هستند. هنگام ساخت، مواد پیزوالکتریک را تحت تاثیر

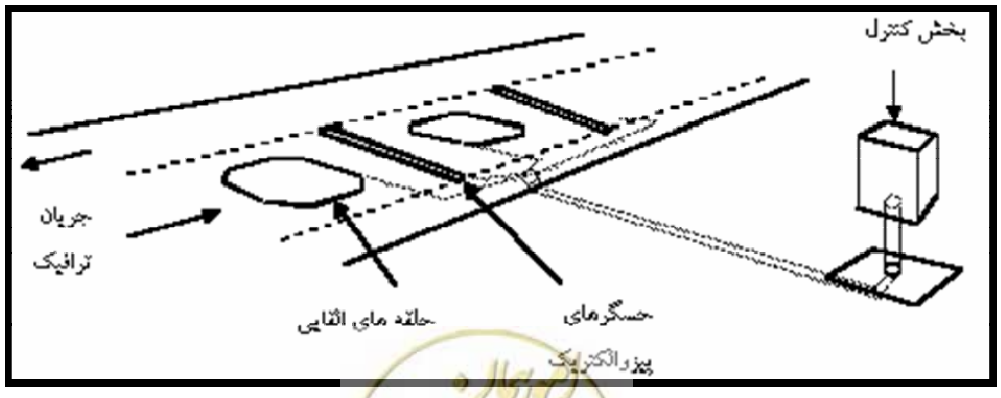
omoorepeyman.ir

یک میدان الکتریکی قوی بطور قوسی قطبیده می‌کنند. این میدان الکتریکی در یک میدان هاله‌ای[1] روی یک کابل بدون پوشش اعمال می‌شود. میدان قطبی مولکول‌های بی شکل پلیمر را به شکل نیمه کریستالی در می‌آورد درحالی‌که دارای خاصیت انعطافی پلیمر است.

یکی از انواع حسگرهای پیزو الکتریک کابل‌های ویبراکاکس[2] هستند که با استفاده از کابل‌های ترموکاکس[3] ساخته می‌شوند. در این حسگرها از نمک‌های معدنی به عنوان مواد پیزوالکتریک استفاده می‌کنند و در مرکز آن یک کابل مسی قرار دارد و از یک لوله مسی نیز به عنوان لایه خارجی استفاده می‌شود. هنگام ساخت، حرارت کابل را به ۴۰۰ درجه سانتیگراد می‌رسانند و ولتاژی بین لایه خارجی و داخلی اعمال می‌کنند که نمک‌های معدنی را قطبی می‌کند. این ولتاژ تا زمانی که کابل سرد شود به کابل اعمال می‌شود. تا میدان قطبی پایدار شود. این کابل را برای اطمینان از پیچ نخوردن می‌توان درون کانالی از جنس آلومینیوم قرار داد.

به طور کلی از حسگرهای پیزوالکتریک برای جمع آوری اطلاعات ترافیکی مانند وزن وسیله نقلیه، سرعت وسیله نقلیه و در بعضی موارد به عنوان جزئی از سیستم توزین در حال حرکت و طبقه‌بندی وسایل نقلیه با استفاده از شمارش محورها و فاصله بین دو محور مورد استفاد قرار می‌گیرند. ساختار این حسگرها شامل یک صفحه فلزی موازی، هسته به هم تابیده همراه با مواد پیزوالکتریک و لایه فلزی خارجی است.

شناسگرهای پیزوالکتریک شامل یک یا چند عدد حسگر هستند که عبور خودرو را با تغییر ولتاژ شناسایی می‌کنند. هنگام عبور خودرو از روی یک حسگر، سیستم تغییر ولتاژی را ثبت می‌کند و توسط تغییر میزان تغییر ولتاژ، بار دینامیکی وارده به سیستم را محاسبه می‌نماید. همانند صفحات خمشی با داشتن مقدار بار دینامیک سیستم می‌توان وزن استاتیک آن را محاسبه کرد. سیستم توزین در حال حرکت پیزوالکتریک، شامل یک حسگر پیزوالکتریک و دو حلقه‌القایی است. حسگر پیزوالکتریک عمود بر جریان ترافیک و حلقه‌های القایی قبل و بعد حسگر پیزوالکتریک نصب می‌شود. حلقه‌القایی اول حضور خودرو را آشکار کرده و به سیستم اعلام می‌کند و حلقه‌القایی دوم سرعت خودرو را اندازه‌گیری می‌نماید. شکل ۲-۲۱ یک سیستم پیزوالکتریک را نشان می‌دهد، در این نمونه دو حسگر پیزوالکتریک در دو طرف حلقه‌القایی دوم قرار می‌گیرند.



شکل ۲-۲۱- نحوه نصب حسگر پیزو الکتریک در سیستم توزین در حال حرکت

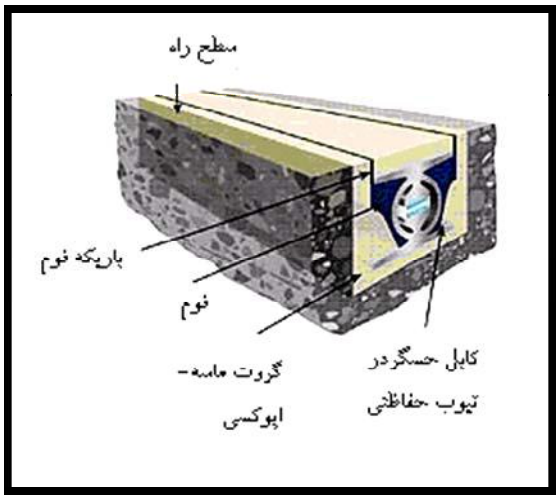
[1] Corona
[2] VibraCoax
[3] Thermo coax

omoorepeyman.ir

حسگرهای پیزوالکتریک مزیت منحصر به فردی نسبت به بقیه حسگرها دارند و آن قابلیت آنها در ذخیره اطلاعات عبور لاستیک وسایل نقلیه از روی حسگر است. حسگرهای پیزوالکتریک عبور لاستیک وسیله نقلیه را بجای عبور خودرو شناسایی می‌کنند، در نتیجه یک سیگنال آنالوگ متناسب فشار لاستیک وسیله نقلیه بر حسگر تولید می‌شود. این قابلیت منحصر به فرد باعث می‌شود تا طبقه‌بندی وسایل نقلیه با دقت بسیار زیادی انجام شود. به علاوه هزینه نصب این حسگرها تفاوت چندانی با هزینه حلقه‌های القایی ندارد در عوض اطلاعات ترافیکی مهمتری را مانند اطلاعات سرعت، قابلیت طبقه‌بندی وسایل نقلیه، قابلیت مانیتور کردن و تعیین وزن وسایل نقلیه برای سیستم‌های توزین در حال حرکت در اختیار ما قرار می‌دهد.

معایب استفاده از حسگرهای پیزوالکتریک مانند حلقه‌های القایی شامل اختلال در جریان ترافیک هنگام نصب و تعمیر و ایرادات ناشی از نصب در سطح جاده‌های ضعیف و نصب غیر استاندارد است. در اکثر موارد برای اندازه‌گیری پارامترهای ترافیکی یک محل چندین حسگر مورد نیاز است. به علاوه روکش آسفالت و تعمیر ادوات کنار جاده ممکن است منجر به نصب مجدد حسگرها شود. همچنین حسگرهای پیزوالکتریک نسبت به حرارت آسفالت و سرعت وسایل نقلیه حساس هستند.

یک نوع از حسگرهای پیزوالکتریک که در سیستم‌های توزین در حال حرکت بکار می‌روند حسگرهای خطی کوارتز هستند. مطابق شکل ۲-۲۴ این حسگرها شامل یکسری کریستال کوارتز هستند که در مرکز یک هسته آلومینومی قرار گرفته‌اند. حسگرها در برش کف جاده نصب می‌شوند و روی آنها با ترکیب مواد اپوکسی و سیلیکا پر می‌شود. خاصیت ارتجاعی و گرمایی این ترکیب با مواد بکار رفته در روسازی جاده تقریباً یکسان است. یکی از مزایای این روش نصب این است که حسگر تحت‌تاثیر نیروهای جانبی که از حرکت خودرو ناشی می‌شود، قرار ندارد.



شکل ۲-۲۲- حسگر پیزوالکتریک کوارتز

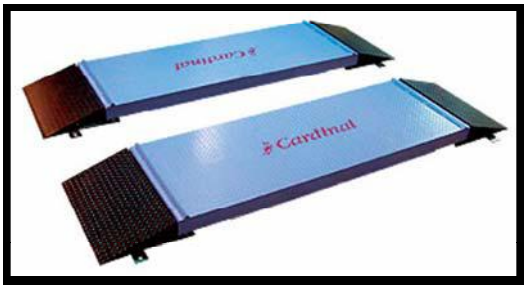
شناسگرهای کوارتز هم از نظر هزینه کلی و هم هزینه تعمیر و نگهداری جزو ارزان‌ترین شناسگرهای توزین در حال حرکت هستند. همچنین این حسگرها را می‌توان در سرعت‌های بیشتری نسبت به بقیه حسگرها استفاده کرده و تا چهار خط را با یک حسگر تحت پوشش قرار داد. اثر حرارت بر حسگرهای کوارتز قابل صرف نظر کردن است و از آنجایی که کوارتز اثر پیزوالکتریک ندارد تغییر سریع درجه حرارت منجر به تغییر در سیگنال خروجی نمی‌شود. دقت اندازه‌گیری وزن چرخ‌ها در این سیستم ۳ درصد است که در نوع خود

omoorepeyman.ir

دقت بالایی است، این به دلیل عدم اثرپذیری سیستم از سرعت وسیله نقلیه و نحوه قرارگیری چرخها بر روی حسگر است. این امر باعث شده تا این نوع حسگر توزین در حال حرکت، هم از نظر دقت و هم از نظر قیمت قابل رقابت با انواع دیگر شناسگرها باشند.
به غیر کوارتز، سایرحسگرهای پیزوالکتریک دقت کمتری نسبت به صفحات خمشی و سلول‌های بار دارند. این حسگرها به تغییر سرعت و دما حساس بوده و می‌بایست حداقل هر سه سال یک بار تعویض شوند. حسگرهای کوارتز دارای حساسیت دمایی کمتری نسبت به سایرحسگرهای پیزوالکتریک هستند.

۲-۱-۲-۳- سلول بار

یک شناسگر سلول‌بار، شامل یک سلول‌بار و حداقل یک حلقه القایی و حسگر آشکار کننده خودرو است. همانطور که در شکل ۲-۲۳ مشاهده می‌شود، یک سیستم سلول بار شامل ۲ بخش است که بطور مستقل عمل می‌کنند. حسگرهای کناری بصورت مجتمع در یک بسته بندی بکار می‌روند تا تمام وسایل نقلیه را که بر روی سطح توزین نیستند را آشکار کنند. بعضی سیستم‌های سلول بار نیروها را به سلول بار منتقل می‌کنند. سلول‌های بار مقدار کمی ماده هیدرولیک دارند تا این نیروها را بصورت تغییر فشار به تحلیلگر کنار جاده منتقل کند تا وزن محاسبه شود. حسگرهای سلول بار با دوام بوده و جزء با دقت‌ترین سیستم‌های توزین در حال حرکت محسوب می‌شوند.



شکل ۲-۲۳- سیستم توزین در حرکت سلول بار

سلول‌های بار در مسیر ترافیک و عمود بر جریان نصب می‌شوند و حلقه القایی قبل از آنها قرار می‌گیرد تا نزدیک شدن وسیله نقلیه را اعلام کند. اگر از حلقه القایی دوم نیز استفاده شود، این حلقه القایی بعد از سلول بار قرار می‌گیرد تا فاصله بین دو محور و سرعت وسیله نقلیه را اندازه‌گیری کند. سلول‌های بار جزء دقیق‌ترین شناسگرهای توزین در حال حرکت هستند که می‌توانند هم در کار جمع آوری اطلاعات ترافیکی بکار روند و هم در ایستگاه های توزین استفاده شوند. این حسگرها قابلیت اندازه‌گیری وزن هر یک از چرخ‌های سمت راست و چپ را به طور همزمان دارند. با عبور وسیله نقلیه از روی این سیستم، دستگاه مقادیر بدست آمده از هر چرخ را ثبت و وزن کل محور را تعیین می‌کند.
سلول‌های بار هم از نظر هزینه کلی و هم از نظر هزینه تعمیر و نگهداری جزء گرانترین ادوات توزین در حال حرکت هستند و همچنین لازم است، هر ۵ سال یکبار بطور کامل تعویض شوند.

omoorepeyman.ir

۲-۱-۲-۴-کف‌پوش‌های خازنی

کف‌پوش‌های خازنی شناسگرهایی شامل ترکیب صفحات فلزی و مواد دی‌الکتریک هستند. یک پیکربندی از این صفحات در شکل ۲-۲۴ نشان داده شده است. کف‌پوش خازنی وزن چرخ‌ها را در هر طرف وسیله نقلیه بدست آورده و با دو برابر کردن وزن هر چرخ وزن یک محور را بدست می‌آورد. این سیستم همچنین می‌تواند فاصله بین محورها را تعیین کرده و نوع وسیله نقلیه را شناسایی کند. در این میان حلقه‌های القایی برای تشخیص حضور، سرعت و طول وسیله نقلیه به‌کار می‌روند. واحد پردازش سیگنال های فرستاده شده توسط این سیستم‌ها را دریافت و تفسیر نموده، اطلاعات را توسط مداربندی ریز پردازنده ذخیره می‌کند. حداقل دوره جمع‌آوری اطلاعات ۴۸ ساعت تعیین شده است.

در این پیکربندی یک صفحه فولادی ضد زنگ با مواد پلی‌اورتان پوشانده شده است و در سطح خارجی آن یک لایه دیگر از صفحه فولادی ضد زنگ قرار دارد. عملکرد آن به این شکل است که به این دو صفحه یک ولتاژ متناوب اعمال می‌شود، با عبور چرخ وسیله نقلیه فاصله بین این صفحات کم شده و ظرفیت خازنی بین این دو صفحه افزایش پیدا می‌کند. این دو صفحه جزئی از مدار یک نوسان کننده را تشکیل می‌دهند و با تغییر ظرفیت، فرکانس نوسان تغییر می‌کند، بنابراین دستگاه تحلیل کننده این تغییرات فرکانس را دریافت کرده و متناسب با آن، وزن را محاسبه می‌کند. این حسگرها معمولاً با استفاده از فولاد ضد زنگ، برنج، پلی اوراتان، لاستیک و غیره ساخته می‌شوند و می توان آنها را با استفاده از صفحات آلومینیومی که با مواد عایق پوشانده شده‌اند و بین آنها از هوا به عنوان ماده دی‌الکتریک استفاده شده است، نیز ساخت.

شکل ۲-۲۴- نمونه ای از صفحات خازنی متصل به تحلیل‌گر

کف‌پوش‌های خازنی را می‌توان هم به عنوان سیستم سیار و هم به عنوان سیستم ثابت استفاده کرد و تا چهار خط عبور را به طور همزمان تحت پوشش قرار داد. دقت کف‌پوش‌های خازنی در اندازه‌گیری وزن به اندازه سلول‌های وزن و صفحات خمشی نیست، با این وجود هزینه نصب و نگهداری آنها حتی در نوع سیار به اندازه سلول‌های بار و صفحات خمشی است و جزء فن‌آوری‌های گران محسوب می‌شود.

omoorepeyman.ir

۲-۱-۲-۵- مقایسه شناسگرهای توزین درحال حرکت

شناسگرهای توزین درحال حرکت بر حسب شاخص‌های دقت اندازه‌گیری، کارایی سیستم، هزینه‌و میزان استفاده قابل مقایسه هستند. دقت یک شناسگر توزین در حال حرکت تابع چهار عامل اصلی است:

- خاصیت دینامیکی وسیله نقلیه[1]،
- بهم پیوستگی[2]، ساختار، و طراحی آسفالت،
- واریانس ذاتی[3] در سیستم‌های توزین در حال حرکت،
- کالیبراسیون.

خاصیت دینامیکی خودرو به زبری سطح جاده، نوع سیستم تعلیق وسیله نقلیه، بالانس دینامیکی خودرو، وزن وسیله نقلیه و سرعت آن، نحوه رانندگی و مانور راننده وسیله نقلیه و غیره وابسته است. اگر چه عوامل اجرایی هنگام نصب، سعی در انتخاب محلی با آسفالت مناسب برای نصب حسگر را دارند ، اما همه عوامل وابسته به محل نصب نبوده و قابل کنترل نیستند. به عنوان مثال هنگامی که سطح آسفالت در اثر حرارت هوا نرم شود یا قسمت بتنی در اثر عبور وسایل‌نقلیه سنگین نوسان کند، دقت اندازه‌گیری کم می‌شود. در جدول ۲-۲ مقادیر نمونه واریانس ذاتی برای دقت شناسگرهای توزین در حال حرکت با حسگرهای پیزوالکتریک، صفحات خمشی و سلول بار آورده شده است. نتایج نشان دهنده این مطلب است که معمولا شناسگرهای توزین در حال حرکت، وزن بار محورها را با دقت کمتری نسبت به وزن کل وسیله نقلیه اندازه‌گیری می‌کنند. بعضی از شناسگرها عامل زمان را نیز برای جداسازی دو وسیله نقلیه در نظر می‌گیرند. کالیبراسیون دقیق این اطمینان را ایجاد می‌کند که اندازه‌گیری وزن با دقتی بسیار نزدیک به وزن واقعی انجام شود.

جدول۲-۲- واریانس دقت شناسگرهای توزین در حال حرکت

فن‌آوری سیستم WIM	دقت اندازه‌گیری (٪)	دقت اندازه‌گیری وزن کل وسیله نقلیه
کابلهای پیزو الکتریک	۲	۱۰
صفحات خمشی	۳	۲
سلول بارتکی	۲	۱

کارایی سیستم عبارت است از درصدی از وسایل نقلیه که اضافه بار یا قانونی بودن بار آنها بدرستی تشخیص داده شده باشد. اگر تعداد وسایل نقلیه با اضافه بار که اجازه عبور یافته‌اند و یا وسایل نقلیه‌ای که بدون اضافه بار به ایستگاه توزین انتقال داده شده‌اند، حداقل گردد، کارایی سیستم حداکثر می‌شود. در نتیجه رسیدن به حداکثر کارایی رابطه مستقیمی با دقت دستگاه مورد نظر دارد.

هزینه شناسگرهای توزین در حال حرکت شامل هزینه راه‌اندازی و هزینه نگهداری در دوره کارکرد است. هزینه راه‌اندازی شامل هزینه اولیه دستگاه‌ها، ادوات لازم برای نصب حسگر درجاده، هزینه گروه نصاب، کالیبراسیون اولیه و کنترل ترافیک هنگام نصب و هزینه نگهداری شناسگر شامل تامین برق و مواد لازم، کنترل ترافیک هنگام استفاده و کالیبراسیون مجدد است.

omoorepeyman.ir

[1] Veichle dynamics
[2] Pavement integrity
[3] Variance inherent

در جدول ۲-۳ مقایسه کیفی هر یک از شناسگرهای توزین درحال حرکت سلول بار، صفحه خمشی، پیزوالکتریک، و حسگر کوارتز از نظر میزان استفاده، هزینه و دقت مورد نظر آورده شده است.

جدول ۲-۳- مقایسه کیفی شناسگرهای توزین در حال حرکت

نوع حسگر	میزان استفاده	هزینه		دقت
		هزینه اولیه	هزینه نگهداری	
سلول بار	محدود	زیاد	کم	زیاد
صفحه خمشی	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
پیزوالکتریک	متوسط	کم	زیاد	کم
حسگر کوارتزی	در حال رشد	کم تا متوسط	متوسط	متوسط

در حالت کلی با وجود اینکه هزینه‌های حسگر پیزوالکتریک (هزینه‌های تجهیزات و نصب) کم است، این نوع حسگرها دقت و کارایی لازم جهت استفاده به منظور توزین درحال حرکت را ندارند. طول عمر حسگرهای پیزوالکتریک ۴ سال، کوارتز ۶ سال، صفحات خمشی ۶ سال و سلولهای بار ۲۰ سال است. سیستم‌های سلول بار برخلاف حسگرهای پیزوالکتریک دارای دقت و کارایی مناسبی هستند، درحالیکه هزینه‌های خرید و نصب بالایی دارند، در نتیجه متقاعد کردن مسئولین جهت استفاده از این سیستم که با طول عمر ۲۰ ساله آن توجیه اقتصادی دارد، مشکل است. علاوه براین به نظر می‌رسد به علت پایین بودن عمر روسازی در ایران، استفاده از این سیستم‌ها در شبکه راه‌ها به دلیل تعمیر و نگهداری پیوسته روسازی توجیه مناسبی نداشته باشد. در مجموع در میان شناسگرهای توزین، حسگر صفحه خمشی و حسگر کوارتز دارای شرایط متعادل و مناسبی هستند، به طوریکه طول عمر ۶ ساله این حسگرها تقریباً با شرایط روسازی‌ها در ایران تطابق دارد، همچنین این حسگرها دارای هزینه‌های خرید و نصب کمتری نسبت به حسگر سلول بار دارند. از طرف دیگر، دقت و کارایی این حسگرها به مراتب بیشتر از حسگرهای پیزوالکتریک (غیر کوارتز) است، به‌طوری‌که می‌توان از این شناسگرها در جایگاه‌های توزین استفاده کرد. در مورد انتخاب حسگرهای صفحه خمشی و کوارتز باید به پارامترهای محلی (شامل شرایط آب و هوایی، نوع روسازی و وضعیت آن و غیره) توجه شود، به‌طوری‌که در روسازی‌های بتنی استفاده از حسگرهای صفحه خمشی، هزینه‌های نصب را به شدت کاهش می‌دهد. ضمن آنکه دقت حسگرهای کوارتز در مقایسه با صفحه خمشی نسبت به شرایط رویه راه حساسیت بیشتری دارد، در استفاده از حسگرهای صفحه خمشی باید شرایط زهکشی مناسب‌تری را ایجاد کرد.

یکی از روش‌های مقایسه شناسگرهای توزین در حال حرکت، بکارگیری روش‌های معرفی شده در استانداردها در این زمینه است. استاندارد ASTM به عنوان یکی از متداول‌ترین استانداردهای مورد استفاده در مقایسه شناسگرهای توزین در حال حرکت است. بر اساس استاندارد ASTM شناسگرهای توزین در حال حرکت براساس عملکرد و نوع کاربرد به چهار نوع طبقه‌بندی می‌شوند. در جدول ۲-۴ این طبقه‌بندی همراه با اطلاعاتی که هر دستگاه جمع‌آوری می‌کند، درج شده است و جدول ۲-۵ کارایی مورد نیاز برای هر سیستم را نشان می‌دهد.

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۴- دسته‌بندی شناسگرهای توزین در حال حرکت

	نوع ۱	نوع ۲	نوع ۳	نوع ۴
حدود سرعت	**۱۶ - ۱۱۳ Km/h**	**۱۶ - ۱۱۳ Km/h**	**۲۴-۸۰ Km/h**	**۳-۱۶ Km/h**
کاربرد	جمع‌آوری اطلاعات ترافیک	جمع‌آوری اطلاعات ترافیک	اندازه‌گیری وزن	اندازه‌گیری وزن
تعداد خطوط	تا ۴ خط	تا ۴ خط	تا ۲ خط	تا ۲ خط
صفحات خمشی	★	★	★	★
پیزو الکتریک	★	★		
سلول بار	★	★	★	★
چرخ بار	★		★	★
محور بار	★	★	★	★
محور گروهی بار	★	★	★	★
وزن وسیله نقلیه سنگین	★	★	★	★
سرعت	★	★	★	★
فاصله مرکز تا مرکز محور	★	★	★	★
دسته بندی وسیله نقلیه (توسط حالت محور)	★	★		
کد شناسایی سایت	★	★	★	★
تاریخ و زمان عبور	★	★	★	★
ترتیب ذخیره وسیله نقلیه	★	★	★	★
چرخ پایه(محور جلو تا محور عقب)	★	★		
معادل محور استاندارد	★	★		
کد خطا	★	★	★	★
تخمین شتاب			★	★

جدول ۲-۵- شرایط لازم برای کارایی مناسب شناسگرهای توزین در حال حرکت

نوع اطلاعات خروجی	**درصد خطا با احتمال ۹۵٪ انطباق**			
	نوع۱	**نوع۲**	**نوع۳**	**نوع۴**
				≤ مقادیر (کیلوگرم)
				میزان خطا بر حسب کیلوگرم
وزن چرخ	٪۲۵	نامشخص	٪۲۰	۲۳۰۰
وزن محور	٪۲۰	٪۳۰	٪۱۵	۵۴۰۰
وزن گروه محورها	٪۱۵	٪۲۰	٪۱۰	۱۱۳۰۰
وزن کل وسیلهٔ نقلیه	٪۱۰	٪۱۵	٪۶	۲۷۲۰۰
سرعت	۲ کیلومتر بر ساعت			۱۱۰۰
فاصلهٔ محورها	۱۵۰ میلیمتر			

مقادیر کمتر در ایستگاه های توزین مهم نیستند.

omoorepeyman.ir

۲-۲- فن‌آوری‌های غیرمختل کننده

جستجو و تحقیق برای جایگزین کردن یک سیستم مطمئن برای شناسایی وسایل‌نقلیه با هزینه مناسب که قابلیت نصب آسان و ایمن را داشته و کمترین اختلال را در جریان ترافیک ایجاد کند و دقت آن حداقل به اندازه سیستم حلقه‌القایی و حتی بیشتر از آن باشد، مدت‌ها در دستور کار محققین قرار داشته است. در اثر این تلاش‌ها شناسگرهایی ارائه شدند که از فن‌آوری‌های نوین بهره می‌برند و ضمن اینکه مستقیماً با سطح جاده در تماس نیستند، دقت خوبی در جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز ترافیکی دارند. در واقع این شناسگرها دارای حسگرهای روسطحی[1] هستند و جزء سیستم‌های غیر مختل‌کننده جریان ترافیک محسوب می‌شوند. حسگرهای روسطحی در وضعیت‌های مختلفی نسبت به جاده نصب می‌شوند، حالت اول اینست که این حسگرها بالای مسیری که جریان ترافیک آن کنترل می‌شود قرار گیرند که این وضعیت معمولاً برای کنترل یک خط استفاده می‌شود. حالت دوم اینست که حسگرها در کنار جاده به‌صورت عمود بر جهت جریان یا بصورت مایل نصب می‌شوند که این حالت برای کنترل چند خط استفاده می‌شود.

انواع فن‌آوری‌های مورد استفاده برای حسگرهای روسطحی شامل پردازش تصاویر ویدیویی، رادارهای ماکرویو، رادارهای لیزری، حسگرهای مادون قرمز(غیرفعال)، حسگرهای صوتی (غیرفعال)، حسگرهای مافوق صوت و آرایه‌های صوتی فعال است. همچنین گاهی از ترکیب فن‌آوری‌های مختلف استفاده می‌شود، به‌طور مثال حسگرهایی با استفاده از ترکیب مادون قرمز و ماکرویو یا مادون قرمز و امواج مافوق صوت ساخته شده‌اند. همانند حسگرهای سطحی، اغلب حسگرهای روسطحی علاوه بر شناسایی و شمارش وسایل‌نقلیه امکان تعیین سرعت و دسته‌بندی وسایل‌نقلیه و همچنین کنترل چندین خط را دارند.

در ادامه برای آشنایی بیشتر با این نوع شناسگرها، فن‌آوری‌های پردازش تصاویر ویدویی، رادارهای ماکرویو، حسگرهای مادون قرمز فعال و غیر فعال، حسگرهای مافوق صوت و حسگرهای صوتی غیرفعال مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۲-۲-۱- پردازش تصویر ویدئویی

استفاده از تکنولوژی پردازش تصاویر ویدوئی به عنوان جایگزینی برای حلقه‌های القائی اولین بار در اواسط دهه ۷۰ میلادی شروع شد. این دوربین‌ها در حمل‌ونقل، اولین بار در بخش مدیریت و نظارت ترافیک به کار گرفته شدند. این دوربین‌ها به تلویزیون‌های مدار بسته متصل شدند که یک اپراتور وظیفه تفسیر این تصاویر را به عهده داشت. با پیشرفت تکنولوژی، مدیریت ترافیک از سیستم‌های پردازش خودکار برای تحلیل و استخراج اطلاعات ترافیکی از تصاویر ویدئویی در امر نظارت و کنترل ترافیک بهره گرفت. یک سیستم پردازشگر تصویر ویدئویی شامل یک یا چند دوربین، یک کامپیوتر برای دیجیتالی کردن و پردازش تصاویر و یک نرم افزار برای تفسیر تصاویر و تبدیل آنها به اطلاعات ترافیکی است.

پردازشگرهای تصاویر ویدئویی، خودروها را با تحلیل تغییرات در سطوح خاکستری پیش فرض در تصویرهای یک صفحه شناسایی می‌کنند. الگوریتم به کار رفته در این سیستم‌ها، میزان رنگ خاکستری یک گروه پیکسل را در یک تصویر سیاه و سفید بررسی می‌کند. این الگوریتم همچنین سطوح خاکستری غیر ضروری ناشی از اثرات جوی یا تغییرات روشنایی شبانه روز را حذف کرده و سپس اشیاء باقیمانده را به عنوان خودرو تشخیص می‌دهد. آمارهای تردد و طبقه‌بندی وسایل‌نقلیه نیز با تحلیل همین تصاویر ویدئویی بدست می‌آیند. در بعضی موارد نیز برای بدست آوردن اطلاعات ترافیکی از تصاویر رنگی استفاده می‌کنند که با استفاده از

[1] Aboveground sensors

omoorepeyman.ir

این روش میزان حساسیت تحلیل به عوامل متغییر در جاده (مانند سایه‌ی تابلوها) کاهش پیدا می‌کند. برای تعیین حجم ترافیک، تغییر باند، حرکت های گردشی و زمان سفر بر اساس شناسایی یک یا گروهی از وسایل‌نقلیه پایین دست، تصاویر رنگی پیشنهاد می‌شود.

در سیستم‌های پردازش تصاویر ویدیویی به طور کلی از سه روش استفاده می‌شود که شامل خط سفر[1] ،ردیابی حلقه بسته[2] ، و ردیابی اطلاعات[3] است. در روش خط سفر، کاربر تعداد معینی منطقه آشکارسازی را تعریف می‌کند و هنگامی که یک خودرو وارد یکی از این مناطق آشکارسازی می‌شود به عنوان یک تغییر در پیکسلهای تصویر آشکار می‌شود و این تغییر با حالتی که خودرویی درآن منطقه نیست مقایسه می‌شود. در این فرآیند از دو روش سطح پایه و شبکه پایه برای آشکارسازی وسیله‌نقلیه استفاده می‌شود. در روش سطح پایه لبه‌های شیء ورودی مشخص می‌شوند، در حالی که در روش شبکه پایه مساحت آنها در یک شبکه مشخص طبقه‌بندی می‌شود و خودروی متوقف، خودروی در حال حرکت و نبود خودرو مشخص می‌گردد. در روش خط سفر، سرعت خودرو با اندازه‌گیری مدت زمان عبور خودرو از منطقه آشکارسازی و تقسیم طول منطقه بر این زمان بدست می‌آید. با ظهور پردازنده‌های پرسرعت و ارزان قیمت، امکان تولید سیستم‌های ردیابی پردازش تصویر به وجود آمد. سیستم‌های ردیابی پردازش تصویر نوع ارتقاء یافته سیستم‌های خط مسیر هستند که آشکار سازی وسیله‌نقلیه را در طول بیشتری از جاده تضمین می‌کنند. این سیستم خودرو را در طول حوزه دید دوربین به طور مداوم تعقیب کرده و با چندین بار آشکارسازی حضور خودرو را تایید می‌کند. پس از تایید، عمل شمارش انجام شده و توسط یک الگوریتم ویژه، سرعت وسیله‌نقلیه محاسبه می‌شود. با این سیستم‌های ردیابی می‌توان سایر اطلاعات ترافیکی لازم را نیز محاسبه کرد. به علاوه این سیستم‌ها قابلیت ارسال اطلاعات به تجهیزات کنار جاده مانند صفحه نمایش یا سیستم‌های رادیویی را دارند، تا به راننده در مورد رفتارهای مخاطره آمیز و تصادف آفرین هشدار دهند.

سیستم ردیابی اطلاعات، یک وسیله‌نقلیه منفرد یا گروهی از وسایل‌نقلیه را مشخص و ردیابی می‌کند. کامپیوتر وسیله‌نقلیه را با جستجو به دنبال محدوده پیکسل‌های متصل به هم مشخص می‌کند. این محدوده سپس فریم به فریم جستجو می‌شود تا اطلاعات ردیابی خودرو تولید شود.

از سیستم‌های ردیاب اطلاعات می‌توان برای محاسبه زمان سفر نیز استفاده کرد. برای این کار پس از مشخص شدن یک خودرو، زمان عبور آن از میدان دید یک دوربین به میدان دید دوربین دیگر محاسبه می‌شود و با داشتن فاصله خودروها سرعت خودرو محاسبه می‌شود.

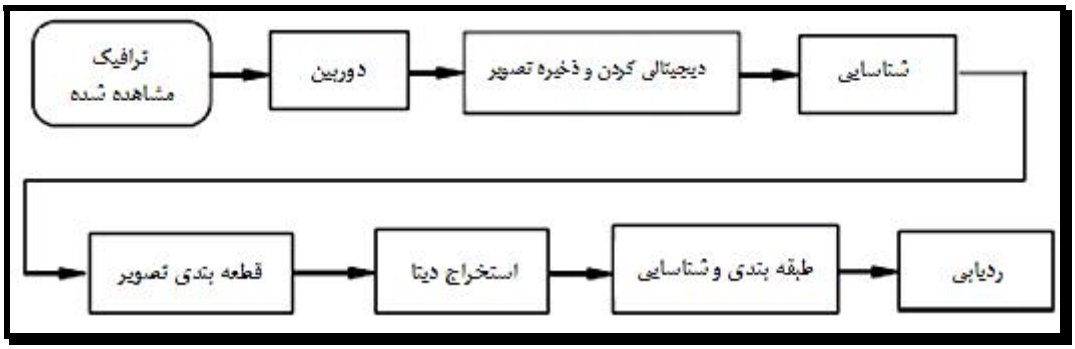
تشکیل تصویر و استخراج اطلاعات توسط سخت‌افزاری که اجازه می‌دهد تا الگوریتم‌ها به صورت آنی عمل کنند، انجام می‌شود. سخت‌افزاری که تصاویر را به صورت دیجیتالی در می‌آورد بر روی کارتی پیاده‌سازی می‌شود که قابل نصب بر روی یک کامپیوتر شخصی است. پس از دیجیتالی شدن تصاویر و ذخیره آنها، اطلاعات لازم درمورد وسیله نقلیه‌ای که در ناحیه آشکارسازی است، استخراج می‌شود. دیاگرام شکل ۲-۲۵ روشی را که یک دوربین برای دریافت تصاویر جریان ترافیک استفاده می‌کند، نشان می‌دهد. در ضمن این نکته قابل توجه است که تعداد وسایل‌نقلیه قابل آشکار شدن در زمان آشکارسازی محدود است. هنگامی که بخشی از اطلاعات به هر دلیلی از حافظه پاک شوند، قابل بازیافت نبوده و بنابراین در این مرحله ممکن است تشخیص خودروها به اشتباه

[1] Tripline
[2] Closed – loop tracking
[3] Data association tracking

omoorepeyman.ir

صورت گیرد. بنابراین در این سیستم‌ها الگوریتمی برای حذف خودروهای اشتباه، طراحی شده است. همچنین از قطعه‌بندی تصویر برای بهبود تشخیص وسیله‌نقلیه استفاده می‌شود. در سیستم‌های پردازشگر تصویر ویدیویی که قابلیت ردیابی دارند، از فیلتر کالمن برای تخمین موقعیت و سرعت وسیله‌نقلیه استفاده می‌شود. ردیابی خودرو در زمان باعث می‌شود تا خط سیر خودرو مشخص شود و اطلاعات مربوط به تغییر خط و همچنین دور زدن آن به‌دست آید.

پردازش سیگنال به همراه یک سیستم کامپیوتری تشخیص‌دهنده حضور خودرو در تصویر انجام می‌شود. این روش باعث می‌شود تا مشخصات یکتا و ممتازی برای هر خودرو نسبت به دیگر روش‌ها در اختیار ما قرار گیرد. همچنین می‌توان از شبکه‌های عصبی مصنوعی نیز برای این کار استفاده کرد، بدین صورت که ابتدا عناصر شبکه را همانند یک موجود هوشمند برای شناسایی وسایل‌نقلیه آموزش می‌دهند، سپس از این شبکه برای شمارش و طبقه‌بندی وسایل‌نقلیه و آشکارسازی تصادف استفاده می‌کنند. سیستم‌های پردازش تصاویر ویدیویی که دارای قابلیت ردیابی نیز هستند، می‌توانند در پیش‌بینی تصادفات قریب الوقوع، که در اثر حرکت مارپیچ یا تغییر خط ناگهانی خودروها بوجود می آیند، مورد استفاده قرار گرفته و هشدارهای لازم را به کنترل کنندگان سیستم اعلام کنند.



شکل ۲-۲۵- مفهوم پردازش تصویر برای تشخیص، طبقه‌بندی و ردیابی وسایل‌نقلیه

سیستم‌های پردازش تصویر مدرن پهنای باند انتقال را با پردازش سیگنال در ریزپردازشگر واقع در دوربین یا کنترلر کنار جاده حفظ می‌کند. اطلاعات می‌تواند بصورت محلی برای کنترل چراغ راهنما یا مشخص کردن سطح سرویس آزادراه بکار رود ویا جهت آشکارسازی و مدیریت وقوع تصادف، به روز کردن بانک اطلاعاتی و یا اطلاعات سفر به مرکز کنترل ترافیک منتقل شود.

با استفاده از تصاویر ویدئویی مرکب از چندین دوربین بر روی یک خط ارتباطی و ارسال تصاویر هزینه عملیاتی خط ارتباطی کاهش می یابد. با گسترش شناسایی وسایل‌نقلیه از یک میدان دید به میدان دید دوربین بعدی، می توان زمان سفر میان زوج مبدا- مقصد را نیز محاسبه کرد.

یک پردازشگر تصویر ویدیویی می‌تواند جایگزین چندین حلقه القائی شود و تعداد خطوط زیادی را تحت پوشش قرار دهد، بنابراین هزینه بهره‌برداری را تا حد زیادی کاهش می‌دهد. همچنین یک پردازشگر تصویر ویدیویی می‌تواند اطلاعات را از چندین دوربین دریافت کند که در نتیجه منطقه پوشش سیستم بیشتر می‌شود. همچنین ادوات پردازشگر تصویر ویدیویی قابلیت طبقه‌بندی وسایل‌نقلیه بر اساس طول، گزارش حضور خودرو، نرخ جریان، ضریب اشغال و سرعت را برای هر طبقه از خودروها و هر باند دارا هستند. دیگر اطلاعات ترافیکی مانند تراکم، زمان سفر و جفت مبدا – مقصد را می‌توان از تحلیل اطلاعات یک مجموعه پردازشگر که بطور سری در طول یک مقطع از مسیر نصب شده‌اند، بدست آورد.

omoorepeyman.ir

بعضی معایب سیستم‌های پردازشگر تصاویر ویدیویی عبارتند از: عدم شناسایی موانع و کم شدن دقت آمار در اثر شرایطی مانند جو نامناسب، تغییر روشنایی روز به شب، کم بودن کنتراست بین جاده و وسیله نقلیه، وجود آب یا بلورهای نمک روی سطح جاده، تار عنکبوت روی لنز دوربین.

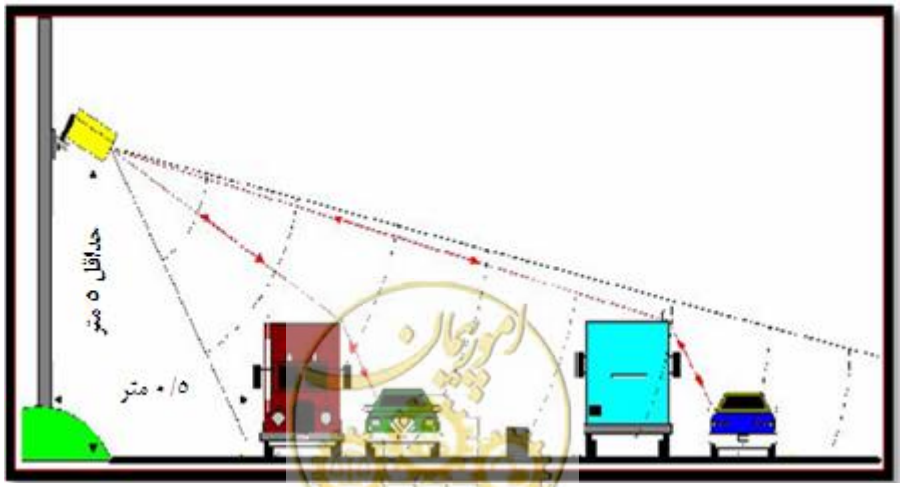
سیستم‌های پردازشگر تصاویر ویدیویی زمانی مقرون به صرفه هستند که تعداد زیادی منطقه آشکارسازی در میدان دید دوربین وجود داشته باشد.

امروزه سیستم‌های پردازش تصویر همچنان در حال پیشرفت هستند تا بتوانند اثرات ناشی از سایه ها، تغییر روشنایی، بازتاب، هوای نامساعد و حرکت دوربین بر اثر وزش باد یا لرزش وسیله‌نقلیه را درنظر بگیرند.

۲-۲-۲- رادارهای ماکروویو

رادارهای ماکروویو در طول جنگ جهانی دوم و حتی پیش از آن برای تشخیص اشیاء به کار می‌رفتند. کلمه رادار نیز از عملکرد آن مشتق شده است که به معنای فاصله‌یابی و تشخیص رادیویی است و استفاده از لغت ماکروویو نیز به علت استفاده از موجی با طول موج ۱ تا ۳۰ سانتیمتر (فرکانس۳۰ تا ۱ گیگاهرتز) می‌باشد. حسگرهای ماکروویو برای استفاده و نصب در کنار جاده طراحی شده‌اند. در ایالات متحده فرکانس کار این حسگرها در حدود ۱۰/۵، ۲۴ و ۳۴ گیگاهرتز تعیین شده‌اند و سازندگان حسگر نیز این استاندارد را رعایت می‌کنند. کاربر این حسگرها نیازی به اندازه‌گیری و فرکانس و توان این حسگرها ندارد. حسگرهایی که فرکانس کاری آنها بالای۳۰ گیگاهرتز است، طول موج آنها در حدود میلیمتر است. اکثر حسگرهای ماکروویو موجود در بازار انرژی را در باند x ارسال می‌کنند و با فرکانس ۱۰/۵۲۵ گیگاهرتز کار می‌کنند. فرکانس بالاتر باعث می‌شود تا کیفیت آشکارسازی در منطقه بیشتر شود.

همانطور که در شکل ۲-۲۶ نشان داده می‌شود، حسگر ماکروویو که کنار جاده نصب شده است از طریق آنتن به منطقه ای از جاده پرتوهای حامل انرژی ارسال می‌کند. که پهنای اشعه و منطقه از طریق آنتن کنترل می‌شود. هنگامی که خودرویی از منطقه تحت پوشش عبور می‌کند، مقداری از انرژی ارسالی منعکس می‌شود که این انرژی به یک گیرنده منتقل می‌شود. سپس بر اساس مقدار انرژی دریافتی اطلاعات وسیله نقلیه نظیر حجم، سرعت، ضریب اشغال و طول محاسبه می‌گردد.



شکل ۲-۲۶- عملکرد رادار ماکروویو

omoorepeyman.ir

به طور کلی دو نوع حسگر ماکرویو وجود دارد، رادار داپلر موج پیوسته[1] و رادار موج پیوسته با مدولاسیون فرکانسی[2]. اطلاعات ترافیکی که دریافت می‌شود نیز وابسته به نوع شکل موج ارسالی است.

رادار داپلر مطابق شکل ۲-۲۷ موجی را با فرکانس ثابت ارسال می‌کند با توجه به قانون داپلر حرکت خودرو در ناحیه آشکارسازی منجر به جابجایی فرکانسی سیگنال بازگشتی می‌شود. از این طریق می‌توان خودرو در حال حرکت را شناسایی کرده و سرعت آن را محاسبه کرد. رادارهای داپلر قادر به تشخیص وسایل‌نقلیه ثابت نیستند.

سرعت وسیله‌نقلیه متناسب است با تغییر فرکانس بین سیگنال‌های ارسال شده و دریافت شده در رادارهای داپلر. ارتباط بین فرکانس f، فرکانس داپلر f_D و سرعت وسیله‌نقلیه S به صورت رابطه ۲-۱ بیان می‌شود:

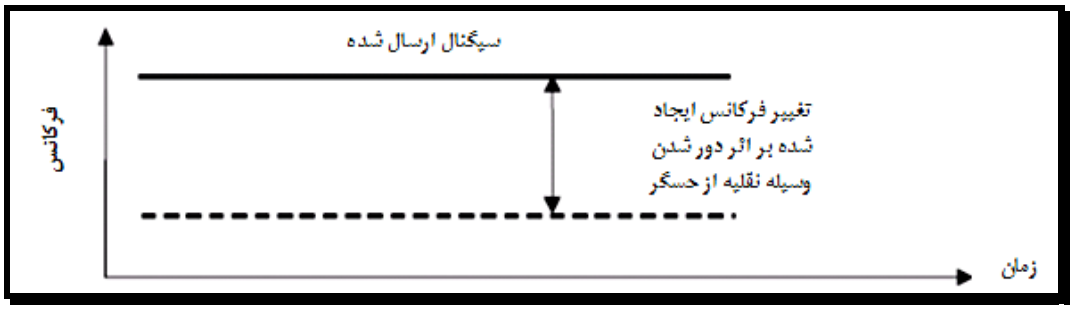
$$f_D = \frac{2 \times S \times f}{c \times \cos\theta} \qquad (۱-۲)$$

θ زاویه بین جهت انتشار انرژی رادار و جهت حرکت وسیله‌نقلیه،

c سرعت نور (۳×۱۰^۸ متر بر ثانیه)،

واحد فرکانس برحسب هرتز و واحد سرعت بر حسب متر بر ثانیه است.

فرکانس دریافت شده برابر است با $f + f_D$ یا $f - f_D$.

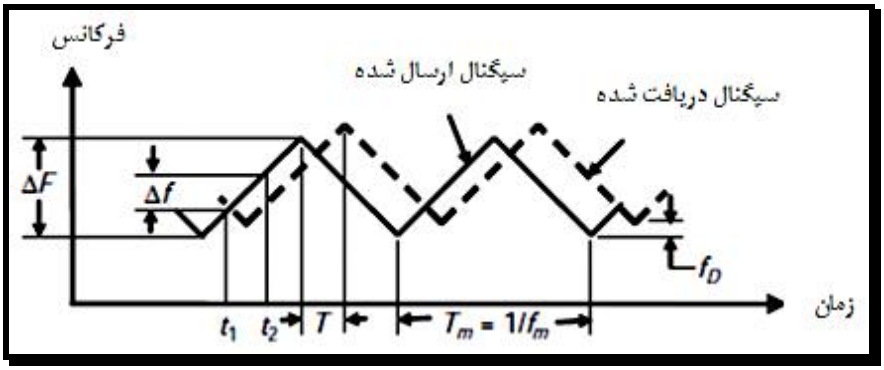


شکل ۲-۲۷- موج فرکانس ثابت

همانطور که در شکل ۲-۲۸ مشاهده می‌شود، رادارهایی که از مدولاسیون فرکانسی استفاده می‌کنند موجی را که فرکانس آن با زمان تغییر می‌کند ارسال می‌کنند و قادر به تشخیص خودروهای ثابت نیز هستند. رادارهای ماکرویو مدولاسیون فرکانسی منطقه آشکارسازی را به دو قسمت تقسیم می‌کنند و موج از هر منطقه بازگشت داده می‌شود. این حسگرها سرعت فاصله زمانی ورود به دو منطقه را اندازه‌گیری می‌کند. حسگرهای ماکرویو مدولاسیون فرکانسی قابلیت پوشش چندین خط را نیز دارند.

omoorepeyman.ir

[1] Continuous Wave (CW)
[2] Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW)



شکل ۲-۲۸- موج پیوسته

نرخ R وسیله‌نقلیه عبارتست از نسبت اختلاف فرکانس فرستنده، Δf (برحسب هرتز)، در زمان t_1 که سیگنال ارسال می‌شود و زمان t_2 که سیگنال دریافت می‌شود.

$$R = \frac{c\Delta f}{4 \times \Delta F \times f_m} \qquad (۲-۲)$$

ΔF: عرض نوسان فرکانس رادیویی برحسب هرتز

f_m: فرکانس نوسانی موج رادیویی است.

این نرخ را می‌توان از $t_2 - t_1$ و یا اختلاف T بین نقاط پیک سیگنال‌های دریافت شده و ارسال شده به ترتیب، بصورت رابطه ۲-۳ محاسبه نمود.

$$R = c(t_2 - t_1)/2 = cT/2 \qquad (۲-۳)$$

که در آن c سرعت نور است.

دقت نرخ R یا مینیمم فاصله برحسب متر برابر است با: $\Delta R = \frac{c}{2\Delta F}$

سرعت یا دقت داپلر برابر است با: $\Delta f_D = 2/T_m Hz$

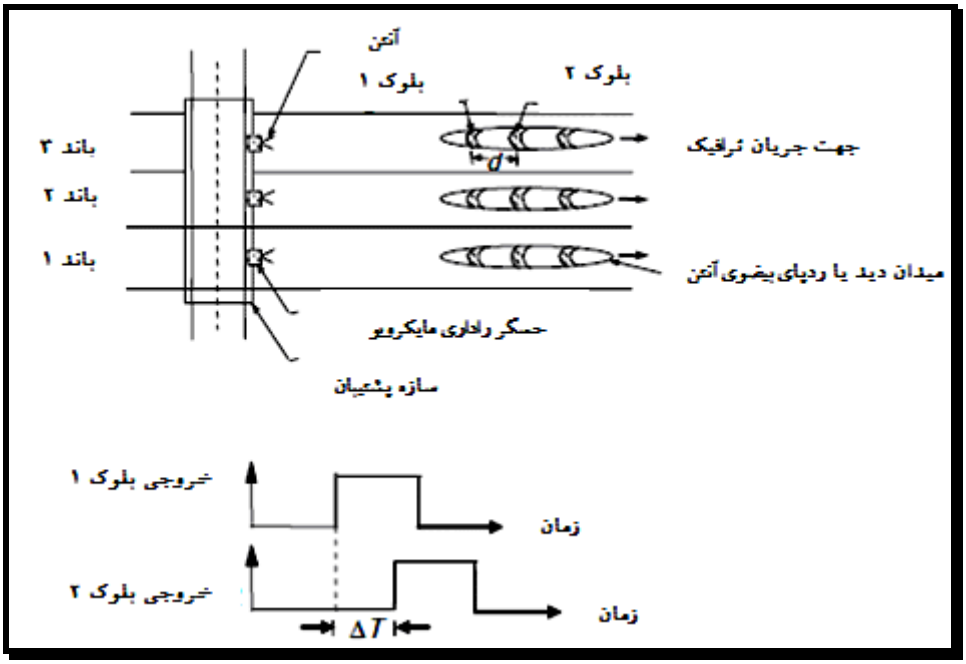
که در آن $T_m = 1/f_m$ عبارتست از زمان بالا و پایین رفتن فرکانس یک نوسان مطابق شکل ۲-۳۰.

این رادار با تقسیم کردن میدان دید در جهت حرکت وسیله به چند بلوک[1] مطابق شکل ۲-۲۹، سرعت وسیله را اندازه‌گیری می‌کند. یک بلوک اجازه می‌دهد سیگنال منعکس شده به بخش‌های کوچکتر تقسیم شود و از نواحی کوچکتر جاده شناسایی شود. سرعت وسیله S از اختلاف زمان مربوط به رسیدن وسیله به لبه های دو بلوک به فاصله d مطابق رابطه ۲-۴ بدست می‌آید.

$$S = \frac{d}{\Delta T} \qquad (۲-۴)$$

omoorepeyman.ir

[1] Range bins



شکل ۲-۲۹- تقسیم کردن میدان دید در جهت حرکت وسیله به چند بلوک

هنگامی که حسگرهای چندبانده این نوع رادار در کنار جاده نصب شود می‌توانند جریان ترافیک ۸ خط عبور را بازبینی کنند. این نوع رادارها می‌توانند از قانون داپلر برای محاسبه سرعت وسایل‌نقلیه درحال حرکت استفاده کنند.

حسگرهای ماکرویوی که در بالای یک خط نصب می‌شوند نزدیک شدن یا دور شدن دیگر پارامترهای ترافیکی یک خط را اندازه‌گیری می‌کنند و حسگرهایی که در کنار جاده نصب می‌شوند پارامترهای چندین خط را اندازه‌گیری می‌کنند. رادارهای یک جهته اطلاعات ترافیکی را در یک جهت ذخیره می‌کنند. دقت حسگرهایی که در کنار جاده نصب می‌شوند به اندازه حسگرهای یک جهته نیست. همچنین این حسگرها در چهارراه‌ها برای آشکارسازی حضور خودرو در یک یا چند باند در تقاطع‌های چراغ‌دار بکار می‌روند.

نوع اطلاعاتی که دریافت می‌شود بستگی به نوع حسگر دارد. رادار داپلر شمارش و عبور خودرو را با آشکار کردن جهش فرکانسی انجام می‌دهد. رادارهای داپلر برای اندازه‌گیری سرعت و حجم وسایل‌نقلیه در آزادراه‌ها و شریان‌های اصلی شهرها استفاده می‌شوند.

رادارهای مدولاسیون فرکانسی برای آشکارسازی حضور وسایل‌نقلیه، کنترل گردش به چپ و هشدار آن، گزارش‌گیری همزمان و در زمان حجم و اطلاعات ضریب اشغال برای سیستم‌های تطبیقی علائم ترافیکی، کنترل کردن صف و محاسبه سرعت در چندین خط و همچنین آشکارسازی تصادفات در بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین این رادارها در باجه‌های اخذ عوارض و ایستگاه‌های توزین در حرکت که نیازمند اطلاعات طول خودرو هستند، نیز کاربرد دارند.

رادارهای ماکروویو نسبت به شرایط جوی نامساعد حساس نیستند، سرعت را مستقیما اندازه‌گیری می‌کنند و قابلیت کنترل همزمان چندین خط را دارند. در استفاده از این رادارها باید از مناسب بودن آنتن و پهنای باند موج ارسالی برای کاربرد مورد نظر اطمینان حاصل کرد. همانطور که قبلا گفته شد رادارهای داپلر قادر به تشخیص خودروهای ثابت نیستند و قابلیت استفاده در تقاطع‌ها را ندارند.

omoorepeyman.ir

۲-۲-۳- حسگرهای مادون قرمز

حسگرهای مادون قرمز در دو نوع فعال و غیرفعال برای کاربردهای ترافیکی ساخته می‌شوند. این حسگرها در بالای جریان ترافیک برای آشکار کردن نزدیک شدن خودرو یا دور شدن آن نصب می‌شوند. حسگرهای مادون قرمز برای کنترل چراغ‌های راهنمایی، محاسبه حجم، محاسبه سرعت و طبقه‌بندی وسایل‌نقلیه بکار می‌روند. همچنین این حسگرها را می‌توان برای ترددشماری عابرین پیاده در محل خط‌کشی عابر پیاده استفاده کرد. معنی حسگر مادون قرمز یعنی عنصری حساس به نور که انرژی‌های منتشر شده یا بازتاب شده را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کنند.

حسگرهای مادون قرمز فعال ناحیه ترددشماری را با پرتوهای لیزر با طیف الکترومغناطیسی ۰/۸۵ µm پرتو افکنی می‌کنند. پرتوهایی که از خودروی عبوری بازتاب داده می‌شود توسط یک سیستم نوری بر روی موادی که حساس به انرژی الکترومغناطیسی هستند و در فاصله کانونی سیستم قرار دارند متمرکز می‌شوند. حسگرهای مادون قرمز فعال دو سیستم نوری دارند. سیستم نوری فرستنده پالس دیود لیزری را به دو اشعه که چندین درجه با هم زاویه دارند تقسیم می‌کند. سیستم نوری گیرنده میدان دید بیشتری دارد و در نتیجه بهتر می‌تواند انرژی‌های پراکنده شده از وسیله‌نقلیه را دریافت کند. با ارسال دو یا چند پرتو لیزری، رادار لیزری سرعت وسیله‌نقلیه را بوسیله اختلاف زمان ورود به منطقه آشکارسازی هر پرتو محاسبه می‌کند.

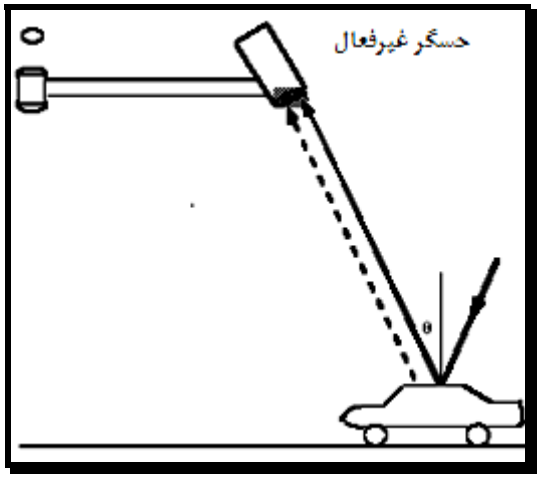
حسگرهای مادون قرمز غیرفعال انرژی‌های منتشر شده از جاده، وسایل‌نقلیه و دیگر اشیایی را که در میدان دید این حسگرها قرار دارند و همچنین انرژی‌های منتشر شده توسط جو و منعکس شده توسط وسایل‌نقلیه، سطح جاده یا دیگر اشیاء را آشکار می‌کند. اما هیچ انرژی از خود منتشر نمی‌کنند. از حسگرهای غیرفعال غیرتصویری که حساس به انرژی هستند، برای کاربردهای مدیریت ترافیک استفاده می‌کنند. این حسگرها انرژی‌های منتشر شده از صفحه دید را جمع‌آوری می‌کند و میدان دید بزرگی دارند. اشیاء موجود در صفحه دید را نمی‌توان به عناصر کوچکتری تقسیم کرد. حسگرهای غیرفعال تصویری شامل آرایه دو بعدی هستند که هر آرایه به تنهایی میدان دید کمی دارد. این آرایه انرژی را از منطقه‌ای که در میدان دید قرار دارد جذب می‌کند. حسگرهای تصویری می‌توانند تصویر را به اجزاء کوچکتر سازنده تصویر یا همان پیکسل تقسیم کنند.

حسگرهای مادون قرمز غیرفعال با یک منطقه آشکارسازی حجم تردد و ضریب اشغال خط را آشکار می‌کنند. منبع انرژی‌ای که حسگرهای غیرفعال آشکار می‌کنند گسیل‌های جسم خاکستری است که سطوح جسم با دمای بالای صفر، گسیل می‌کنند. جسم خاکستری تمام فرکانس‌ها را در دمای غیر صفر مطلق (۲۷۳/۵ C°-) گسیل می‌کند. اگر ضریب انتشار جسم برابر ۱ باشد، به آن جسم، جسم سیاه می‌گوییم، در غیر این صورت، جسم خاکستری نامیده می‌شود. حسگرهای غیرفعال را می‌توان برای دریافت هر فرکانسی طراحی کرد. اما با در نظر گرفتن هزینه بهترین انتخاب برای حسگرهای وسایل‌نقلیه با تعداد محدودی پیکسل باند فرکانس مادون قرمز است. بعضی از مدل‌ها در محدوده طول موج بلند مادون قرمز عمل می‌کنند و در نتیجه تابش نور خورشید و تغییر روشنایی ناشی از حرکت ابرها کمترین اثر را بر عملکرد آنها دارد.

همانطور که در شکل ۲-۳۰ نشان داده شده است، هنگامی که یک وسیله‌نقلیه وارد میدان دید حسگرها می‌شود، حسگرها سیگنالی که متناسب با حاصلضرب تفاوت ضریب تابش و تفاوت دما است تولید می‌کنند. البته در صورتی که دمای سطح خودرو و جاده یکسان باشد. تفاوت ضریب تابش برابر است با تفاوت ضریب تابش جاده با ضریب تابش وسیله‌نقلیه و تفاوت دمایی برابر است با تفاوت دمای مطلق جاده با دمایی که پرتوهای جوی تولید کرده‌اند. دمای آسمان در هوای ابری، رطوبت بالا و روزهای بارانی بیشتر از

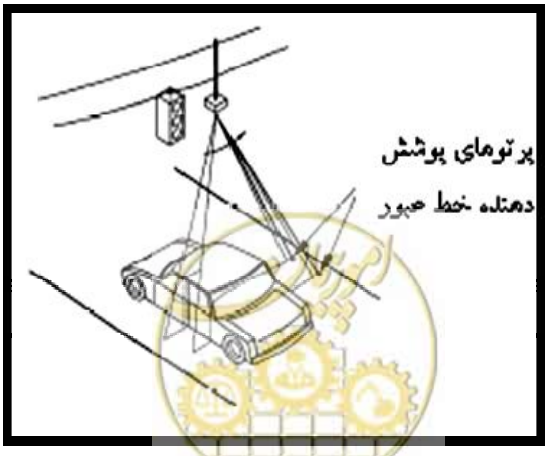
omoorepeyman.ir

روزهایی با هوای صاف است و سیگنالی که وسیله‌نقلیه عبوری تولید می‌کند کاهش می‌یابد اما این مسئله برای حسگرهایی که با طول موج بالاتر کار می‌کنند مشکلی ایجاد نمی‌کند.



شکل ۲-۳۰- تابش و بازتابش انرژی توسط وسیله‌نقلیه و سطح جاده

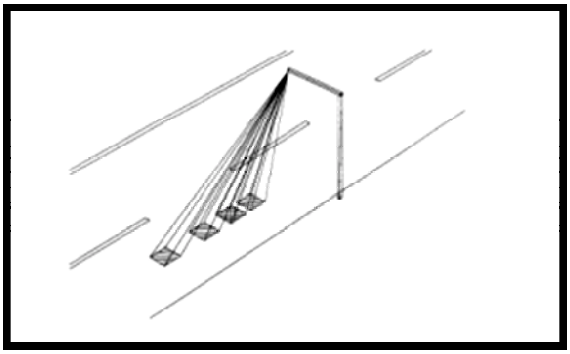
حسگرهای مادون قرمز در بالای یک خط و یا در کنار جاده نصب شوند. این حسگرها برای کنترل چراغ، اندازه‌گیری حجم تردد، سرعت و طبقه‌بندی وسایل‌نقلیه، شناسایی عابر پیاده در محل عبور عابر پیاده و برای انتقال اطلاعات ترافیکی به کاربران مورد استفاده قرار می‌گیرند. رادارهای لیزری، حسگرهای مادون قرمز فعال هستند که برای آشکارسازی حضور خودرو، شمارش حجم تردد، اندازه‌گیری سرعت، تشخیص طول و طبقه‌بندی وسایل‌نقلیه و اندازه‌گیری طول صف استفاده می‌شوند. چندین دستگاه این سیستم می‌توانند در یک تقاطع نصب شوند بدون اینکه در سیگنال هر کدام تداخلی ایجاد شود. حسگرهای مادون قرمز جدید تصویر دو بعدی و سه بعدی از خودرو ایجاد می‌کنند که در طبقه‌بندی خودروها کاربرد دارد. حسگرهای مادون قرمز در حالت رادارهای لیزری، همانطور که در شکل ۲-۳۱ مشاهده می‌شوند، در ارتفاع ۶/۱-۷/۶ متری بالای جاده با زاویه انتشار ۵ درجه نصب می‌شوند و برخی از این رادارها قابلیت تفکیک ۱۱ گروه وسیله‌نقلیه را دارند.



شکل ۲-۳۱- نحوه نصب رادار پرتو لیزری

omoorepeyman.ir

این مدل‌ها با مناطق ترددشماری استاتیک و دینامیک طراحی شده‌اند که مانند دو حلقه‌القایی عمل می‌کنند. محل و نحوه قرار گرفتن مناطق ترددشماری در جاده در شکل ۲-۳۲ نشان داده شده است. تأخیر زمانی بین سیگنال‌های سه منطقه دینامیک برای محاسبه سرعت استفاده می‌شود. با استفاده از زمان حضور خودرو در چهار منطقه آشکارسازی، ضریب اشغال وسایل‌نقلیه ثابت و در حال حرکت محاسبه می‌شود.



شکل ۲-۳۲- پیکر بندی حسگرهای مادون قرمز غیرفعال با چندین منطقه آشکارسازی

نصب حسگرهای مادون قرمز نیاز به تخریب روسازی ندارند. از مزایای حسگرهای فعال می‌توان به توانایی فرستادن چندین پرتو برای افزایش دقت در اندازه‌گیری مکان، سرعت و گروه وسیله‌نقلیه اشاره کرد. همچنین حسگرهای مادون قرمز غیرفعال با چندین منطقه ترددشماری سرعت را اندازه‌گیری می‌کنند. شناسایی حضور وسایل‌نقلیه در چندین خط فقط در مدل‌هایی که در کنار جاده نصب می‌شوند موجود است.

اشعه خورشید ممکن است باعث تولید سیگنال‌های ناخواسته شود. همچنین ذرات جوی و هوای نامناسب، انرژی‌ای را که به سطح صفحه کانونی می‌رسند را جذب یا پراکنده می‌کنند. اثر پراکندگی و جذب به غلظت آب موجود در مه غلیظ و رقیق، باران و برف و همچنین دود و گردو غبار وابسته است. همچنین گزارشاتی مبنی بر کاهش عملکرد حسگرها در اثر بارندگی داده شده است.

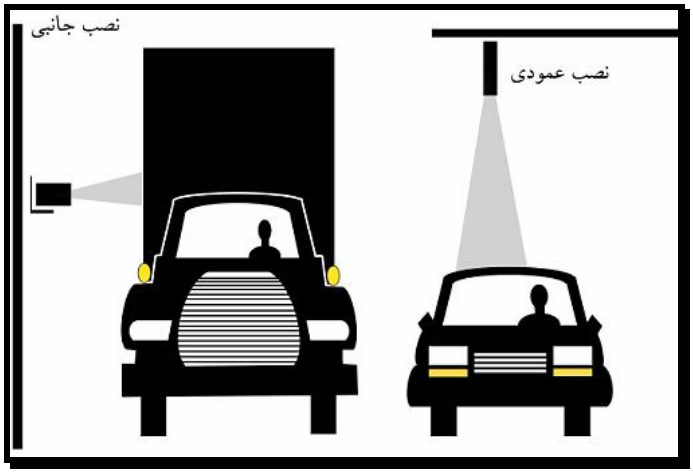
۲-۲-۴- حسگرهای مافوق صوت

حسگرهای مافوق صوت یک موج صوتی را با فرکانس بین ۲۵-۵۰ کیلوهرتز ارسال می‌کند که بالاتر از آستانه شنوایی انسان است. اکثر حسگرهای مافوق صوت، با شکل موج پالسی کار می‌کنند و عمل شمارش وسیله‌نقلیه و محاسبه ضریب اشغال را انجام می‌دهند. موج پالسی فاصله سطح جاده و سطح وسیله‌نقلیه را با استفاده از موج بازگشتی از منطقه‌ای که برای حسگر تعریف شده است، اندازه می‌گیرد. هنگامی که فاصله اندازه‌گیری شده، با فاصله اندازه‌گیری شده از سطح جاده متفاوت باشد، حسگر این تغییر فاصله را به عنوان حضور یک خودرو تلقی می‌کند. انرژی بازگشتی تبدیل به سیگنال‌های الکتریکی می‌شود و توسط یک پردازشگر سیگنال تحلیل می‌شود. این سیگنال‌ها ممکن است از یک مبدل سیگنال یا از یک کنترل‌کننده کنار جاده رسیده باشد. پالس‌های انرژی در دو زاویه نزدیک به هم ارسال می‌شوند تا سرعت خودرو با استفاده از اندازه‌گیری زمان ورود خودرو به هر یک از دو منطقه محاسبه شود.

omoorepeyman.ir

همچنین حسگرهای مافوق صوت می‌توانند از یک فرکانس ثابت و قانون داپلر نیز استفاده کنند، اما قیمت‌شان نسبت به نوع پالسی بیشتر است.

همانطور که در شکل ۲-۳۳ نشان داده می‌شود، حسگرهای مافوق صوت در دو جهت رو به پایین جاده و در کنار جاده نصب می‌شوند. معمولاً حسگرهای مافوق صوت، یک سری پالس با عرض ۰/۰۲ تا ۲/۵ میلی‌ثانیه را با دوره تکرار (زمان بین دو گروه پالس) ۳۳ تا ۱۷۰ میلی‌ثانیه ارسال می‌کنند. حسگر فاصله زمانی رفت و برگشت پالس تا وسیله‌نقلیه را محاسبه می‌کند. گیرنده به یک دریچه قطع و وصل مجهز است که روشن و خاموش شدن آن توسط کاربر تنظیم می‌شود تا بین پالس‌های بازگشتی از سطح جاده و وسیله‌نقلیه تفاوت قائل شود. این دریچه برای آشکار کردن اشیاء که بیش از ۰/۵ متر از سطح جاده فاصله دارند، تنظیم می‌شود. کنترل خودکار فرکانس تکرار پالس‌ها، اثر چندین بازگشت را خنثی می‌کند و تشخیص اتومبیل‌های سرعت بالا را بهبود می‌بخشد. در این روش دوره تناوب تکرار پالس را به حداقل می‌رسانند به این صورت که پالس بعدی به سرعت بعد از بازگشت پالس قبلی ارسال می‌شود.



شکل ۲-۳۳- نحوه نصب حسگرهای مافوق صوت فاصله‌یاب

نصب حسگرهای مافوق صوت نیاز به تخریب جاده ندارد همچنین بعضی از مدل‌ها قابلیت کنترل چندین خط را دارند.

تغییر دما و تلاطم شدید هوا بر کیفیت عملکرد این سیستم تاثیر منفی می گذارد، به همین دلیل در بعضی از مدل‌های آن اصلاح کننده دمایی بکار رفته است. دوره تناوب بزرگ تکرار پالس نیز در اندازه‌گیری ضریب اشغال تاثیر منفی می‌گذارد.

۲-۲-۵- حسگرهای صوتی غیرفعال

حسگرهای صوتی، عبور خودرو و سرعت آن را با آشکارسازی انرژی صوتی‌ای که از خودروی عبوری صادر می‌شود و همچنین از صدای برخورد لاستیک خودرو با سطح جاده شناسایی می‌کنند. هنگامی که یک خودرو از منطقه آشکارسازی عبور می‌کند، میزان انرژی صوتی بالا می‌رود و پردازشگر سیگنال حضور یک خودرو را ثبت می‌کند و هنگامی‌که خودرو در منطقه عبور می‌کند میزان انرژی صوتی افت می‌کند و پردازشگر سیگنال عدم حضور خودر را ثبت می‌کند. اصواتی که از مکان‌هایی خارج از منطقه آشکارسازی دریافت می‌شوند، نیز تضعیف می‌شوند تا در عملکرد سیستم تاثیر منفی نداشته باشند.

omoorepeyman.ir

حسگرهای صوتی غیرفعال برای نصب نیاز به تخریب روسازی ندارند و در مقابل رطوبت و بارش نیز حساس نیستند، اما هوای سرد بر عملکرد این دستگاه ها تاثیر می‌گذارد. همچنین از این حسگرها نمی‌توان در شرایط ترافیکی که خودروها در حالت غیر یکنواخت توقف و حرکت هستند، استفاده کرد.

۲-۳- مقایسه شناسگرها از نظر نوع فن‌آوری بکار رفته در آنها

جدول ۲-۶ نقاط ضعف و قوت فن‌آوری‌های مختلف شناسگرها را مورد بررسی قرار می‌دهد. از این جدول علاوه بر مقایسه انواع مختلف فن‌آوری‌ها، می‌توان برای مقایسه مزایا و معایب شناسگرهای روسطحی و زیرسطحی نیز استفاده کرد. معیارهای مورد بررسی در این جدول شامل روش‌های نصب، پارامترهای قابل اندازه‌گیری توسط شناسگر و محدودیت‌های احتمالی در کارایی شناسگر است. تمام شناسگرهایی که در جدول ۲-۶ نام برده شده‌اند، قابلیت کارکرد با دیگر ابزارهای مدیریت ترافیک و همچنین کار کردن در یک سیستم مدیریت ترافیک را دارند. بعضی فن‌آوری‌ها مانند پردازش تصاویر ویدیویی همچنان در حال تکمیل شدن هستند تا دیگر پارامترهای ترافیکی مانند ردیابی وسایل‌نقلیه و ارتباط با دیگر دوربین‌ها را نیز فراهم نمایند.

جدول ۲-۶- نقاط ضعف و قوت شناسگرهای رو سطحی و زیر سطحی

نام فن‌آوری	نقاط قوت	نقاط ضعف
حلقه‌های القایی	– طراحی قابل انعطاف برای بر آورده کردن نیاز اکثر کاربردها، فن‌آوری کاملا شناخته شده، امکان اندازه‌گیری پارامترهای پایه(مانند: حجم، حضور، سرعت، ضریب اشغال، سرفاصله و فاصله دو خودرو) مدل‌هایی که فرکانس تحریک بالا دارند کار طبقه بندی را نیز انجام می دهند. – هزینه نسبی بالایی دارند، به شرایط جوی نظیر باران، مه و برف حساس نیستند، برای اطلاعات شمارش شده بهترین دقت را نسبت به دیگر فن‌آوری‌های معمول مورد استفاده تامین می‌کنند.	– نصب نیاز به برش جاده دارد. – در برخی موارد ممکن است عمر جاده را کم شود. – نصب و تعمیر نیاز به بستن خط دارد. – سیم‌های حلقه‌ها تحت تاثیر تنش ترافیک و دما قرار دارند. – به چندین آشکار ساز برای اندازه‌گیری پارامترهای یک مکان نیاز است. یا به عبارت دیگر برا هر خط یک جفت شناسگر مورد نیاز است. – هنگامی که نیاز به شناسایی انواع زیاد وسیله‌نقلیه باشد، ممکن است دقت آشکارساز کم شود.
مغناطیس‌سنج‌ها (مغناطیس‌سنج دو محوری)	– کمتر از حلقه‌های القایی تحت تنش ترافیک قرار دارند. – در بعضی از مدل‌ها اطلاعات بصورت ارتباط رادیویی بی سیم انتقال داده می‌شود. – نسبت به شرایط جوی نظیر باران، مه و برف حساس نیستند.	– نصب نیاز به برش آسفالت دارد. – عمر آسفالت کم می‌شود. – نصب و تعمیر نیاز به بستن خط دارد. – بعضی از مدل‌ها منطقه کوچکی از جاده را برای آشکار سازی تحت پوشش قرار می دهند(برای مدل‌هایی با منطقه آشکارسازی کوچک نیاز به چند واحد برای شناسایی کل باند است.)
مغناطیس‌سنج (با حلقه القایی یا سیم‌پیچ جستجوگر)	– در مکانهایی که امکان استفاده از حلقه‌های القایی نیست استفاده می‌شود، مانند پل‌ها. – بعضی مدل‌ها بدون نیاز به برش آسفالت در زیر جاده نصب می‌شوند. – کمتر از حلقه‌های القایی تحت فشار ترافیک قرار دارند. – نسبت به شرایط جوی نظیر باران، مه و برف حساس نیستند.	– نصب نیاز به برش زدن یا تونل زدن زیر آسفالت دارد. – خودروهای متوقف را شناسایی نمی‌کند، مگر با استفاده از طرح های ویژه و نرم‌افزار پردازش سیگنال.

omoorepeyman.ir

نام فن‌آوری	نقاط قوت	نقاط ضعف
رادار ماکرویو	– عموما به وضعیت جوی نا مناسب حساس نیست. – مستقیما سر عت را اندازه‌گیری می‌کند. – قابلیت کنترل چندین خط را با هم دارد.	– پهنای باند آنتن و شکل موج ارسالی باید متناسب با کاربرد باشد. – شناسگرهای داپلر وسایل‌نقلیه متوقف را شناسایی نمی‌کنند.
مادون قرمز	– در نوع فعال (رادار لیزری) چندین پرتو برای دقت در اندازه‌گیری مکان، سرعت و نوع وسیله‌نقلیه ارسال می‌شود. – شناسگرهای فعال قابلیت کنترل چندین باند را با هم دارند. – شناسگرهای غیرفعال چن ناحیه ای قادر به اندازه‌گیری سرعت هستند.	– عملکرد شناسگرهای فعال تحت تاثیر هوای مه آلود با دید کمتر از (۶ متر) و برفی قرار می گیرد. – حساسیت شناسگرهای غیرفعال در هوای مه آلود و بارانی کاهش می‌یابد. – نصب و نگهداری شناسگرهای فعال شامل تمیز کردن دوره ای لنزها است که نیاز به بستن باند دارد. – شناسگرهای غیرفعال حساسیت وسیله‌نقلیه را در وضعیت برف و باران شدید و مه غلیظ کاهش داده اند. – بعضی از مدل‌ها برای شناسایی حضور وسیله‌نقلیه پیشنهاد نمی‌شوند.
مافوق صوت	– قابلیت کنترل چندین خط را با هم دارد. – قابلیت شناسایی وسایل‌نقلیه با ارتفاع زیاد را دارد.	– بعضی شرایط محیطی نظیر تغییرات دما و تلاطم شدید هوا بر عملکرد دستگاه تاثیر می گذارد. در بعضی مدل‌ها جبران‌سازی دما وجود دارد. – دوره تناوب تکرار پالس بزرگ باعث پایین آمدن کیفیت اندازه‌گیری ضریب اشغال در آزادراه‌هایی با وسایل‌نقلیه درحال حرکت با سرعت متوسط و بالا می‌شوند.
آرایه صوتی	– آشکار سازی غیر فعال. – حساس به شتاب. – در بعضی از مدل ها قابلیت کنترل چندین خط با هم – به برف و باران حساس نیستند.	– هوای سرد روی دقت اطلاعات(شمارش وسیله) تاثیر می گذارد. – بعضی مدل‌های خاص برای استفاده در سرعت‌های پایین و وضعیت حرکت توقف در ترافیک توصیه نمی‌شود.
پردازش تصاویر ویدئویی	– قابلیت کنترل (چندین خط و منطقه با هم) – قابلیت اضافه و تغییر منطقه آشکار سازی – آرایه غنی از اطلاعات موجود است. – امکان آشکار سازی منطقه وسیعی را، زمانی که اطلاعات دوربین‌ها به هم متصل می‌شوند (در محل یک دوربین جمع می‌شوند و می‌توانند به یکدیگر متصل شوند) دارند.	– هوای نامناسب نظیر باران برف و مه، سایه ها، نور افشانی خودروهای باند کناری، تغیر حالت روز به شب اختلاف رنگ جاده و خودرو– آب، دوده قندیل یخ، تار عنکبوت روی لنز دوربین بر عملکرد آن تاثیر می گذارد. – به ارتفاع نصب ۱۵ تا ۱۸ متر برای کنترل بهینه حضور و سرعت نیاز دارد. – ارتفاع نصب ۹ تا ۱۵ متر برای دوربین‌هایی که در کنار جاده نصب می‌شوند جهت بهینه سازی شناسایی حضور وسیله و اندازه‌گیری سرعت. – عموما زمانی مقرون به صرفه است که چندین منطقه آشکار سازی در میدان دید دوربین باشد. – نصب و نگهداری آن شامل تمیز کردن دوره ای لنزها، نیاز به بستن باند دارد، البته زمانی که در بالای مسیر سواره رو نصب می‌شود. در صورتی که دوربین در کناره مسیر نصب شود ممکن است نیاز به بستن جاده نباشد. – برای دریافت سیگنال معتبر در شب نیاز به روشنایی خیابان دارد. – بعضی از مدل‌ها به حرکت دوربین بر اثر بادهای شدید یا لرزش دوربین حساس هستند. – هنگامی که نواحی شناسایی زیادی در میدان دید دوربین قرار بگیرند و یا اطلاعات خاصی مورد نیاز باشد، هزینه عامل موثری است.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۳

انتخاب نوع شناسگرها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۳-۰- گستره

در این فصل مبانی انتخاب نوع شناسگرها ارائه می شود، به گونه‌ای که اطلاعات مورد نیاز و کیفیت مورد نظر را تامین کند. برای انتخاب شناسگر، متناسب با دامنه کاربرد آن لازم است استانداردها و معیارهایی وجود داشته باشد. معیارهای ارائه شده در این فصل به عنوان رهنمودهای کلی جهت انتخاب نوع شناسگر به کار می‌روند.

۳-۱- معیار انتخاب

انتخاب شناسگر بستگی به نوع اطلاعات مورد نیاز، دقت اطلاعات، ناحیه آشکارسازی، وسایل مناسب برای انتقال اطلاعات، هزینه اولیه حسگر و هزینه‌های نگهداری قابل قبول دارد. این معیارها باید بطور جداگانه به عنوان بخشی از فرآیند انتخاب شناسگر مورد ارزیابی قرار گیرند.

فن‌آوری حسگر موجب در اختیار گذاردن برخی امکانات و همچنین بروز برخی محدودیت‌ها در عملکرد، نصب، تعمیر و نگهداری و مواردی از این دست می‌شود.

فن‌آوری حسگرها و تئوری عملکرد آنها نشان می‌دهد که هریک از آنها کارایی خاص خود را دارند. به عنوان نمونه سیم‌پیچ جستجوگر که یک نوع حسگر مغناطیسی است، نباید در مواردی که نیاز به آشکارسازی حضور وسایل‌نقلیه است، بکار رود، زیرا آنها فقط قادر به آشکارسازی وسایل‌نقلیه درحال حرکت هستند. حلقه های القایی نیز همیشه مناسب نیستند. به عنوان مثال حلقه‌های طویل برای شناسایی صف‌های طولانی و جریان فوق اشباع مناسب نیستند. اگر منطقه میدان مغناطیسی القا شده برای شناسایی وسیله در خط مورد نظر مناسب باشد، حلقه‌ها می‌توانند برای پایش و کنترل آزادراه مورد استفاده قرار گیرند.

۳-۱-۱- انتخاب براساس عملکرد

بطور کلی برای پایش نواحی بزرگ در یک مسیر عبور در تقاطع‌های چراغ‌دار، هم حلقه‌های القایی و هم یک یا چند مغناطیس‌سنج جهت آشکارسازی حضور وسایل‌نقلیه مناسب هستند. اما معمولا حلقه‌های القایی کم هزینه‌تر هستند. برای یک مسیر عبور که فقط پایش مقدماتی مورد نیاز است، می‌توان هریک از سه نوع حسگر حلقه القایی، مغناطیس‌سنج و آشکارساز مغناطیسی را نصب کرد. در این مورد خاص، مغناطیس‌سنج‌ها به خاطر سختی و نسبت هزینه به عمر مفید پایین، گزینه مناسبی باشند. جدول ۳-۱ فهرستی از اطلاعاتی که هر فن‌آوری دارد، ارائه می‌کند.

سطح تحت پوشش پهنای باند مورد نیاز برای انتقال اطلاعات نیز از جمله شاخص‌های عملکردی است که در جدول ۳-۱ مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که بر اساس پهنای باند ارتباطی، زمانی که فقط آمارهای جمع‌آوری شده و دستورات بین شناسگرها و کنترل‌کننده‌های مرکز کنترل ترافیک مبادله شود، کم تا متوسط است و اگر تصاویر زنده ویدیویی به صورت ۳۰ تصویر[1] در ثانیه ارسال شود پهنای باند زیادی مورد نیاز خواهد بود. برای داشتن پهنای باند زیاد به یک سیستم ارتباطی مانند یک خط تلفن نیاز است که قابلیت ارسال و دریافت اطلاعات با نرخ ۱۵/۴۴ بیت در ثانیه یا دو پهنای باند ۱۲۵ مگاهرتز را داشته باشد. اگر از تصاویر

[1] Frame

omoorepeyman.ir

ویدیویی فشرده با نرخ انتقال ۲۵۶ کیلوبایت در ثانیه با پهنای باند ۲۰/۵ مگاهرتز استفاده شود، مقدار فیبر نوری کمتری مورد نیاز خواهد بود. نرخ ارسال اطلاعات هنگامی که از تعداد زیادی شناسگر استفاده شود یا از ابزارهای اطلاع‌رسانی جاده‌ای مانند تابلوی پیام‌نمای متغیر، رادیو پیام و بانک اطلاعاتی مسافرین برای مدیریت و کنترل ترافیک استفاده شود، بالا رفته و نیاز به پهنای باند بیشتری خواهد بود.

۳-۱-۲- انتخاب براساس سهولت نصب

در دهه ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ برای برخی شهرهای بزرگ، انتخاب رادارهای مایکرویو یا حسگرهای مافوق صوت مرسوم بود، زیرا آنها قبل از قرار گرفتن در محل بر روی یک پایه مناسب نصب می‌شدند و جریان ترافیک را مختل نمی‌کردند و همچنین نیاز به خرابی سطح روسازی نداشتند. از دیگر مزایای این حسگرها این بود که توسط یک نفر و در مدت ۴۵ دقیقه نصب می‌شدند. پیشرفت‌های اخیر در زمینه طراحی حسگرهایی که روی جاده قرار می‌گیرند، مشوق استفاده از این حسگرها و دیگر تکنولوژی‌ها، نظیر پردازشگرهای تصویر ویدئویی و رادارهای لیزری هستند. امروزه اغلب به روش‌هایی توجه می‌شود که نیازی به ایجاد شیار در روسازی راه نداشته باشند. نفوذپذیری روسازی‌های خراب شده، توجه بیشتر نصاب‌ها را به نصب حلقه‌های پیشرفته، ماکرولوپ‌ها، یا قطعات روسازی با حسگرهایی که از قبل در آنها کارگذاشته شده‌اند، جلب کرده است.

۳-۱-۳- انتخاب براساس سهولت نگهداری

اختلاف هزینه نگهداری حسگرها برمبنای تفاوت در تکنولوژی عملکرد آنهاست. به عنوان مثال شناسگر مغناطیس‌سنج آشکارساز حضور وسیله‌نقلیه، با کاربرد محدودش به خاطر سختی و عمر طولانی و هزینه نگهداری کم حسگر مطلوبی باقی می‌ماند. قابلیت اطمینان و عملکرد بهبود یافته واحدهای الکتریکی حلقه‌های القایی، منبع اصلی خرابی حلقه القایی را به حلقه سیم در روسازی، اتصالش با کابل تغذیه و موارد نصب حلقه انتقال داده است. ضرورت نصب حلقه‌های القایی قویتر، نیاز به هزینه‌های نگهداری کمتر را پررنگتر کرده است. می‌توان برای انتخاب شناسگر برحسب معیار تعمیر و نگهداری آنها، جدولی (نظیر جدول ۳-۱) تهیه نمود که معیارهای مربوط برای هر نوع فن‌آوری درجه بندی شده و بر اساس آن به قضاوت مهندسی مناسب دست یافت.

۳-۱-۴- سایر معیارها و ساز و کار انتخاب

از دیگر معیارهای انتخاب شناسگرها که در انتخاب آنها به‌کار می‌رود، می‌توان به شرایط آب و هوایی، نوع روسازی و کیفیت راه و نیز حجم و ترکیب ترافیک اشاره نمود. می‌توان برای سایر معیارهای مورد نظر نیز جدولی به منظور مقایسه قابلیت‌ها و توانایی‌های هر یک طراحی و ارائه نمود.

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۱- اطلاعات قابل جمع‌آوری با استفاده از انواع فن‌آوری شناسگرها[۱]

نوع فن‌آوری	داده‌های خروجی					پوشش چندین خط چندین ناحیه آشکارسازی	پهنای باند ارتباطی
	شمارش	حضور	سرعت	ضریب اشغال	طبقه‌بندی		
حلقه القایی	★	★	★[۲]	★	★		کم تا متوسط
مغناطیس‌سنج (آشکارساز دو محوری)	★	★	★[۲]	★			کم
مغناطیس‌سنج (حلقه القایی یا جستجو)	★		★[۲]	★			کم
رادار ماکرویو	★	★۳	★	★[۳]	★[۳]	★[۳]	متوسط
مادون قرمز	★	★	★[۴]	★	★	★[۴]	کم تا متوسط
مافوق صوت	★	★		★			کم
آرایه صوتی	★	★	★	★		★[۵]	کم تا متوسط
پردازش تصاویر ویدیویی	★	★	★	★	★	★	کم تا زیاد

(۱) برای مقایسه شناسگرها، هزینه نصب، تعمیر و نگهداری نیز باید لحاظ گردد تا یک نتیجه واقعی برای هر شناسگر حاصل شود.

(۲) سرعت با دو شناسگر که در فاصله معین از هم قرار گرفته‌اند قابل اندازه‌گیری است یا استفاده از طول ناحیه آشکارسازی یا طول وسیله‌نقلیه

(۳) برای رادارهای ماکرویو که شکل موج مناسب را منتشر می‌کند و پردازش سیگنال مناسب دارند.

(۴) در حالت چند منطقه آشکار سازی شناسگرهای مادون قرمز در مد فعال یا غیرفعال قرار دارند.

(۵) مدل‌های که شکل موج و پرتو مناسب همراه با پردازش سیگنال دارند

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۴

دستورالعمل نصب شناسگرها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۴-۰- گستره

در این فصل نکات و مواردی که لازم است در نصب هر یک از انواع شناسگرهای ترافیکی مورد توجه قرار گیرد ارائه می‌شود.

۴-۱- شناسگرهای دارای فن‌آوری مختل کننده

۴-۱-۱- آشکارسازهای حلقه القایی

۴-۱-۱-۱- ضوابط قبل از نصب

۴-۱-۱-۱-۱- طرح‌های نصب

به منظور آشکار سازی تردد، سرعت، و طبقه بندی وسایل نقلیه باید دو حلقه القایی متوالی با فاصله مشخص از یکدیگر در یک خط عبور نصب شوند که طرح نصب حلقه‌ها بر اساس سه پارامتر تعداد خطوط عبور در نظر گرفته شده برای نصب، عرض خط عبور، و عرض شانه راه متفاوت خواهد بود. بر این اساس طرح‌های نصب حلقه‌ها برای یک جهت عبور به ۵ گروه طبقه‌بندی می‌شود. اختصارات بکار رفته در شکل‌های ۴-۱ الی ۴-۵ به قرار زیر تعریف می‌شود.

خط عبور i i امین خط عبور از سمت نصب دستگاه آشکارساز تردد

Si اولین حلقه تحریک شونده در i امین خط عبور

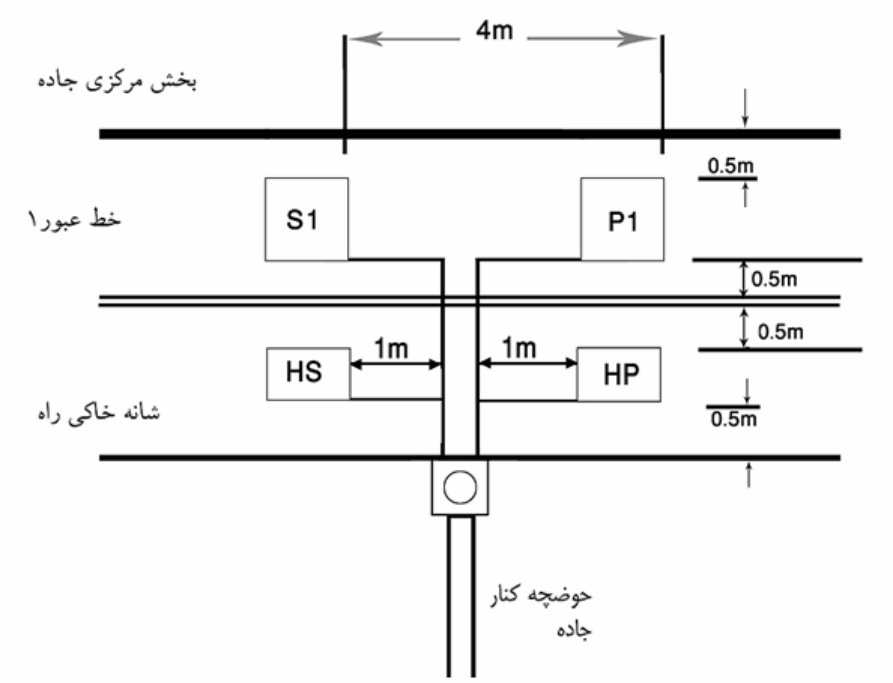
Pi دومین حلقه تحریک شونده در i امین خط عبور

HS اولین حلقه تحریک شونده در شانه خاکی راه

HP دومین حلقه تحریک شونده در شانه خاکی راه

omoorepeyman.ir

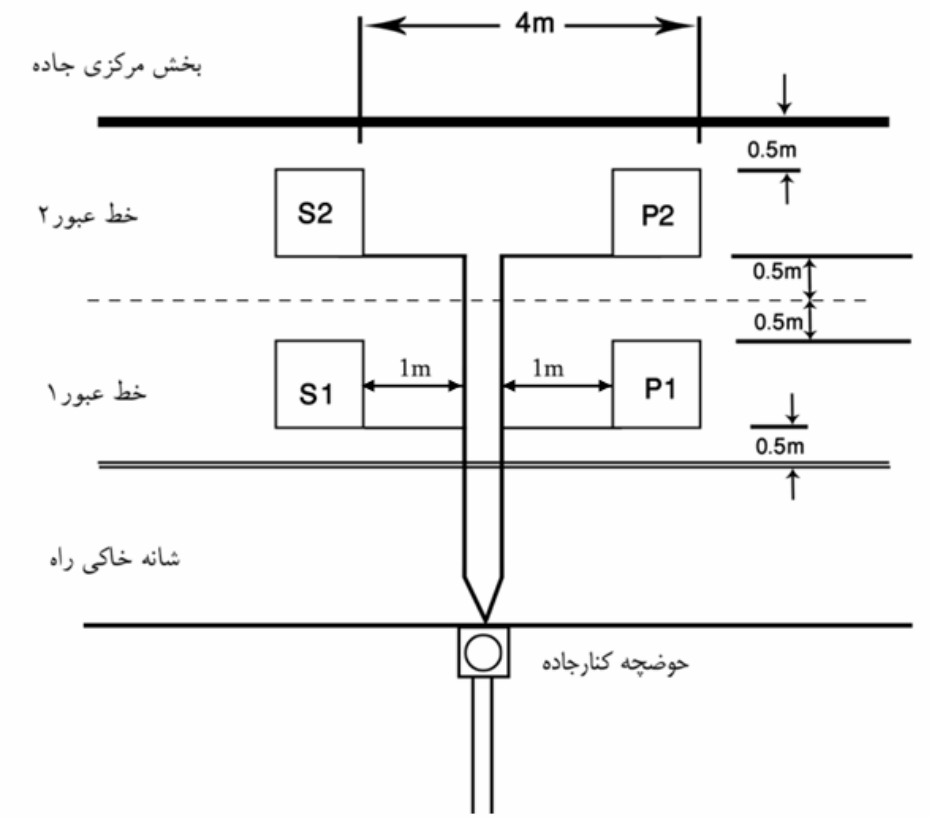
الف- یک خط عبور با شانه بیشتر از ۱/۲ متر: مطابق شکل ۴-۱



شکل ۴-۱- طرح نصب حلقه القایی در یک خط محور و شانه خاکی راه

omoorepeyman.ir

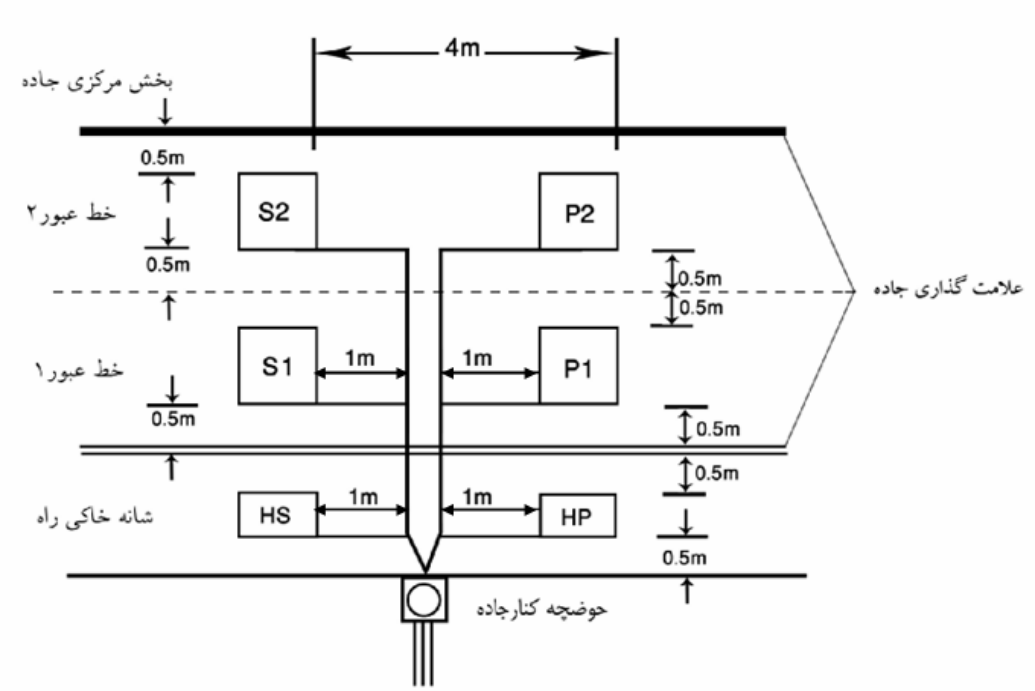
ب- دو خط عبور با شانه کمتر از ۱/۲ متر: مطابق شکل ۴-۲



شکل ۴-۲- طرح نصب حلقه القایی در دو خط محور

omoorepeyman.ir

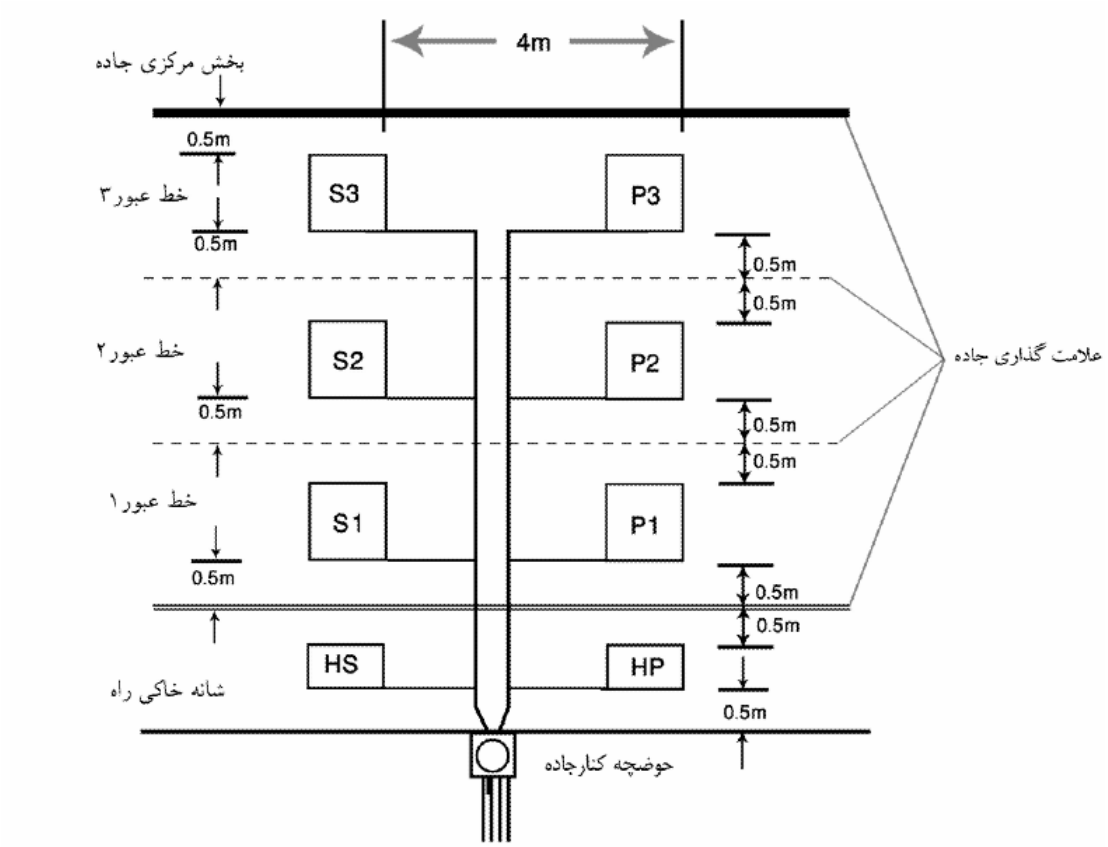
پ- دو خط عبور با شانه بیشتر از ۱/۲ متر : مطابق شکل ۴-۳



شکل ۴-۳- طرح نصب حلقه القایی در دو خط محور و شانه خاکی راه

omoorepeyman.ir

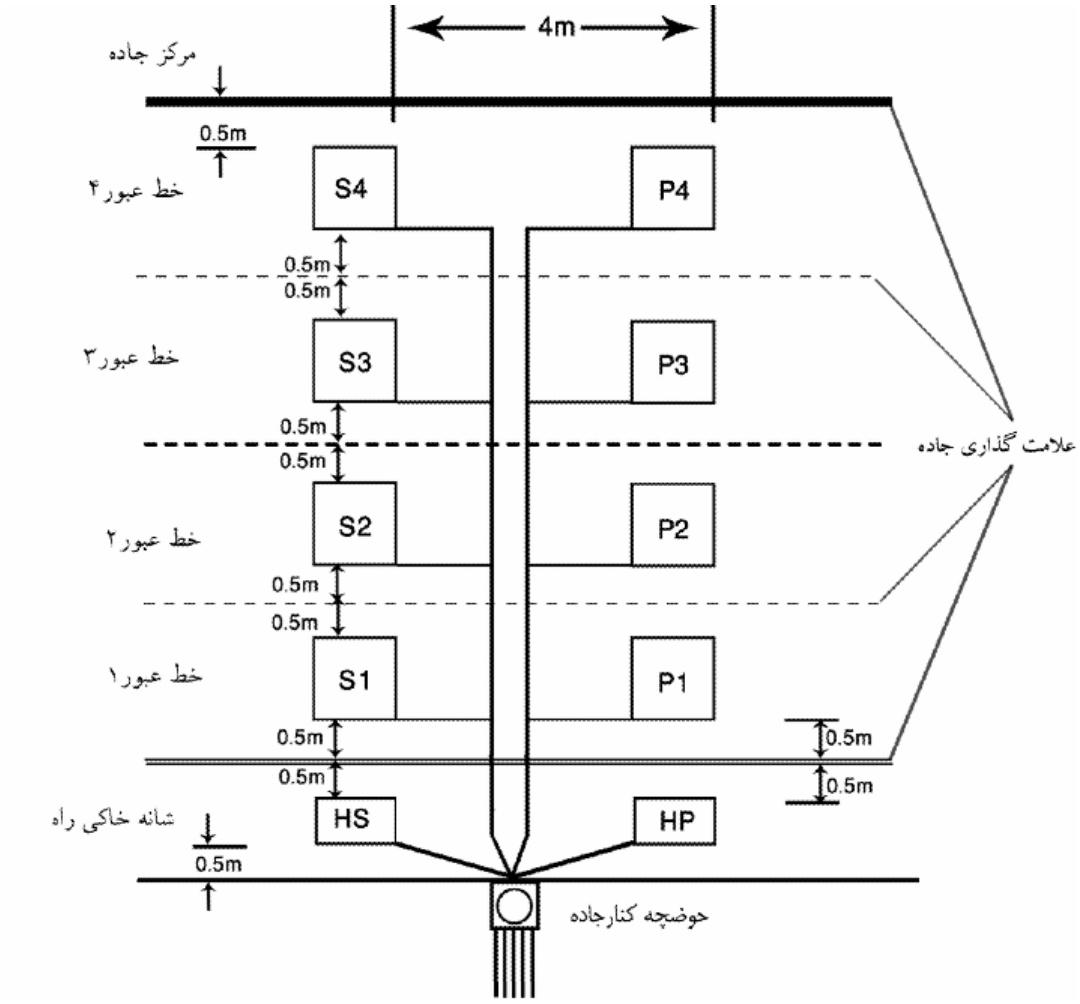
ت- سه خط عبور با شانه بیشتر از ۱/۲ متر: مطابق شکل ۴-۴



شکل ۴-۴- طرح نصب حلقه القایی در سه خط محور و شانه خاکی راه

omoorepeyman.ir

ث–چهار خط عبور با شانه بیشتر از ۱/۲ متر: مطابق شکل ۴–۵



شکل ۴–۵– طرح نصب حلقه القایی در چهار خط محور و شانه خاکی راه

omoorepeyman.ir

۴-۱-۱-۱-۲- ابعاد حلقه‌ها

ابعاد حلقه‌ها بر اساس فاصله لبه حلقه از کنار جاده یا خطوط ترافیک و عرض خط عبور تعیین می‌شود.

به دلیل جلوگیری از تداخل مغناطیسی حلقه‌ها و همچنین اطمینان از تشخیص عبور وسایل نقلیه فاصله لبه حلقه‌ها از خط کنار جاده یا خطوط ترافیک باید ۰/۵ متر باشد.

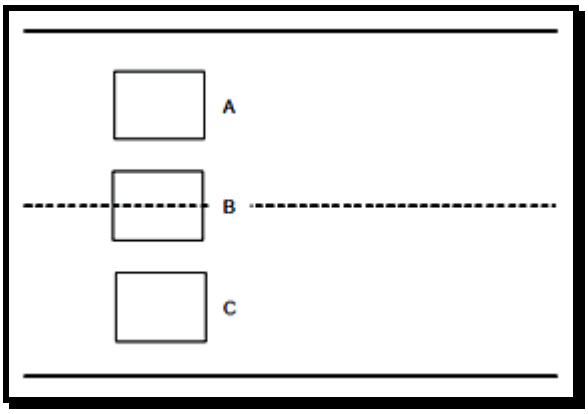
حداقل عرض حلقه باید ۱/۵ متر باشد.

با در نظرگیری فاصله ۰/۵ متری میان لبه حلقه‌ها و خط کنار جاده یا خطوط ترافیک، و با توجه به اینکه عرض خط عبور در راه‌های برون‌شهری بین ۳ تا ۳/۶۵ متر است، عرض حلقه بین ۲ تا ۲/۵ متر انتخاب می‌شود.

به منظور افزایش دقت در تشخیص وسایل نقلیه، کاهش خطا، و همچنین اندازه‌گیری سرعت فاصله بین لبه حلقه‌ها باید ۴ متر باشد.

در صورتی‌که عرض شانه راه بیشتر از ۱/۲ متر باشد به منظور شناسایی دقیق وسایل نقلیه باید در شانه راه نیز حلقه القایی نصب شود.

درصورتی‌که خطوط عریض بوده و حجم ترافیک مدام تغییر خط می‌دهد، اگر دقت شمارش مهم باشد، پیشنهاد می‌شود یک حلقه اضافه مطابق شکل ۴-۶ بین دو خط قرار گیرد. توجه به این نکته ضروری است که حداقل فاصله لبه حلقه‌ها از یکدیگر در دو خط عبور مجاور باید برابر ۱ متر باشد.



شکل ۴-۶- نحوه نصب یک حلقه القایی اضافه بین دو حلقه به منظور شمارش دقیق‌تر وسایل نقلیه

۴-۱-۱-۱-۳- ترسیم نقشه مقیاس محل

در این نقشه باید محل نصب حسگرها، علامت‌گذاری سطح روسازی، محل مجرای آب و دریچه‌ها، منابع نیرو و تجهیزات الکتریکی نزدیک محل نصب که با نصب تداخل دارند، آهن‌آلات زیرزمینی یا زیر سطح روسازی نزدیک محل نصب مشخص شود و این نقشه توسط مهندس طراح مورد بازبینی قرار گیرد.

۴-۱-۱-۱-۴- بازدید میدانی از محل

به منظور شناسایی وجود یا عدم وجود درزه‌های روسازی که در طراحی و روش نصب حلقه‌های القایی تاثیر می‌گذارد، تعیین روش دفن کابل‌ها و روش نصب حسگرها و تعیین نوع و مقدار تجهیزات و مصالح مورد نیاز برای نصب، تعیین موقعیت حفاظ‌ها یا مخروط‌های لازم و لباس‌های ایمنی جهت کنترل ترافیک، تخمین نیروی انسانی مورد نیاز و زمان مورد نیاز برای نصب، حوزه

omoorepeyman.ir

وظایف نصب و در نهایت تعیین مجوزهای لازم برای نصب، باید بازدید میدانی از محل صورت گیرد. همچنین منافذ و کانال‌های منابع تغذیه باید مد نظر قرار گیرد. نتایج بدست آمده از این بازدید باید مطابق با نقشه‌ترسیم شده باشد.

۴-۱-۱-۱-۵- تجهیزات و مصالح مورد نیاز برای نصب

تجهیزات و مصالح مورد نیاز برای نصب آشکارسازهای حلقه القایی به قرار زیر است.

- دستگاه برش آسفالت[1] برای دفن کردن کابل در خاک.
- منبع آب که با یک تیغه الماسی و به منظور خنک کردن و تمیز کردن بخش خارجی برشها به کار می‌رود.
- مته دستی جهت سوراخ کردن جدول بتنی.
- کمپرسور هوا، که با مته دستی به کار می‌رود و برای تمیز کردن و خشک کردن برش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- اسکنه و چکش که جهت برطرف کردن لبه‌های تیز در گوشه برش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- ابزاری دارای لبه ضخیم جهت قرار دادن سیم در برش.
- ابزاری برای فراهم کردن پیچهای یکنواخت سیم‌های رابط.
- الگو یا لبه‌های مستقیم برای علامت‌گذاری حلقه‌ها روی سطح روسازی.
- مگا اهم متر و ولت/اهم متر برای بازبینی و آزمایش مقاومت و پیوستگی سیم.
- تحلیلگر حلقه که پیوستگی و القای حلقه را آزمایش می‌کند.
- هویه برای لحیم کردن اتصالات.
- متر نواری با حداقل طول ۳۰ متر برای اندازه‌گیری‌های دقیق محل حلقه.
- سیم شناسگر شامل سیم حلقه و سیم‌های رابط.
- کابل رابط که به سیم رابط حلقه در حوضچه تابیده می‌شود و سیم‌های رابط را به واحد الکترونیکی در کابینت کنترلر متصل میکند.
- حوضچه که اتصال بین سیم رابط و کابل رابط در آن انجام می‌شود و محل دسترسی جهت نگهداری را فراهم می‌کند.
- بتن برای حفظ کردن حوضچه در محل.
- محافظ تغییر ولتاژ ناگهانی که برای حفاظت الکترونیکی در کابینت کنترلر بکار می‌رود.
- لحیم مورد نیاز برای اتصالات.
- اسپری رنگ یا گچ و ریسمان برای طراحی ابعاد حلقه قبل از برش.

۴-۱-۱-۱-۶- موقعیت نصب حسگرهای حلقه القایی

حسگرها باید به اندازه ۱ متر از بخش‌های کناره سواره‌رو نظیر کانال‌ها، آبراهه‌ها اشیاء آهنی کنار راه، کیوسک‌های کناری و غیره فاصله داشته باشند.

فاصله حسگرها با بخش اساس ساختمان راه حداقل ۵ میلی‌متر باشد.

omoorepeyman.ir

[1] Cutter

در سطوح روسازی بتنی، شیار سیم حلقه‌ها و کابل‌های رابط نباید در فاصله‌ای کمتر از ۱/۵ متر نسبت به مقطع بتنی مجاور قرار گیرند.

۴-۱-۱-۷- مشخص نمودن محدوده نصب حسگرها

پس از ایمن‌سازی محدوده نصب حسگرها با استفاده از مخروطها ، باید محل نصب حلقه‌های حسگر و همچنین محل عبور سیم‌ها و کابل‌ها را توسط خط‌کشی و علامت‌گذاری روی سطح جاده مشخص گردد.

۴-۱-۱-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی

۴-۱-۱-۲-۱- ابعاد شیارها

عرض شیارهای ایجاد شده در سطوح بتنی یا آسفالتی باید حداکثر ۱۰ میلی‌متر با رواداری در حدود ۰/۱ میلی‌متر باشد. در واقع عرض شیار باید از بزرگترین مقدار قطر سیم حلقه‌ها بیشتر بوده و حداکثر ۲ میلی‌متر بیشتر از قطر سیم باشد. درصورتی‌که کابل‌های به هم تابیده شده در شیار قرار گیرند، عرض شیار باید به اندازه ۱۶ میلی‌متر با رواداری به اندازه ۴ میلی‌متر گسترش یابد.

عمق شیار باید براساس تعداد دورهای سیم حلقه و مطابق جدول ۴-۱ تعیین شود.

جدول ۴-۱- عمق پیشنهادی شیار

تعداد دورهای سیم	۱	۲	۳	۴	۵	۶
عمق برش(میلیمتر)	۲۹	۳۵	۴۰	۴۴	۵۱	۵۱

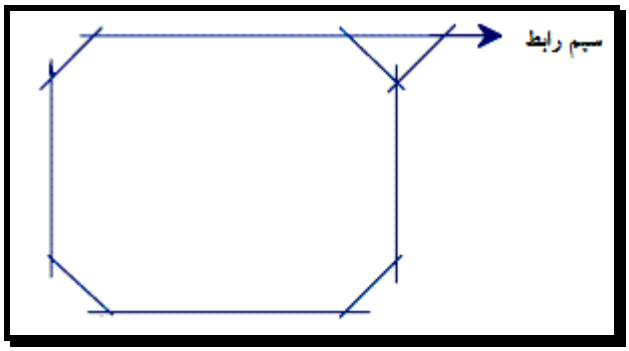
۴-۱-۱-۲-۲- برش شیارها

برش شیارها باید توسط کاترهای مخصوص با تیغه ارهای الماسی صورت گیرد. به منظور جلوگیری از ایجاد یخبندان در شیارهای مربوطه عملیات نصب نباید در دمای کمتر از ۲ درجه سانتیگراد انجام شود.

به منظور کاهش آسیب به سیم حلقه‌ها در گوشه‌ها، دو روش وجود دارد:

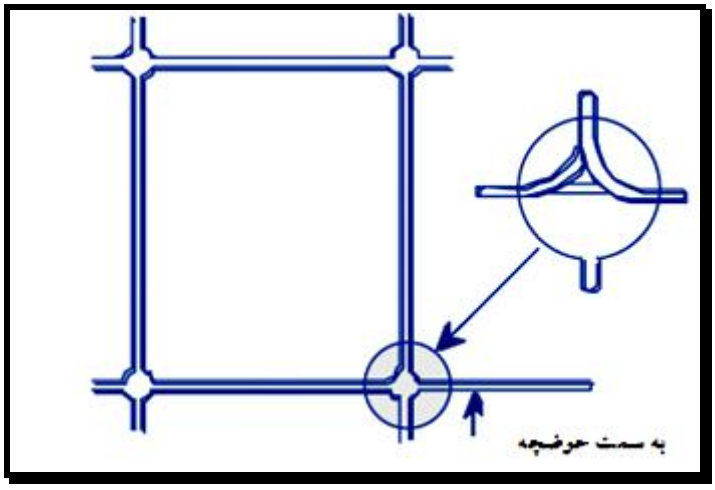
روش اول- ایجاد برشی مورب مطابق شکل ۴-۷ در گوشه شیارهای حلقه. در صورت استفاده از این روش طول شیار مورب باید حداقل۳۰ سانتی‌متر باشد. توجه به این نکته ضروری است که عمق شیارهای مورب و همچنین نقاط اتصال آنها به شیار اصلی باید دارای عمقی برابر عمق شیار اصلی باشد.

omoorepeyman.ir



شکل ۴-۷- برش مورب گوشه

روش دوم- ایجاد سوراخهایی به قطر ۳ سانتیمتر در گوشه‌های حلقه قبل از برش دادن شیارها مطابق شکل ۴-۸ . این روش نسبت به روش اول که یک روش سنتی است هم سریعتر است (برای ایجاد هر سوراخ در گوشه حدود ۱۵ ثانیه زمان لازم است) و هم یکپارچگی روسازی در آن حفظ می‌شود.



شکل ۴-۸- نمونه‌برداری با مته در گوشه های حلقه

در محل علامت‌گذاری شده باید تنها یک شیار ایجاد کرد. اگر به هر دلیلی برش شیار دیگری لازم باشد، باید در فاصله حداقل ۱۵ سانتی‌متری شیار قبلی آن را ایجاد کرد.

درصورت مشاهده شکست یا خرابی در بخش زیرین، اساس و زیر اساس جاده به هنگام برش شیارها ناظرین باید کار را متوقف کنند. در این مکان‌ها نباید حلقه نصب شود.

۴-۱-۱-۲-۳- تمیز کردن و خشک کردن شیارها

تمیز کردن شیارها باید بلافاصله پس از اتمام عملیات برش صورت گیرد و هرگونه گرد و غبار و آلاینده توسط جت آب برداشته شود. پس از تمیز کردن شیارها باید آنها را توسط یک کمپرسور باد کاملا خشک نمود به‌طوری‌که جمع‌شدگی آب در شیار مشاهده نشود. حجم هوای فشرده ذخیره شده در کمپرسور باید به اندازه کافی باشد تا از اتلاف زمان برای پر کردن مجدد آن جلوگیری شود.

omoorepeyman.ir

۴-۱-۱-۲-۴- جایگذاری سیم‌ها و کابل‌ها

سیم‌های حلقه باید دارای عایق با کیفیت نظیر پلی‌اتیلن یا پروپیلن باشند.

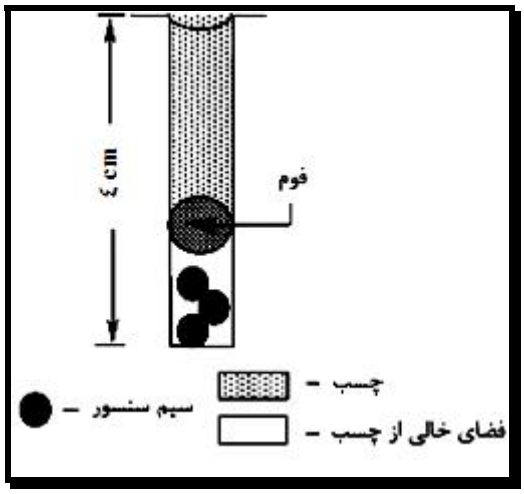
سیم مورد استفاده در حسگر بعد از قرار گرفتن درون شیارها و قبل از ریختن رزین بر روی آن باید تست اهمی شود و این‌کار توسط یک اهم‌متر صورت می‌گیرد.

با توجه به نوع و دقت دستگاه ترددشمار و ابعاد حلقه معمولا تعداد ۳ تا ۷ دور سیم در شیارهای مربوط به هر حلقه قرار می‌گیرد.

قبل از قرار دادن سیم‌ها و کابل‌ها در محل باید آنها را خشک نمود و بدون هیچ گونه پیچ خوردگی در محل شیارها قرار داد.

سیم‌های هر حلقه در شیارها باید دارای جهت دوران یکسان(ساعتگرد یا پادساعتگرد) باشند.

پس از قرار دادن سیم در شیار باید بر روی آن فوم قرار داد تا مانع از حرکت آزاد سیم شود. قرار دادن فوم بین سیم و چسب مطابق شکل ۴-۹ باعث کاهش تنش‌های کششی شده و درنتیجه عمر حسگر را افزایش می‌دهد و از مصرف بیش از اندازه رزین جلوگیری می‌کند. فوم توسط یک کاردک درون شیار قرار می‌گیرد.



شکل ۴-۹- روش کاربرد فوم

درصورت آسیب دیدن فوم باید بلافاصله آن را خارج کرده و از فوم سالم استفاده نمود. درغیر اینصورت امکان پاره شدن فوم و فرو رفتن رزین به لابلای سیم‌ها وجود دارد.

۴-۱-۱-۲-۵- پر کردن شیارها

شیارها باید با استفاده از رزین اپوکسی پر شوند. چسب به‌هنگام استفاده باید به اندازه کافی مایع باشد تا به راحتی در یک سطح افقی تراز شود. عمق پوشش رزین در بالای کابل‌ها باید حداقل ۱۰ میلی‌متر باشد. چون مخلوط رزین در طی مدت کوتاهی از حالت مایع به جامد تبدیل می‌شود، در هر بار استفاده باید به میزان کافی از آن برای یک حسگر تهیه کرد. به طور متوسط حجم رزین مورد نیاز برای پرکردن شیارهای یک حسگر بعلاوه شیارهای مربوط به کابل‌های رابط آن برابر ۴/۵ لیتر است.

برای اینکه رزین در طی مدت کوتاهی به حالت جامد درآید و زمان انسداد خط مورد نظر کمینه شود باید به آن سخت کننده اضافه کرد.

omoorepeyman.ir

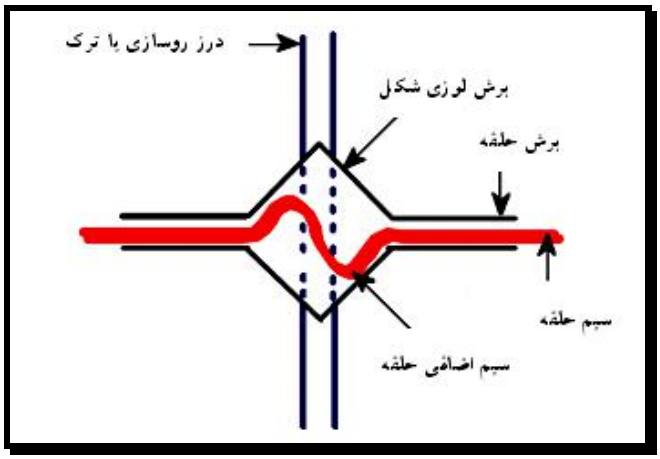
به منظور جلوگیری از جامد شدن کل رزین در مدت زمان کوتاه توصیه می‌شود حدود ۱/۵ لیتر از رزین را جدا کرده و پس از اضافه کردن سخت کننده و مخلوط کردن آن با رزین، به درون شیار ریخته شود.

به دلیل فروکش کردن رزین درون شیار، پس از اتمام مراحل نصب یک حسگر باید محل‌هایی که رزین پایین‌تر از سطح روسازی راه است مجددا با رزین پر شده و سپس توسط یک بیلچه یا کاردک سطح شیارها با سطح جاده همتراز شود.

۴-۱-۱-۲-۶- عبور سیم حلقه ها از درزهای انبساط

اگر کابل حلقه‌ها از درزهای انبساط روسازی بتنی عبور کنند، باید طول اضافه‌ای از سیم در محل درز فراهم کرد. برای انجام این‌کار و جهت ایمن‌سازی فضای اضافی ایجاد شده برای قرار دادن طول اضافه سیم باید یک برش کوچک به شکل لوزی با بعد ۵ سانتی‌متر در محل درز ایجاد کرده و سپس سیم اضافه را به شکل S مطابق شکل ۴-۱۰ در آن قرار داد.

محل شکاف لوزی شکل و نقاط مجاور آن باید توسط چسب مناسب یا بتونه مناسب پر شود.



شکل ۴-۱۰- استفاده از برش لوزی شکل در محل تقاطع با درز روسازی

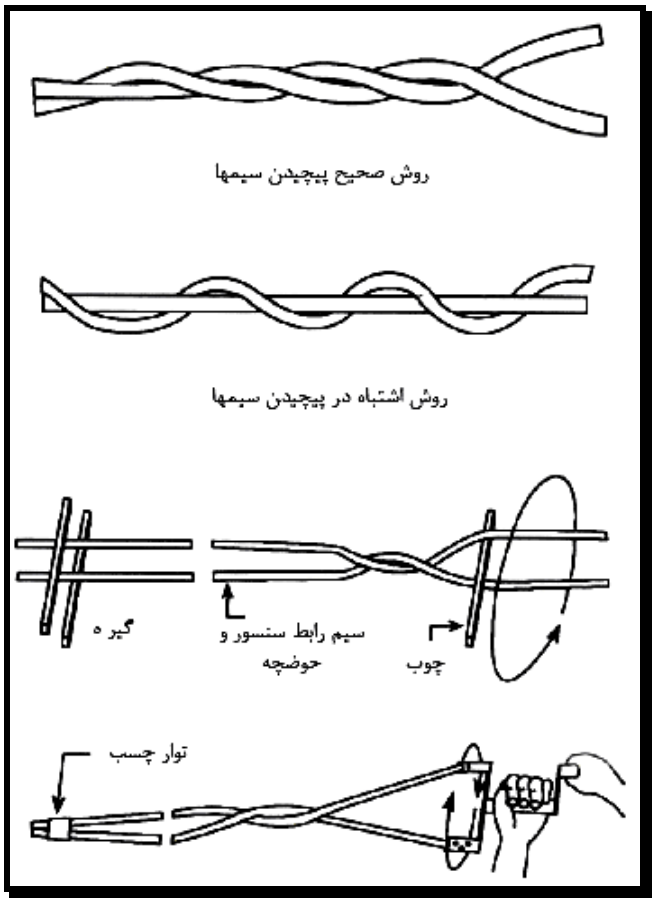
۴-۱-۱-۲-۷- به هم تابیدن و اتصال سیم و کابل

پس از اتمام نصب حسگر، به منظور جلوگیری از تداخل مغناطیسی، بهتر است دو سر آزاد سیم حسگر به یکدیگر به صورت متقارن، ۱۰ تا ۱۵ دور در هر متر تابیده شده و به سمت حوضچه کشیده شود. شکل ۴-۱۱ روش‌های درست و نادرست تابیدن کابل‌ها به یکدیگر را نشان می‌دهد. این عمل با دست یا دستگاه سیم‌تاب صورت می‌گیرد.

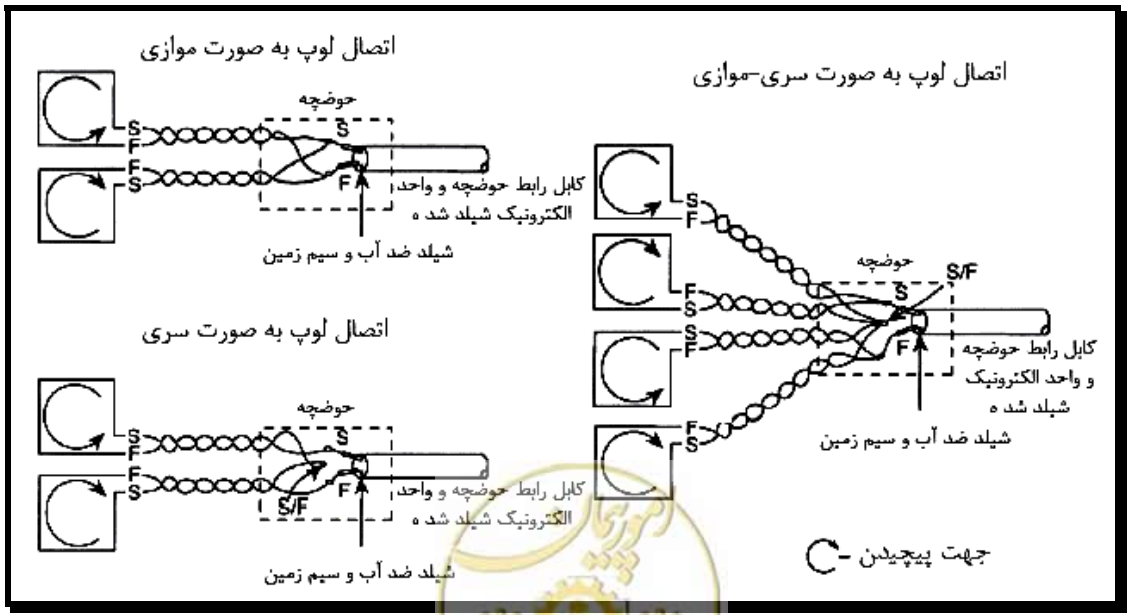
درصورت مشاهده هرگونه خسارت یا صدمه در سیم حسگر، باید عملیات نصب را متوقف نموده و سیم را تعویض کرد.

درصورت استفاده از چند حلقه نحوه به هم تابیدن کابل‌ها باید مطابق شکل ۴-۱۲ باشد.

omoorepeyman.ir



شکل ۴-۱۱- روش‌های پیچیدن کابل رابط حسگر با حوضچه



شکل ۴-۱۲- روش‌های به هم تابیدن سیم حسگر برای نصب چند حلقه

omoorepeyman.ir

لحیم‌کاری اتصال باعث به وجود آوردن یک اتصال با مقاومت کمتر شده و دارای حساسیت کمتری در برابر خوردگی است. در نتیجه نیاز به نگهداری کمتری دارد. مراحل اتصال سیم حلقه به کابل رابط بین حوضچه و واحد الکتریکی مطابق شکل ۴-۱۳ بوده و به شرح زیر است.

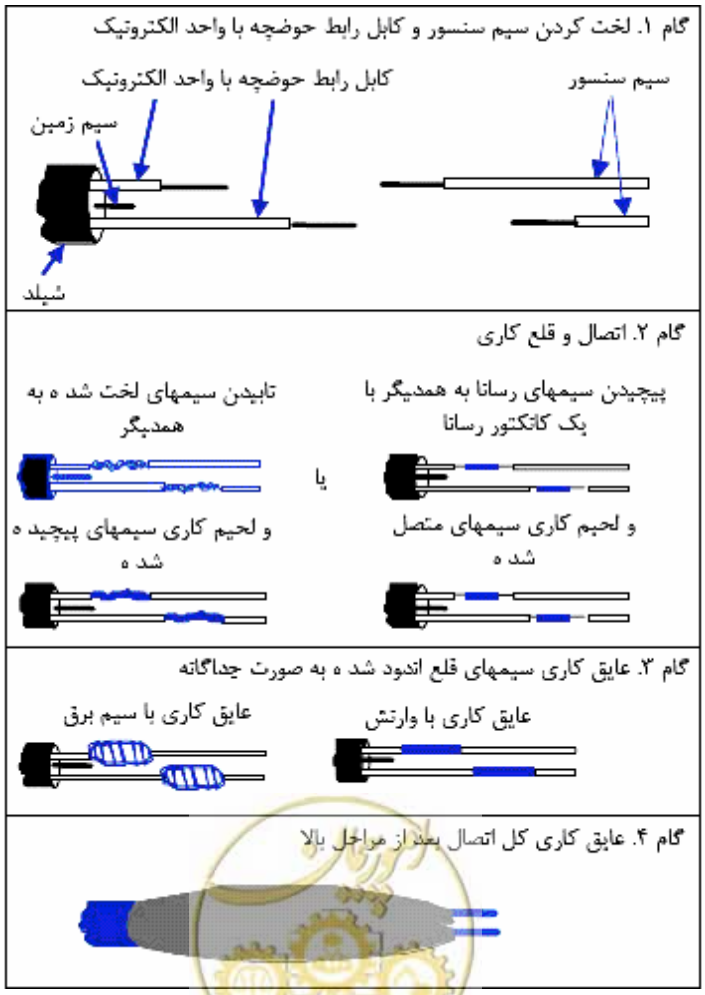
الف- انتهای سیم رابط حلقه و کابل رابط به اندازه ۴ سانتی‌متر لخت شود. یکی از سیم‌ها را به اندازه ۷/۵ سانتی‌متر بزرگتر درنظر گرفته شود.

ب- این سیم‌ها به هم تابیده شده و با هویه قلع اندود شوند.

پ- روی سیم‌های لخت شده با وارنیش و هویه پوشانده تا کاملا عایق‌کاری شده و به یکدیگر اتصال نکنند. توجه به این نکته ضروری است که فقط سیم‌های لخت باید در محل اتصال قرار گیرند.

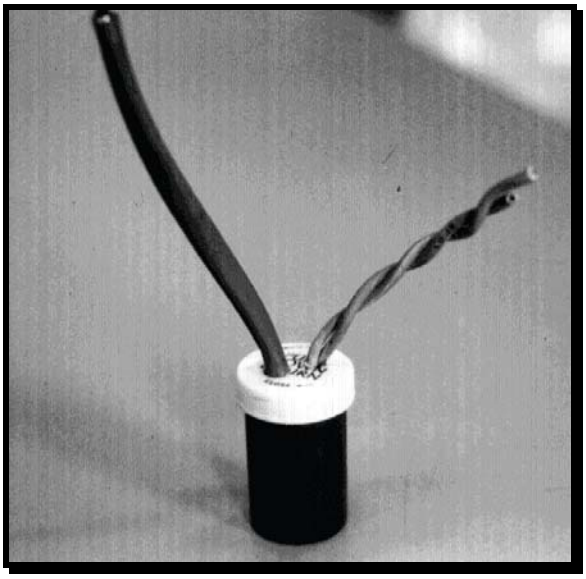
ت- اطراف کابل و سیم حلقه با چسب پوشانده شوند.

به منظور آب‌بندی اتصال در برابر رطوبت و خوردگی باید آن را پس از لحیم‌کاری داخل یک قوطی مطابق شکل ۴-۱۴ قرار داده و داخل آن را با استفاده از چسب یا اپوکسی پر کرد. جزییات این روش در شکل ۴-۱۵ آورده شده است.

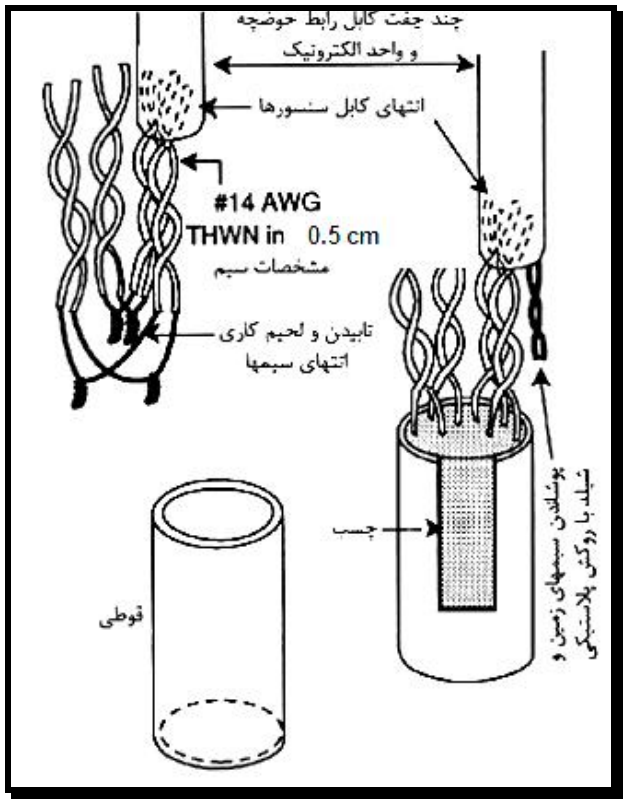


شکل ۴-۱۳- مراحل اتصال سیم حلقه به کابل رابط بین حوضچه و واحد الکتریکی

omoorepeyman.ir



شکل ۴-۱۴- قرار دادن اتصال سیم حلقه و کابل رابط حوضچه و واحد الکترونیک در یک بطری



شکل ۴-۱۵- جزئیات تابیدن کابل‌ها در یک بطری

۴-۱-۱-۲-۸- اتصال حلقه القایی به بخش تردد شمار

حلقه‌های القایی باید با استفاده از کابل‌های رابط به بخش تردد شمار متصل شوند. طول کابل‌های رابط بین محفظه تردد شمار و حلقه‌ها نباید از ۲۰۰ متر بیشتر باشد و در طول کابل‌های رابط نباید گره یا درزی وجود داشته باشد. این کابل‌ها در دو حالت مسلح و

omoorepeyman.ir

غیر مسلح مورد استفاده قرار می‌گیرند. نوع مسلح زمانی به کار می‌رود که محافظی (مانند لوله یا داکت) برای آنها وجود ندارد. نوع غیر مسلح در حالت وجود مجرا و محافظ عبور کابل‌ها بکار می‌رود.

برای اتصال حلقه‌های القایی به بخش تردد شمار با توجه به نوع راه تمهیداتی خاص به شرح زیر باید در نظر گرفته شود.

الف- راه‌های چندمنظوره

برای راه‌های چند منظوره بهتر است سیم حلقه‌ها و کابل‌های رابط در شیارهایی خارج از سواره‌رو به هم اتصال پیدا کنند.

این اتصالات باید در شیارهایی مخصوص قرار گیرند و فاصله آنها نسبت به حلقه‌ها نباید از یک متر تجاوز کند.

در محدوده اتصالات نباید هیچ‌گونه قطعی کابلی رخ دهد.

عرض شیارها برای کابل‌های رابط (در بخش سواره‌رو) باید حدود ۴ میلی‌متر بیشتر از قطر کابل‌ها بوده و دارای حداقل عمق ۶۵ میلی‌متر باشد.

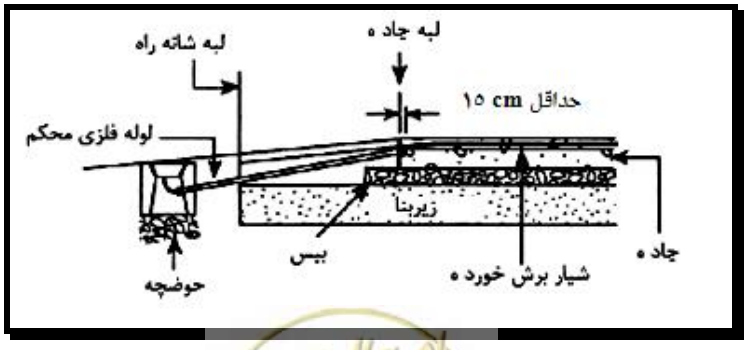
برای پر کردن شیارهای عبور کابل باید از ماکادم (قلوه سنگهای ریزدانه) استفاده کرد که از آنها در بخش زیرین شیار استفاده می‌شود. سپس باید لایه‌ای قیر گرم به اندازه حداقل ۲۰ میلی‌متر روی آن ریخته شود تا کاملا شیار را پر کند. درنهایت پس از عمل آمدن و فشردن پر کننده‌ها باید شیار با دیگر محدوده‌های سطح جاده همتراز شود. البته در محدودهایی خاص نظیر گوشه‌ها و محل‌هایی که برش عرضی ایجاد شده باشد ممکن است سطح شیار از سطح جاده بالاتر رود.

ب- راه‌های سواره‌رو (بزرگ‌راه‌ها- آزاد راه‌ها)

تمامی کابل‌ها باید برای جلوگیری از نفوذ آب کاملا آب‌بندی شوند.

۴-۱-۱-۲-۹- اتصال حلقه به حوضچه

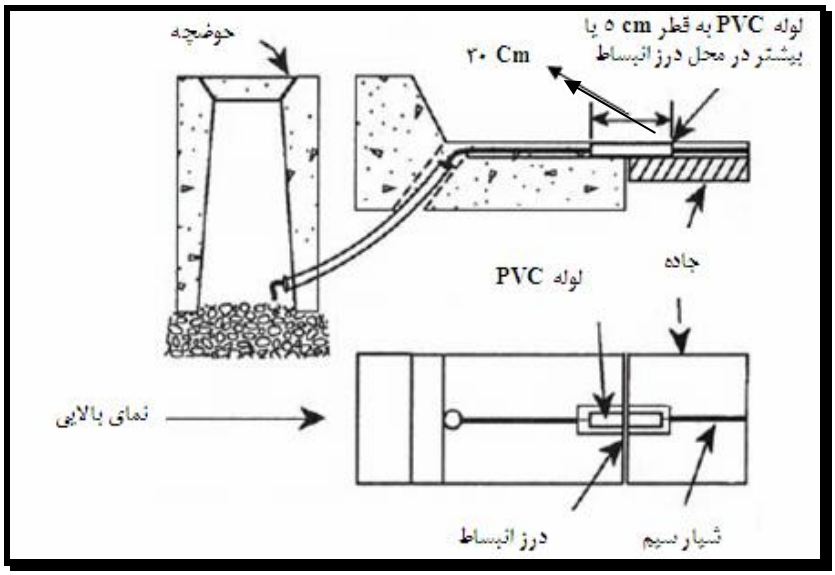
سیم رابط برای رسیدن به حوضچه از جدول یا شانه راه عبور می‌کند. کابل‌های رابط باید در یک فضای بسته قرار گیرند تا در برابر خرابی احتمالی ناشی از مصالح تیزگوشه موجود در ترکیبات پرکننده‌ها محافظت شوند. به منظور حفاظت از سیم‌ها لازم است آنها را در یک لوله محافظ قرار داد. برای این منظور باید شکافی با زاویه ۴۵ درجه از لبه روسازی تا حوضچه مطابق شکل ۴-۱۶ حفر شود.



شکل ۴-۱۶- سیم‌های رابط حلقه در لبه روسازی در غیاب جدول

در صورت وجود جدول در کناره مسیر برای عبور سیم باید با استفاده از چکش دستی شکافی مطابق شکل ۴-۱۷ در آن ایجاد کرده و لوله را در شکاف قرار داد. نصب لوله باید همزمان با نصب حوضچه صورت گیرد.

omoorepeyman.ir

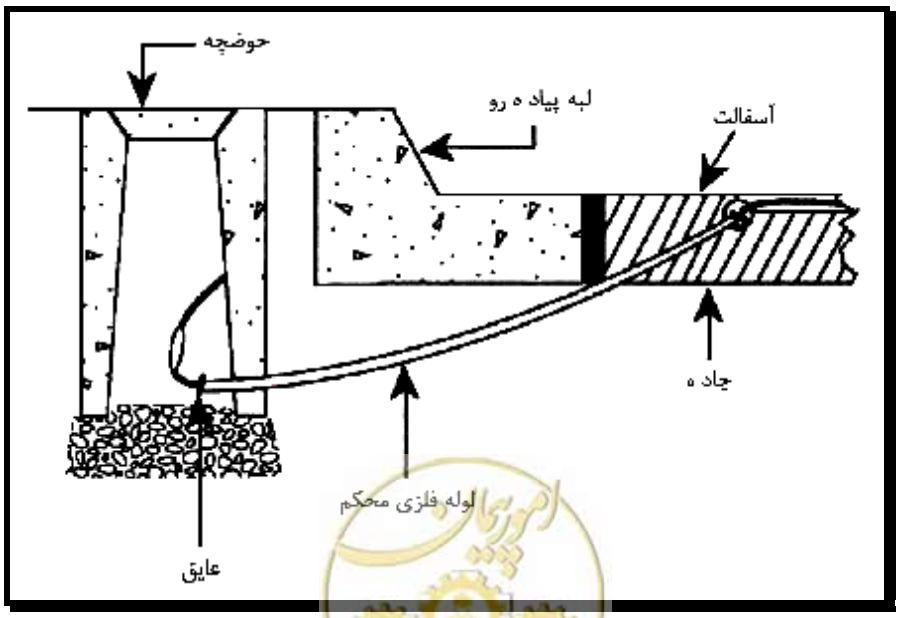


شکل ۴-۱۷- قراردادن سیم رابط حلقه در لوله در محل برخورد با جدول کناری راه

در صورتی‌که جدول کناره مسیر کم‌عمق بوده و دارای عمقی کمتر از ۴۵ سانتی‌متر باشد نیازی به ایجاد شکاف در آن نیست، زیرا ممکن است براثر تمیز کردن یا دیگر فعالیت‌های نگهداری سیم‌ها از یکدیگر جدا شوند. دراین حالت توصیه می‌شود سیم رابط درون لوله صلبی قرار گرفته و مطابق شکل ۴-۱۸ انتهای لوله در فاصله ۵ سانتی‌متری زیر سطح جاده عبور داده شود.

قطر لوله برای قرار دادن سیم‌های رابط باید بین ۲ تا ۳ سانتی‌متر باشد.

به منظور تشخیص شماره حلقه و نقاط شروع و انتهای هر حلقه باید به هر سیم برچسب زده شود.



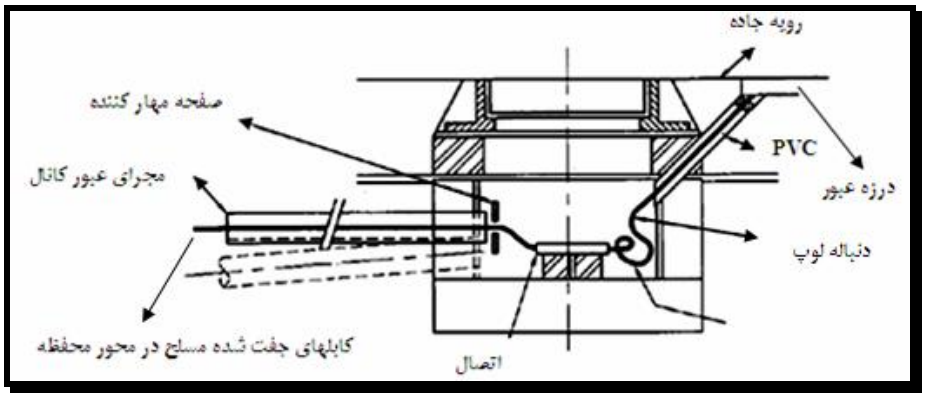
شکل ۴-۱۸- جزئیات قرار دادن سیم رابط برای جداول کم عمق

omoorepeyman.ir

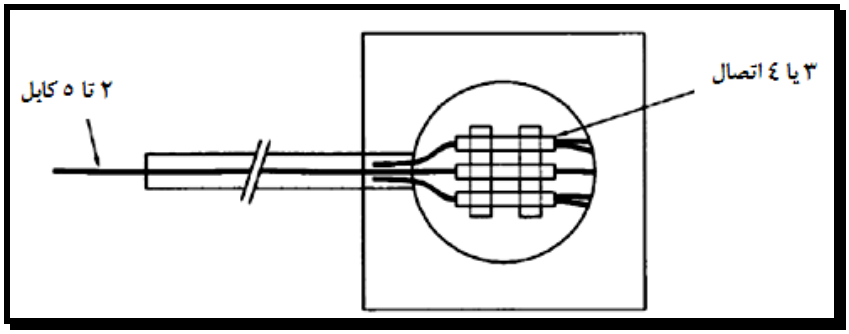
۴-۱-۱-۲-۱۰- حوضچه

حوضچه باید حتی الامکان در محلی قرار گیرد که در مسیر عبور وسایل نقلیه سنگین و تجمع آب باران نباشد.

برای نصب حوضچه باید حفره‌هایی در زمین حفر کرده و پس از قرار دادن حوضچه درون آن باید تکیه‌گاهی سیمانی در اضلاع جانبی آن ایجاد کرد. این تکیه‌گاه باید طوری ساخته شود تا حوضچه از حفره خارج نشود. حوضچه باید در عمق ۴۵۰ میلیمتر تا ۷۰۰ میلیمتر در زمین دفن شود. ترتیب قرار گرفتن سیم حلقه‌ها و کابل‌های رابط در حوضچه در شکل‌های ۴-۱۹ و ۴-۲۰ آورده شده است.



شکل ۴-۱۹- نحوه قرار گرفتن سیم حلقه‌ها و کابل‌ها در حوضچه- برش عرضی



شکل ۴-۲۰- نحوه قرار گرفتن سیم حلقه‌ها و کابل‌ها در حوضچه- پلان

۴-۱-۱-۲-۱۱- اتصال حوضچه به کابینت کنترلر

کابل رابط از حوضچه به کابینت کنترلر باید درون شیاری در زیر زمین دفن شود.

حداقل عمق شیار باید برابر ۴۵ سانتی‌متر باشد.

پس از قرار دادن کابل درون شیار باید درون شیار خاکریزی و متراکم شود. عمق لایه‌های خاکریزی نباید از ۱۵ سانتی‌متر تجاوز کند.

می‌توان کابل را درون یک لوله نیز قرار داد. در اینصورت باید از یک لوله ضدآب استفاده نمود.

انتهای کابل‌ها باید عایق بندی شود تا از اتصال به قسمت‌های مختلف جلوگیری شود.

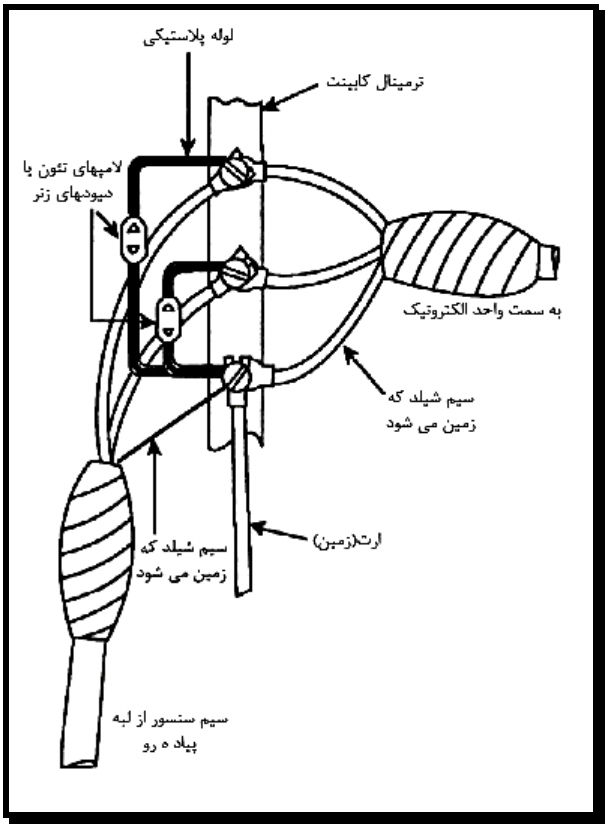
omoorepeyman.ir

برای کابل رابط ورودی به واحد الکترونیکی حتما باید از سیم غلاف‌دار استفاده شود و سپس غلاف در زمین قرار داده شود. این امر موجب می‌شود که اغتشاشات و نویزی که به هر دلیل ممکن است روی کابل تاثیر بگذارد به راحتی جذب زمین شده و وارد واحد الکترونیکی نشود.

سیم حسگرها یک خاصیت خازنی کوپل شده با زمین دارند که این امر موجب می‌شود هنگام رعد و برق در نزدیکی زمین ولتاژ زمین افزایش یافته و باعث دریافت یک ولتاژ ضربه‌ای توسط حلقه‌ها می‌شود. برای از بین بردن این ضربه‌ها هنگام ورود به قسمت الکترونیکی و کارت شناسگر، توصیه می‌شود از دو دیود زنر[1] به صورت پشت به پشت و یا لامپ نئون استفاده شود.

کابل رابط در کابینت کنترلر باید مطابق شکل ۴-۲۱ خاتمه یابد.

پس از نصب حلقه‌ها و کابل‌ها توصیه می‌شود تست‌های نهایی انجام شود تا از عملکرد صحیح حلقه اطمینان حاصل شود.



شکل ۴-۲۱- اتصال به زمین کابل رابط در ترمینال کابینت

۴-۱-۱-۲-۱۲- اندازه‌گیری مقاومت کلی مجموعه

قبل و بعد از پر کردن شیارهای عبور کابل‌ها توسط چسب باید مقاومت کلی مجموعه شامل مقاومت عایقی مجموعه و ظرفیت القایی همه مدارهای حلقه اندازه‌گیری شود. بدین منظور باید طول کابل‌ها و صورت وضعیت حلقه‌ها مشخص شده و شرایط آب و

[1] Zener diodes

omoorepeyman.ir

هوایی و درجه حرارت باید در نظر گرفته شوند. اگر به هر علتی حلقه‌ها به طور مطلوب عمل نکردند پیمانکار موظف است کابل‌ها و حسگرهای مطلوب را جایگزین حلقه‌های خراب کند.

۴-۱-۱-۲-۱۳- تست نهایی

الف- مقاومت کل مجموعه

مقاومت حلقه در محل حوضچه و مقاومت سری مجموعه در محل کابینت کنترلر باید به ترتیب زیر تست و کنترل شود:

الف-۱- مقاومت مطلوب حلقه در محل حوضچه بین ۶ تا ۷ اهم است و نباید از ۸ اهم تجاوز کند. در غیر اینصورت نشانه قطعی ارتباط است.

الف-۲- مقاومت مطلوب سری مجموعه که شامل مقاومت حلقه و مقاومت کابل رابط است بین ۶ تا ۸ اهم است و نباید از ۱۴ اهم تجاوز کند.

با توجه به اینکه هرچه مقاومت کابل مورد استفاده در حلقه پایین‌تر باشد، عملکرد سیستم بهتر می‌شود، در برخی از کشورها کابل‌هایی با کد فنی TR 2029 به عنوان کابل‌های منتخب برای ساخت و نصب حلقه‌ها تعیین شده است. این کابل تا ۸۵ درجه سانتیگراد مقاوم است. در صورت امکان توصیه می‌شود برای نصب حلقه از این نوع کابل استفاده شود. در صورت استفاده از این کابل مقاومت‌های حلقه و مقاومت سری مجموعه باید به شرح زیر تست شود:

۱- مقاوت مجاز حلقه در محل حوضچه در هر کیلومتر کابل و در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد برابر ۱۳/۷ باشد.

۲-مقاومت مجاز سری مجموعه در هر کیلومتر کابل در محل کابینت کنترلر برابر ۱۳/۷ باشد.

ب- مقاومت عایق

میزان مقاومت عایق نباید کمتر از ۱۰۰ مگا اهم باشد. این مقاومت باید با ولتاژ ۵۰۰ ولت مستقیم اندازه‌گیری شود.

پ- ظرفیت القایی

ظرفیت القایی باید با استفاده از یک القاسنج و بدون اینکه وسیله نقلیه‌ای از عرض حلقه‌ها بگذرد و همچنین بدون تاثیرات مدار حلقه مجاور اندازه‌گیری گردد. ظرفیت القایی مدار حلقه نباید بیشتر از ۲۰ درصد نسبت به ظرفیت القایی تئوری تفاوت داشته باشد.

ظرفیت القایی تئوری حلقه (A_{11}) با استفاده از رابطه ۴-۱ بدست می‌آید.

$$A_{11} = 0.2 \times P \times N^2 \times \ln(D/a)\mu H \qquad (۱-۴)$$

که در آن:

P= محیط حلقه بر حسب متر

N= تعداد دورهای سیم حلقه در شیار

D= اندازه بزرگترین بعد حلقه بر حسب متر

a= شعاع موثر سیم حلقه بر حسب متر که برای:

۱ دور، a = ۰/۷ میلیمتر (۰/۰۰۰۷ متر)

۲ دور، a = ۲/۵ میلیمتر (۰/۰۰۲۵ متر)

۳ دور، a = ۳ میلیمتر (۰/۰۰۳۰ متر)

omoorepeyman.ir

۴ دور، a = ۳/۵ میلیمتر (۰/۰۰۳۵ متر)

ظرفیت القایی کل سیستم حسگر حلقه القایی شامل مجموع ظرفیت القایی سیم حلقه و کابل رابط می‌شود که میزان ظرفیت القایی باید بین ۱۰ میکروهانری و ۱ میلی‌هانری باشد. یک واحد الکترونیکی نیز باید با حسگرهایی در این رنج ظرفیت القایی سازگار باشد.

میزان ظرفیت القایی یک جفت حلقه در خطوط یکسان باید برابر باشد. اگر ظرفیت القایی آنها متفاوت باشد نشانه نامطلوب بودن و مشکل داشتن حلقه است. درصورت وجود اختلاف بین ظرفیت القایی حلقه‌های جفت در یک خط باید تعداد دورهای حلقه‌ها در شیارها کنترل شوند. میزان اختلاف ظرفیت القایی حلقه‌های جفت در یک خط عبور نباید بیش از ۱۰ درصد باشد.

اگر در یک محور بیش از یک حلقه قرار گیرد، ظرفیت القایی کل برابر با مجموع ظرفیت القایی هر یک از حلقه‌ها می‌شود.

اگر تاخیر زمانی قابل توجهی بین نصب حلقه‌ها و اتصال کابل‌ها به منبع تغذیه به وجود آید، حتما باید قبل از اتصال کابل‌ها به منبع تغذیه دوباره تست‌های حلقه انجام شود.

۴-۱-۱-۲-۱۴- موقعیت محفظه آشکار ساز

موقعیت محفظه آشکارساز تردد باید طوری تعیین گردد که امکان خرابی آن بر اثر وقایع و تصادفات جاده‌ای وجود نداشته باشد و همچنین مانعی در برابر دید رانندگان ایجاد نکند.

دستگاه آشکارساز و همچنین سیم‌حلقه‌ها و کابل‌های رابط باید از محیط‌های مخابراتی و کابل‌های برق دور باشند.

۴-۱-۲- حلقه‌های مدل کفپوش[1]

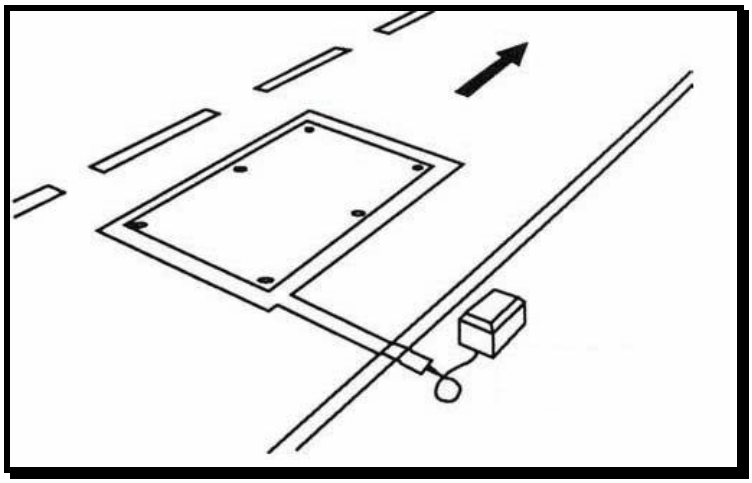
۴-۱-۲-۱- ضوابط قبل از نصب

۴-۱-۲-۱-۱- طرح نصب

کف‌پوش‌ها در مرکز خطوط ترافیکی قرار می‌گیرند، به‌طوری‌که بعد بزرگتر آن موازی با جریان ترافیک باشد تا وسایل نقلیه بیشتری کف‌پوش را پوشش دهند. در این حالت ترددشمار در لابلای چرخ‌های وسایل نقلیه قرار گرفته و در نتیجه عمر آن افزایش می‌یابد. در شکل ۴-۲۲ یک نمونه نصب کف‌پوش نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir

[1] Mat-Type Loop



شکل ۴-۲۲- شناسگر حلقه القایی موقت کف‌پوش

۴-۱-۲-۱-۴- تجهیزات مورد نیاز

تجهیزات و لوازم مورد نیاز برای نصب حلقه‌های مدل کف‌پوش به قرار زیر است.

- ۶۱ متر سیم برای حلقه القایی
- ۳۱ متر سیم برای کابل رابط
- ابزار تابیدن سیم‌ها از جمله انبر
- ۲۳ متر نوار پوشش مخصوص برای چسباندن حلقه القایی در سطح آسفالتی جاده
- میخ

۴-۱-۲-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی

جهت محکم کردن کفپوش به سطح جاده باید از میخ و واشر استفاده کرد و نیازی به تخریب سطح روسازی نیست.

کابل رابط به دور میخ‌های کوبیده شده به سطح آسفالتی جاده، پیچانده شود.

با استفاده از نوار مخصوص کابل رابط به سطح آسفالت چسبانده شود.

بعد از چسباندن کابل به سطح جاده، میخ‌ها برداشته شوند.

برای جلوگیری از بلند شدن لبه‌های کفپوش از یک نوار چسب به عرض ۷/۶ سانتیمتر استفاده شود.

دو لایه نوار به عنوان روکش کابل‌های رابط، از کف‌پوش تا تجهیزات گردآوری اطلاعات در کنار جاده بکار رود.

کفپوش‌ها قابل اطمینان هستند، ولی با ترافیک کامیون‌های سنگین، بعضی از آنها بیشتر از چند ساعت دوام نمی‌آورند.

omoorepeyman.ir

۴-۱-۳- حلقه القایی سیار باز[1]

۴-۱-۳-۱- ضوابط قبل از نصب

این نوع حلقه القایی سیار به صورت پیش‌ساخته است، بنابراین به محل مورد نظر منتقل شده و توسط فرد نصاب در عرض چند دقیقه نصب می‌شود.

طول استاندارد کابل رابط ۱/۵ متر است.

۴-۱-۳-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی

۴-۱-۳-۲-۱- مراحل نصب

مراحل نصب حلقه القایی سیار باز به قرار زیر است.

- مسطح کردن سطح زیر ترددشمار.
- قرار دادن ترددشمار روی سطح جاده.
- اعمال فشار کافی برای اطمینان از چسبندگی مناسب ترددشمار به سطح جاده.

۴-۱-۴- تیوپ‌های بادی

۴-۱-۴-۱- ضوابط قبل از نصب

۴-۱-۴-۱-۱- انتخاب محلی مناسب برای نصب

تیوپ‌های بادی باید در قطعه‌ای مستقیم از راه بدون وجود تقاطع، چراغ راهنمایی و تابلوی ایست نصب شود.

در راه با جداکننده میانی دستگاه بادی باید در قسمت میانه جداکننده راه نصب شود. چون بیشتر تردد وسایل نقلیه سنگین در خطوط کناری راه (خطوط کندرو) صورت می‌گیرد، میانه جداکننده بهترین محل برای شناسایی و ترددشماری بهتر آنها خواهد بود.

دستگاه ترددشمار باید به یک درخت، تابلوی راهنمایی نصب شده در محل، تیر روشنایی یا هر مانع مناسب و ایمن دیگر قفل شود.

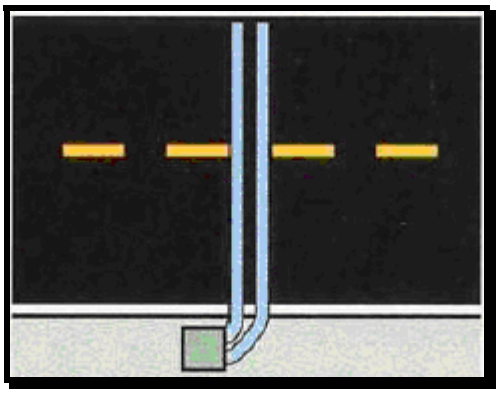
۴-۱-۴-۱-۲- طرح‌های نصب

اگر آمار تعداد وسایل نقلیه، طبقه‌بندی آنها، جهت حرکت ترافیکی و اطلاعات سرعت وسایل نقلیه مورد نیاز باشد، باید دو تیوپ پیاپی در محل نصب شود. افزایش دقت و سطح اطلاعات گردآوری شده با دو تیوپ بسیار بیشتر از افزایش زمان و هزینه تحمیل شده برای نصب دو تیوپ بجای یک تیوپ است.

الف- تعیین جهت حرکت وسایل نقلیه: بدین منظور دو تیوپ به موازات هم مطابق شکل ۴-۲۳ به فاصله ۷۵ تا ۱۲۵ سانتی‌متر نصب می‌شوند و بسته به ترتیب تماس چرخ‌های وسایل نقلیه با این تیوپ‌ها، جهت حرکت آنها مشخص می‌گردد.

omoorepeyman.ir

[1] Open loop configuration

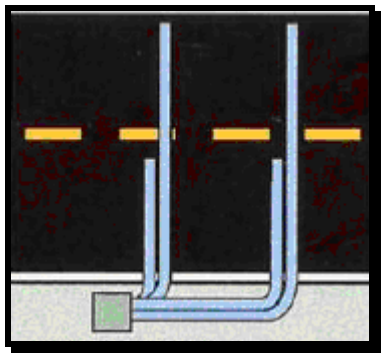


شکل ۴-۲۳- نحوه نصب تیوپ‌ها برای تعیین جهت حرکت وسایل نقلیه

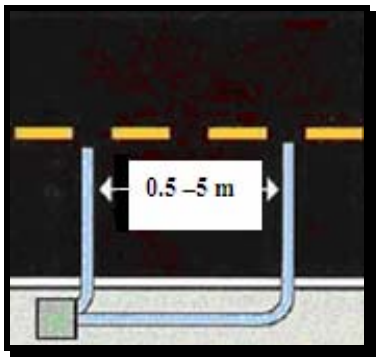
اگر تجهیزات در کنار راه مستقر شود، اطلاعات جهت حرکت وسایل نقلیه از حداکثر دو خط قابل برداشت است و اگر تجهیزات در وسط راه (میانه جداکننده مسیر رفت و برگشت) نصب گردد، اطلاعات جهت حرکت وسایل نقلیه تا حداکثر چهار خط قابل برداشت است.

ب- برداشت آمار پارامترهای ترافیکی: برای برداشت آماری سرعت، طول وسیله نقلیه، سرفاصله زمانی و طبقه‌بندی محور پایه وسایل نقلیه در یک خط و دو خط، تیوپ‌ها مطابق شکل ۴-۲۴ قرار داده می‌شوند.

پ- ترددشماری در خطوط انفرادی راه: اگر شناسگر بادی با یک ورودی تیوپ واحد مورد استفاده قرار گیرد تا وسایل نقلیه در خطوط یک بزرگراه به صورت انفرادی و تکی ترددشماری شوند، بهتر است که ترددشمارها به صورتی که در شکل ۴-۲۵ نشان داده شده است نصب شوند. بدین ترتیب آمار تردد وسایل نقلیه خط ۲ توسط ترددشمار A برداشت می‌شود و آمار تردد وسایل نقلیه خط ۱ برابر آمار ترددشمار B منهای آمار ترددشمار A خواهد بود.



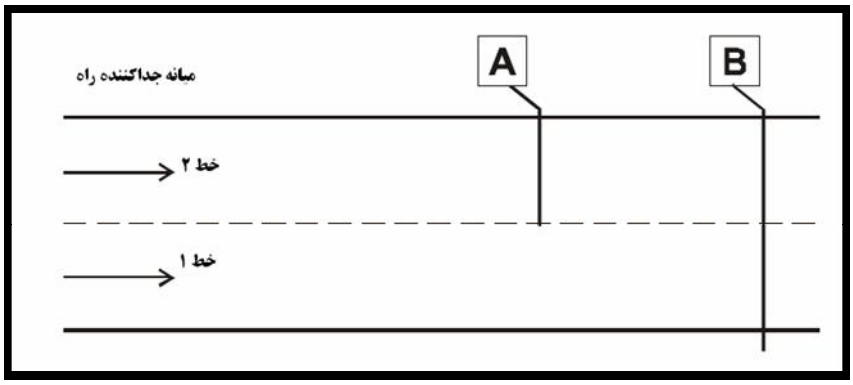
چیدمان دوخطه



چیدمان یک خطه

شکل ۴-۲۴- نحوه نصب تیوپ‌ها برای برداشت آمار پارامترهای ترافیکی در یک خط و دو خط

omoorepeyman.ir



شکل ۴-۲۵- ترددشماری راه چندخطه با استفاده از ترددشمار بادی با یک ورودی تیوپ واحد

۴-۱-۴-۱-۳- تجهیزات و مصالح مورد نیاز برای نصب

تجهیزات و مصالح مورد نیاز برای نصب تیوپ‌های بادی به قرار زیر است.

- دستگاه بادی: شامل جعبه محافظ و کیت الکتریکی ثبت و برداشت اطلاعات تردد.
- باطری قابل شارژ: باتری دستگاه بادی یک باتری خشک ۶ ولت با طول عمر ۲ سال است (بسته به شرایط و نحوه بکارگیری دستگاه می‌تواند طول عمر بیشتری داشته باشد). در صورت نیاز به تعویض باتری، این‌کار به سادگی با باز کردن پیچ‌های باتری قبلی، خارج کردن آن از دستگاه بادی و وصل کردن باتری جدید انجام می‌گیرد.
- تیوپ یا لوله پلاستیکی
- بست و پیچ برای اتصال تیوپ به سطح آسفالت

۴-۱-۴-۱-۴- نکات اجرایی قبل از نصب

قبل از نصب تیوپ‌ها و دستگاه بادی در راه، سطح تیوپ‌ها باید مورد بازرسی قرار گیرند تا از عدم وجود هرگونه سوراخ، لکه و چرک بر روی آنها اطمینان حاصل شود.

ولتاژ باتری قبل از نصب باید کنترل شود و مقدار آن نباید کمتر از ۵ ولت باشد.

فضای داخلی تیوپ باید با دمیدن شدید فشار هوا تمیز شده و گرد و غبار و آشغال داخل آن زدوده شود.

طول تیوپ نباید کمتر از ۱۵/۲ متر و بیشتر از ۳۰/۵ متر باشد.

۴-۱-۴-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی

۴-۱-۴-۲-۱- مراحل نصب

مراحل نصب تیوپ‌های بادی به قرار زیر است.

- مکانیابی نصب شناسگر
- تعیین طرح و چیدمان نصب تیوپ‌های بادی بر اساس اشکال، هدف ترددشماری مورد نظر و نصب آنها در طول عرض راه
- استقرار دستگاه شناسگر بادی در محل مورد نظر در کنار راه و قفل کردن آن با زنجیر و غیره.
- اتصال تیوپ به ورودی دستگاه بادی
- باز کردن جعبه محافظ و روشن کردن دستگاه بادی

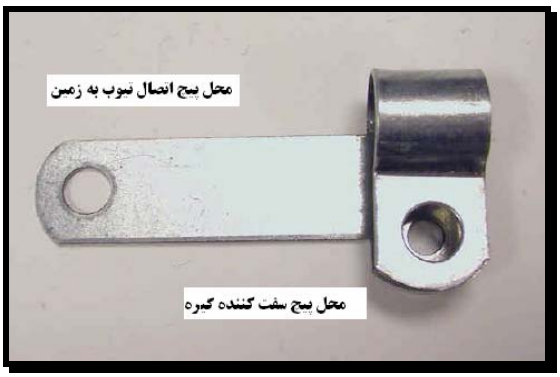
omoorepeyman.ir

- آزمایش و ارزیابی عملکرد شناسگر با عبور وسایل نقلیه

۴-۱-۴-۲-۲- نصب تیوپ در راه بدون جدول کناری

مراحل نصب شناسگر بادی هنگامی که دستگاه ترددشمار در کنار جاده نصب می‌شود به قرار زیر است.

- تیوپ به طور عرضی در سطح راه قرار داده شود.
- انتهای تیوپ در آن سوی کناری راه با استفاده از یک پیچ سرگرد یا دیگر ادوات، مسدود شده تا مانع از ورود آب و گرد و غبار و آشغال به داخل فضای تیوپ شود.
- یک گیره فلزی مطابق شکل ۴-۲۶ به انتهای مسدود شده تیوپ وصل شود. گیره با استفاده از یک پیچ کوچک در قسمت انتهایی آن به دیواره خارجی تیوپ سفت بسته می‌شود. به جای این گیره می‌توان مطابق شکل ۴-۲۷ از یک مهار استفاده کرد.
- اگر زمین در محل نصب تیوپ به اندازه کافی محکم و متراکم است، انتهای دیگر گیره را در محل اتصال تیوپ به زمین، با استفاده از یک میخ به سطح آسفالتی راه متصل شود. به این ترتیب یک سر تیوپ در محل مورد نظر نصب می‌شود.
- اگر زمین محل نصب نرم و غیر قابل اتکا است، ابتدا یک تیر فلزی یا چوبی محکم به زمین کوبیده و گیره با استفاده از یک پیچ به این تیر متصل شود.
- با بازگشت به سر دیگر تیوپ، یک گیره دیگر مطابق شکل ۴-۲۶ به این سر دیگر تیوپ متصل شود. باید اطمینان حاصل شود که تیوپ به طور کاملا مستقیم و خوابیده روی سطح جاده و به صورت عمود به مسیر حرکت ترافیکی نصب شده است.



شکل ۴-۲۶- گیره لوله‌ای

شکل ۴-۲۷- مهار سیمی در انتهای دیگر تیوپ

omoorepeyman.ir

- تیوپ باید از لابلای سر مدور گیره که تیوپ در آن جای گرفته، کشیده شود. این کشش باید تا اندازه‌ای ادامه یابد که طول تیوپ ۱۰ درصد افزایش یابد. به طور مثال اگر عرض راه ۳/۶ متر است، می‌بایست تیوپ به اندازه ۳۶ سانتی‌متر کشیده شود.
- برای محکم چسباندن تیوپ به گیره، نوار چسب مناسب به دورتادور تیوپ در محل اتصال به گیره بپیچانید تا تیوپ دوباره به حالت اول برنگردد.
- در صورت کوتاه بودن تیوپ اضافی باقیمانده بعد از کشیدن آن، طول آن باید با چسباندن تیوپ اضافی افزایش یابد تا به جعبه دستگاه بادی برسد.
- اگر تیوپ باقیمانده بلندتر از طول بین کنار جاده و دستگاه بادی است، طول اضافی تیوپ باید به صورت مارپیچ در کنار دستگاه در هم تنیده و سر انتهایی آن به ورودی تعبیه شده در دستگاه متصل شود.

۴-۱-۴-۲-۳- نصب تیوپ در راه با جدول کناری

مراحل نصب شناسگر بادی مشابه نصب بدون جدول کناری بوده ولی نیاز به اصلاحات زیر دارد.

- تیوپ بادی در تمام نقاط راه باید به طور صاف، مسطح و هموار قرار گیرد.
- میخ یا تیر در قسمت خاکی کنار راه نباید به زمین کوبیده شود، بلکه باید یک نقطه ترک یا بریدگی در سطح آسفالتی جاده در مجاورت جدول کناری کوبیده شود. بدین ترتیب باید با استفاده از یک میخ، انتهای فلزی گیره تیوپ به محل بریدگی یا ترک میخکوبی شود.

۴-۱-۵- مغناطیس‌سنج دومحوری

۴-۱-۵-۱- ضوابط قبل از نصب

۴-۱-۵-۱-۱- ملاحظات قبل از نصب

فاصله مناسب بین حسگرها و همچنین تعداد حسگری که باید در هر کانال واحد الکترونیک به هم متصل شوند، بستگی به نوع وسیله نقلیه دارد. بنابراین لازم است انواع وسایل نقلیه مورد نظر برای آشکارسازی مشخص شوند.

۴-۱-۵-۱-۲-تجهیزات مورد نیاز

تجهیزات مورد نیاز برای نصب مغناطیس سنج دو محوری به قرار زیر است.

- تحلیلگر مغناطیسی: برای اندازه‌گیری شدت میدان مغناطیسی در محل نصب حسگر. این دستگاه شدت میدان مغناطیسی زمین، نویز مغناطیسی و قدرت میدان AC را اندازه‌گیری می‌کند.
- دو مدل وارنیش[1] حرارتی از جنس پلی الفین برای پیچیدن کابل حسگرها به کابل‌های رابط. یک نوع با قطر کمتر برای عایق کردن تک تک کابل‌ها و یک نوع با قطر بزرگتر برای حفاظت از کل ناحیه اتصال.
- یک سشوار برقی صنعتی

[1] Heat- Shrinkable tubing

omoorepeyman.ir

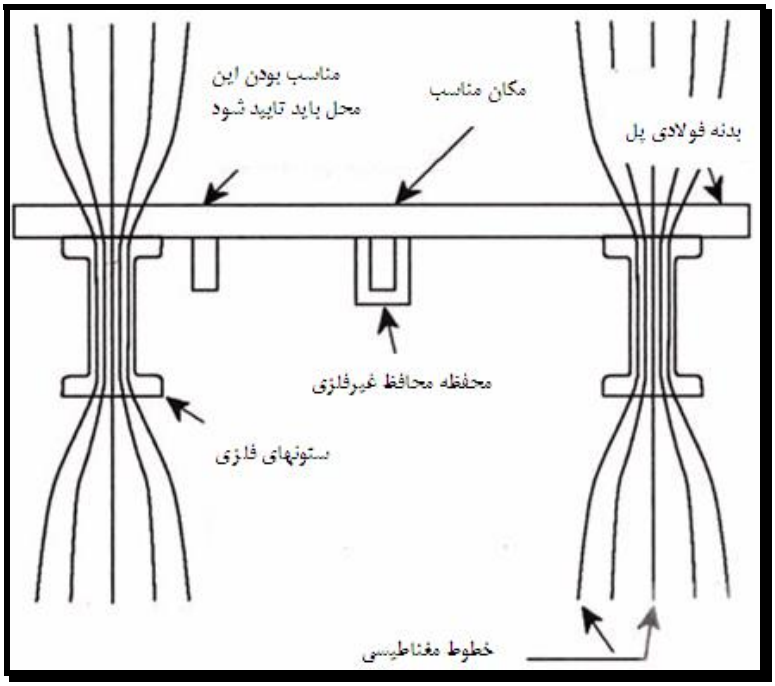
- یک مشعل گازی یا یک هویه برقی

۴-۱-۵-۱-۳- تعیین محل نصب

حسگر باید در محلی نصب شود که نزدیک به خطوط فشار قوی، لوله‌ها و دریچه‌های بزرگ، خطوط برق اتوبوس‌های برقی، خطوط مترو، و درون تونل‌هایی با اسکلت فلزی نباشد. موارد ذکر شده بر عملکرد سیستم تاثیر نامطلوب می‌گذارند.

در محل‌های مشکوک ذکر شده استفاده از یک دستگاه تحلیلگر مغناطیسی توصیه می‌شود.

از آنجایی‌که این حسگرها بیشتر بر روی پل‌ها نصب می‌شوند، توجه به این نکته ضروری است که مناسب‌ترین محل نصب باید حداکثر فاصله را با ستون‌های فلزی داشته باشد. شکل ۴-۲۸ نحوه نصب حسگر بر روی یک پل را نشان می‌دهد. تیرهای فلزی موجود در بالا یا پایین حسگر تاثیر چندانی بر عملکرد سیستم ندارند، درحالیکه اجزای فلزی قائم پل با کاهش میدان مغناطیسی مجاور خود کارایی سیستم را کاهش می‌دهند.



شکل ۴-۲۸- نصب مغناطیس‌سنج‌ها در بدنه پل

به منظور اطمینان از عدم وجود اشیاء فلزی غیر از وسایل نقلیه در محل نصب، باید یک تحلیلگر مغناطیسی در محل نصب حسگر قرار داده و بررسی فرکانسی انجام شود. این اشیاء باعث ایجاد اختلال مغناطیسی شده و بر عملکرد سیستم تاثیر نامطلوب می‌گذارند. عملکرد حسگرهایی که اطلاعات را به صورت رادیویی ارسال می‌کنند، ممکن است توسط ادوات مخابراتی که در فرکانسی مشابه فرکانس مخابراتی حسگرها کار می‌کنند، مختل شود.

لیست اشیائی که ممکن است اختلال مغناطیسی بیش از حد مجاز ایجاد کنند به شرح زیر است:

- خطوط تراموای شهری
- خطوط اتوبوس برقی

omoorepeyman.ir

- خطوط مترو
- آسانسورها یا بالابرها
- تعدادی از منابع (که در فاصله ۹ متری اطراف خود بر عملکرد حسگرها تاثیر می‌گذارند)

۴-۱-۵-۱-۴- طرح‌های نصب

بمنظور تشخیص وسیله نقلیه باید قسمتی از سایه مغناطیسی وسیله نقلیه بر روی یک یا چند حسگر بیافتد. با افزایش تعداد حسگرها در هر خط، به علت افزایش میانگین میدان مغناطیسی در فضایی که وسیله نقلیه از آن عبور می‌کند، کیفیت آشکارسازی افزایش می‌یابد، زیرا سایه مغناطیسی بر روی تعداد بیشتری از حسگرها می‌افتد و همچنین کاهش میدان در یک مقطع با افزایش میدان در مکان دیگر قابل جبران است.

تعداد حسگر مورد نیاز و همچنین مکان بهینه نصب در هر خط عبور به عواملی مانند عرض وسیله نقلیه‌ای که باید آشکار شود، عرض خط، و کیفیت آشکارسازی مورد نیاز، بستگی دارد.

از آنجایی که عرض اکثر سواری‌ها، کامیون‌ها، و اتوبوس‌ها از ۱/۵ متر بیشتر است، نصب یک حسگر در وسط یک خط با عرض ۳ متر عملکردی مطلوب دارد. درصورتیکه عرض خط عبور بیشتر از ۳ متر باشد، برای تشخیص دقیق انواع وسایل نقلیه باید تعداد حسگرها را به دو حسگر در هر خط عبور افزایش داد.

فاصله بین دو حسگر براساس حداقل عرض وسیله نقلیه تعیین می‌شود. فاصله بین حسگرها با توجه به نوع وسیله نقلیه‌ای که باید آشکار شود متفاوت بوده و به شرح زیر است:

- سواری، کامیون و اتوبوس: نصب حسگرها در فاصله‌های ۱/۵ متری
- موتورسیکلت‌های ۳۰۰ سی سی و بزرگتر: نصب حسگرها در فاصله‌های ۱/۲ متری
- موتورسیکلت‌های ۷۰ تا ۳۰۰ سی سی: نصب حسگرها در فاصله‌های ۹۰ سانتیمتری
- دوچرخه: نصب حسگرها در فاصله‌های ۹۰ سانتیمتری

درصورت استفاده از دو حسگر در هر خط عبور توجه به این نکته ضروری است که هر یک از حسگرها نباید بیش از ۱/۵ متر از هر طرف باند فاصله داشته باشند. ترکیب‌بندی‌های مختلف نصب مغناطیس‌سنج دو محوره با توجه به تعداد خطوط عبور، در شکل ۴-۲۹ نشان داده شده است.

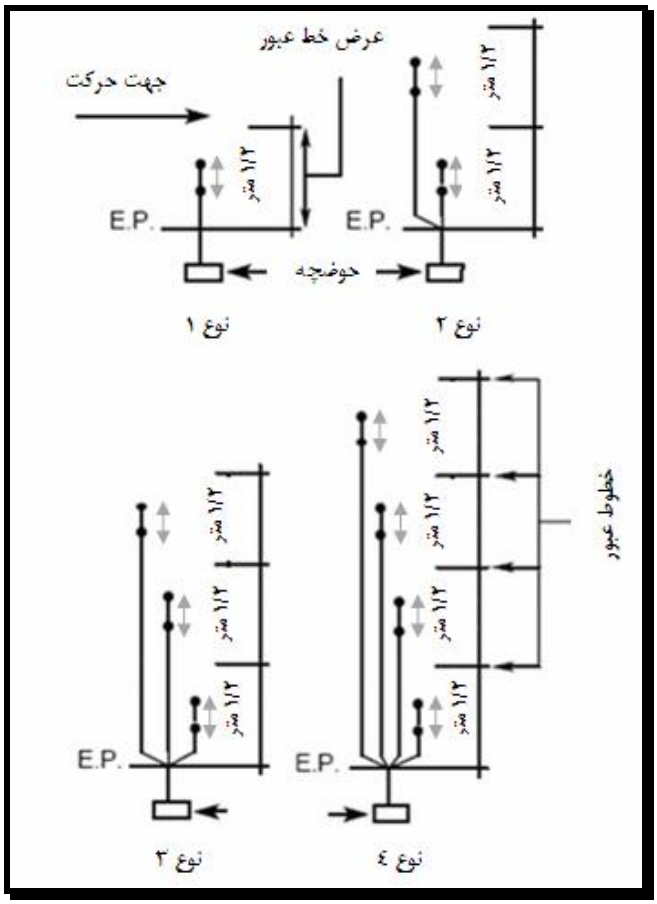
درصورت نیاز به آشکارسازی دوچرخه، باید از تعداد بیشتری حسگر در خط استفاده کرد.

به هرکانال واحد الکترونیک ۶ تا ۱۲ حسگر می‌تواند متصل شود. اگر چند حسگر به یک کانال متصل شوند، حساسیت کانال بین حسگرها تقسیم شده و باعث کاهش حساسیت هر حسگر می‌شود.

حداکثر تعداد حسگر مورد نیاز در هر کانال براساس نوع وسیله نقلیه که باید آشکار شود متفاوت بوده و به شرح زیر تعیین می‌شود:

- سواری، کامیون و اتوبوس: حداکثر ۶ حسگر در هر کانال.
- موتورسیکلت‌های ۳۰۰ سی سی و بزرگتر: حدکثر ۴ حسگر در هر کانال.
- موتورسیکلت‌های ۷۰ تا ۳۰۰ سی سی: حداکثر ۳ حسگر در هر کانال.
- دوچرخه: حداکثر ۳ حسگر در هر کانال.

omoorepeyman.ir



شکل ۴-۲۹- ترکیب‌بندی‌های مختلف مغناطیس‌سنج دومحوره

۴-۱-۵-۱-۵- مشخص کردن محدوده نصب حسگرها

ناحیه آشکارسازی باید توسط حفاظها و مخروط‌های مناسب جهت منحرف کردن جریان ترافیک از منطقه، ایمن‌سازی شود.

محل نصب حسگر باید توسط اسپری رنگ یا گچ و مطابق با طرحهای نصب روی سطح روسازی علامت‌گذاری شود.

۴-۱-۵-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی

۴-۱-۵-۲-۱- عمق نصب حسگر

چنانچه حسگر در عمق کم نصب شود، ممکن است یک وسیله نقلیه چندین بار شمارش شود، زیرا هر کدام از اجزای وسیله نقلیه مانند موتور و دیفرانسیل، اختلال مغناطیسی مجزایی ایجاد می‌کنند. بنابراین عمق نصب حسگر بین ۴۵ تا ۶۰ سانتیمتر پیشنهاد می‌شود. در اینصورت سطح سیگنال کاهش یافته و به جای تغییرات مغناطیسی ناشی از تک تک اجزای یک وسیله نقلیه، کل تغییرات مغناطیسی آن آشکار شده و درنتیجه منجر به شمارش صحیح یک وسیله نقلیه خواهد شد.

هنگامی که فقط تشخیص عبور خودرو مهم بوده و شمارش تعداد وسایل نقلیه مساله چندان اهمیتی نداشته باشد و یا زمانی که آشکارسازی وسایل نقلیه باریک نیز مانند دوچرخه و موتورسیکلت که سیگنال آنها ضعیف است، مورد نیاز باشد باید حسگرها نزدیک سطح روسازی در عمقی حدود ۱۵ سانتیمتر نصب شوند.

omoorepeyman.ir

۴-۱-۵-۲-۲- حفر سوراخ

برای نصب حسگر در جاده، باید با توجه به عمق مناسب نصب حسگر، سوراخ‌هایی در سطح روسازی حفر شود. یک قاعده کلی برای قطر سوراخ، سوراخی به قطر حسگر بعلاوه ۳/۲ میلیمتر است.

برای قرار دادن کابل رابط در سطح روسازی جهت تنظیم حوضچه و دمیدن هوای فشرده خشک و تمیز، باید شیارهایی حفر کرد.

۴-۱-۵-۲-۳- نصب حسگر

حسگر باید طوری در محل محکم شود که در جهت قائم جابجا نشود. دو روش برای نصب حسگر در سوراخ حفر شده وجود دارد:

الف- قرار دادن حسگر بدون هیچ محافظی در سوراخ. در این روش نصب حسگر با استفاده ار ماسه متراکم در محل محکم شده است. جزئیات نصب مغناطیس‌سنج دو محوره در شکل ۴-۳۰ نشان داده شده است.

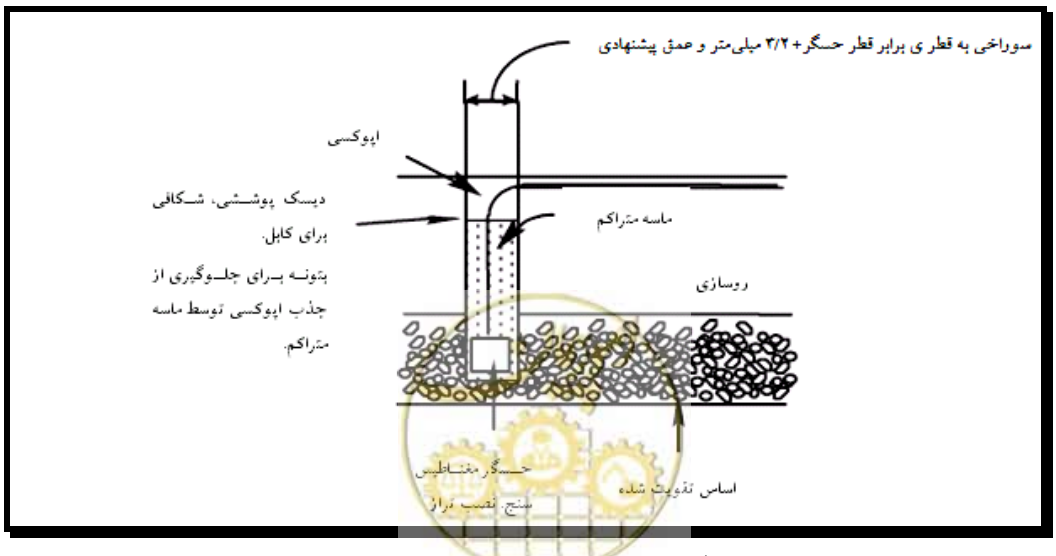
ب- قرار دادن حسگر در نوعی محافظ (به عنوان مثال لوله PVC) و سپس جایگذاری آن در سوراخ حفر شده مطابق شکل ۴-۳۱. در این روش برای ایمن‌سازی حسگر، شن و ماسه یا چسب در اطراف آن بکار می‌رود.

کابل‌های رابط حسگر و حوضچه باید در شیاری که‌در سطح روسازی بریده شده قرار گیرند. برای قرار دادن کابل در شیار، یک آب‌بند چوبی با قطری حدود ۰/۵ سانتی‌متر استفاده می‌شود. طول اضافه ۱/۵ متری کابل باید در حوضچه باقی بماند.

۴-۱-۵-۲-۴- انتخاب سیم و کابل

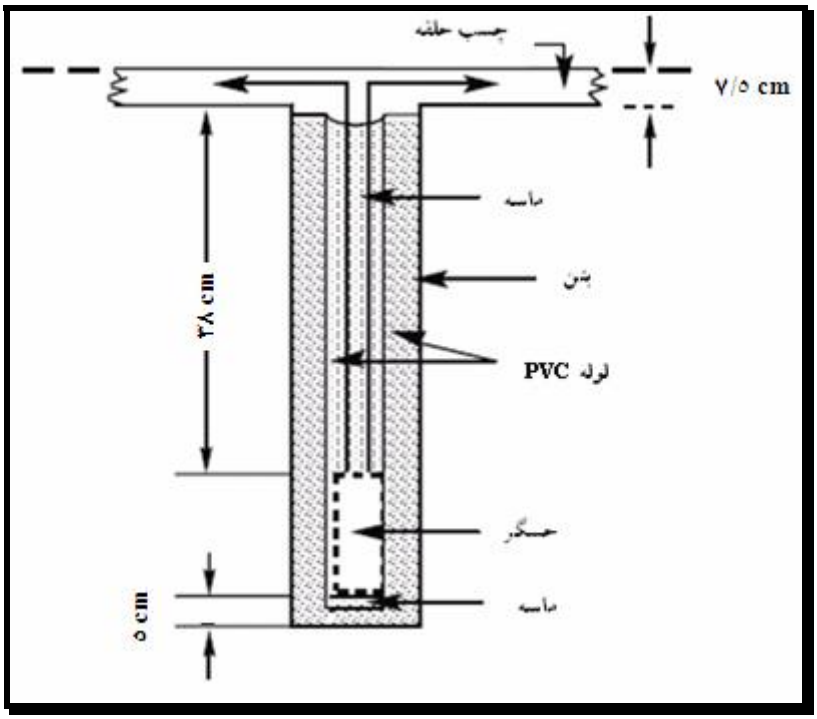
حداقل قطر سیم براساس طول کابل و تعداد حسگرها در هر کانال تعیین می‌شود. مقاومت کابل‌ها براساس طول و اندازه آنها در جدول ۴-۲ آورده شده است. مقاومت موثر هر حسگر برابر ۴ اهم است. از آنجایی‌که، حسگرها بصورت سری به یک کانال متصل می‌شوند، مقاومتشان با هم جمع می‌شود. مقاومت مجاز کابل‌ها برابر با ۱۲۰ اهم، منهای مجموع مقاومت حسگرها است.

مدار تحریک حسگر یک جریان ثابت پیک تا پیک ۱۲۵ میلی آمپر با حداکثر ولتاژ پیک تا پیک ۱۵ ولت تولید می‌کند. در نتیجه حداکثر مقاومت کابلهای نصب شده ۱۲۵ اهم باشد. اگر مقاومت کمتر از این مقدار باشد، سیستم عملکردی نرمال دارد، ولی مقاومتی بالاتر از این مقدار، باعث بوجود آمدن ناپایداری و کاهش کارایی می‌شود.



شکل ۴-۳۰- نصب حسگر مغناطیس‌سنج

omoorepeyman.ir



شکل ۴-۳۱- طرح استاندارد برای نصب مغناطیس‌سنج

جدول ۴-۲- مقاومت کابل‌ها براساس طول و اندازه آنها

نوع سیم	طول (متر)	مقاومت (اهم)
کابل مسی سایز ۲۲	۳۰۰	۳۵
کابل مسی سایز ۲۰	۳۰۰	۲۰
کابل مسی سایز ۱۸	۳۰۰	۱۳

در صورتی‌که طول کابل کمتر و یا بیشتر از ۳۰۰ متر باشد برای تعیین مقاومت آن از رابطه ۴-۲ استفاده می‌شود.

(۴-۲) ۳۰۰ / (مقاومت طول ۳۰۰) * طول کابل = مقاومت

به عنوان مثال برای کابل سایز ۲۰ به طول ۶۰۰ متر مقاومت سیم ۴۰ اهم می‌شود.

خواص کابل برای فواصل دور مهم است، خصوصا برای فواصل بیش از ۶۰۰ متر که کابل‌ها باید ایمنی نویز بالایی داشته باشند و همچنین در برابر تغییرات محیطی مقاوم باشند.

به علت تغییر مقاومت در اثر تغییر دما، در محل‌هایی که طول کابل بیش از ۶۰۰ متر است و رنج تغییرات دمایی بالا است، توصیه می‌شود از کابل سایز ۱۸ استفاده شود.

برای اتصال مغناطیس‌سنج‌ها به واحد الکترونیک ۲ جفت سیم مورد نیاز است: یک جفت برای انتقال جریان تحریک حسگرها و یک جفت برای انتقال سیگنال بازگشتی از حسگرها.

omoorepeyman.ir

اگرچه می‌توان تا ۱۲ حسگر را به یک کانال متصل کرد، اما حداکثر طول کابل‌های رابط، با افزایش تعداد حسگرها کاهش می‌یابد. به عنوان مثال حداکثر طول کابلهای رابط برای ۱۲ حسگر ۱۲۰۰ متر است، در حالیکه حداکثر طول کابل رابط برای ۶ حسگر به ۱۵۰۰ متر افزایش می‌یابد.

۴-۱-۵-۲-۵- به هم تابیدن کابل‌ها

برای تابیدن کابلهای حسگر به کابلهای رابط و کابینت کنترلر، باید از سیم قلعی استفاده شود که مغز روغنی دارد.

کابل رابط نباید مابین کابینت کنترلر و حوضچه تابیده شود.

مراحل به هم تابیدن کابل حسگرها به کابل‌های رابط به شرح زیر است:

- غلاف جفت کابل‌ها را به اندازه ۲۷ سانتیمتر لخت شود.
- به اندازه ۷/۶ سانتیمتر از یک رنگ یک کابل و ۷/۶ سانتیمتر از رنگ مخالف کابل دوم قطع شود.
- سیم‌های هر کابل به اندازه ۳۸ میلیمتر لخت شود.
- وارنیش‌های بزرگ و کوچک در محل خود قرار گیرد.
- سیم‌های با رنگ مشابه به دورهم پیچیده شوند.
- با استفاده از هویه برقی یا گازی سیم‌های به هم تابیده شده قلع کاری شود. از حرارت دادن بیش از حد سیم‌ها اجتناب گردد، زیرا ممکن است منجر به از بین رفتن عایق سیم‌ها شود.
- وارنیش کوچک بر روی اتصال قلع کاری شده کشیده شود.
- با استفاده از سشوار برقی صنعتی وارنیش کوچک حرارت دیده تا در محل خود محکم شود.
- وارنیش بزرگ بر روی کل محل اتصال کشیده شود.
- وارنیش بزرگ نیز مانند وارنیش کوچک حرارت داده شود. پس از حرارت دادن وارنیش به اندازه کافی، وارنیش از آبی به قهوه‌ای تغییر رنگ می‌دهد.

۴-۱-۵-۲-۶- تست سیستم

قبل از پر کردن حفره حسگرها، باید مقاومت کابل‌های رابط توسط یک اهم‌متر کنترل شود. در این تست به علت اضافه شدن کابل‌های رابط به صورت سری مقاومت اندازه‌گیری شده بالاتر می‌رود.

یک تست عملکردی نیز باید در کابینت کنترلر انجام شود. در این تست کابل‌ها به واحد الکترونیک متصل شده و تغذیه برقرار می‌شود و واحد الکترونیک باید طبق دستور کارخانه سازنده کالیبره شود.

هر حسگر باید بوسیله یک آهن‌ربای میله‌ای هم در جهت عمودی و هم در جهت افقی تست شود. آهن‌ربا موجب تقویت تغییر میدان مغناطیسی زمین هم در جهت افقی و هم در جهت عمودی می‌شود، مغناطیس‌سنج‌های دو محوره هم به تغییر در مولفه عمودی پاسخ می‌دهند و هم به تغییر در مولفه افقی میدان. هنگامی که آهن‌ربا بر روی هر یک از حسگرها قرار می‌گیرد، چراغ مربوط به آن حسگر در واحد الکترونیک باید روشن شود.

تست دیگری که باید انجام گیرد بدین شرح است. یک خط کش یک متری که با دقت یک میلیمتر مدرج شده است بصورت عمودی بر روی حسگر و آهن ربا در بالای آن قرار گرفته و به آرامی به سمت پایین حرکت داده تا چراغ مربوطه در واحد الکترونیک روشن

omoorepeyman.ir

شود. فاصله از روی خط کش مدرج قرائت می‌شود. اگر در طی زمان سیستم خطا دهد، این تست دوباره تکرار می‌شود و اگر برای تحریک نیاز به نزدیکتر کردن آهن ربا به حسگر بود، نشان دهنده این است که حسگر در محل خود چرخیده است.

مقاومت سری (پیوسته) حسگر و کابل باید با استفاده از یک ولت- اهم‌متر مورد بررسی قرار گیرد. مقاومت در برابر زمین نیز باید کنترل شود. مقدار بالای این مقاومت نشان می‌دهد که هیچ گونه نقصی در نصب حسگر یا سیم وجود ندارد. برای کنترل مقاومت نسبت به زمین باید از یک مگا اهم‌متر استفاده کرد، چون مقدار زیاد ولتاژ القا شده، حسگر را از بین خواهد برد.

۴-۱-۶- آشکارساز مغناطیسی

۴-۱-۶-۱- ضوابط قبل از نصب

۴-۱-۶-۱-۱- تعیین محل نصب

برای اینکه حسگر تغییر در میدان مغناطیسی زمین را حس کند، حداقل سرعت وسیله نقلیه باید بیش از ۸ کیلومتر بر ساعت باشد. به همین دلیل حسگرها باید در مکانی نصب شوند که وسایل نقلیه حرکت عادی دارند، بنابراین باید به اندازه کافی از خطوط ایست دور باشند که این فاصله حدود ۱۵ متر است.

حسگرها باید در مقطع عرضی از جاده نصب شوند که در آن نقطه حسگر بتواند سیگنال مناسبی تولید کند.

در صورتی‌که در مسیرهای متفاوت یک راه ۲ و یا بیشتر از ۲ حسگر استفاده شود، باید آنها را در مکان‌های مشابه نصب کرد. در اینصورت فضایی که توسط هر حسگر مانیتور می‌شود مشابه است و درنتیجه می‌توان حساسیت تمام حسگرها را توسط یک دکمه تنظیم کرد.

توصیه می‌شود حسگرها در محلی نصب شوند که به مسیر حرکت خودروها نزدیک‌تر باشند، در اینصورت قدرت پالس تولید شده بیشتر است و سیگنال ناشی از ترافیک سایر خطوط عبور و همچنین تغییر جریان در خطوط انتقال کمینه خواهد شد.

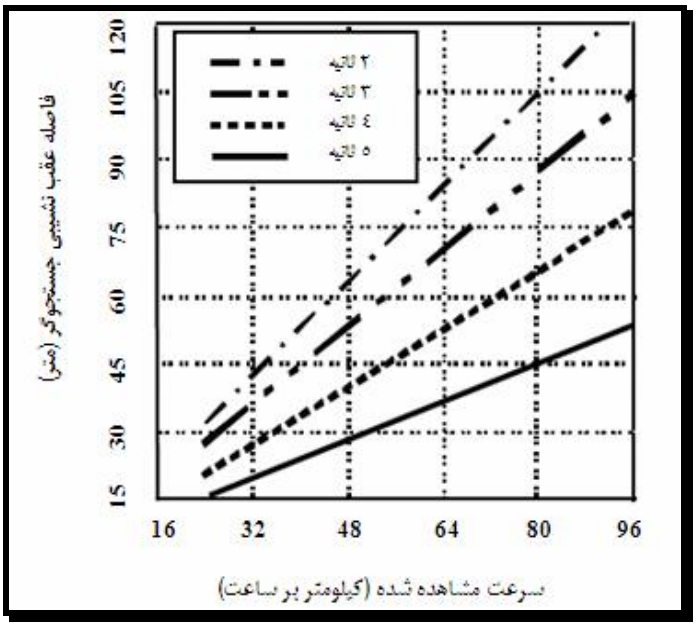
برای خنثی کردن اثر سیگنال‌های ناخواسته می‌توان از کاهش حساسیت استفاده کرد. در این حالت سیگنال ناشی از خودروهایی که در خط عبور مورد نظر هستند همچنان قوی باقی می‌ماند.

۴-۱-۶-۱-۲- فاصله از خطوط ایست

میزان عقب‌نشینی حسگرها از خطوط ایست بر اساس میزان سرفاصله زمانی مجاز[1] بین دو خودرو تعیین می‌شود. در نمودارهای شکل ۴-۳۲ فاصله مکان نصب حسگرها با توجه به خطوط ایست برای داشتن گپ‌های ۲، ۳، ۴ یا ۵ ثانیه نشان داده شده است. به عنوان مثال برای داشتن سرفاصله زمانی ۴ ثانیه در خیابانی که متوسط سرعت وسایل نقلیه ۴۸ کیلومتر بر ساعت است، باید به اندازه ۴۰ متر از خطوط ایست عقب‌نشینی کرد.

omoorepeyman.ir

[1] Gap



شکل ۴-۳۲- عقب‌نشینی حسگر مغناطیسی از خط ایست براساس سرعت و سرفاصله زمانی مجاز

۴-۱-۶-۱-۳- فاصله جانبی[1] آشکارساز از کنار راه

محل بهینه نصب حسگرها در مسیرهای تک خطه منتهی به خط ایست، مطابق شکل ۴-۳۳ در مسیر چرخ راست وسیله نقلیه است.

برای مسیرهای دو خطه و بیشتر دو روش برای نصب حسگر وجود دارد.

الف- بمنظور پوشش کامل حسگرها مطابق شکل ۴-۳۴ در وسط دو خط نصب شوند.

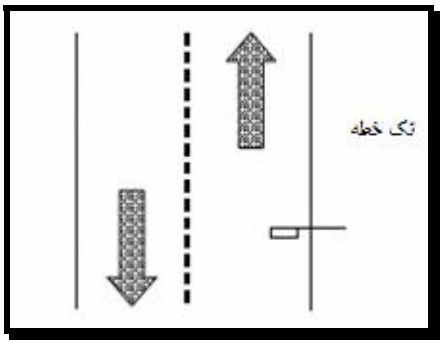
ب- در هر خط عبور یک حسگر نصب شود. توجه به این نکته ضروری است که حسگر در هر باند در زیر چرخ سمت راست قرار گیرد.

در مسیرهایی که خط سمت راست آنها به حرکت گردش به راست اختصاص داده شده است، حسگر در وسط خط مستقیم قرار می‌گیرد تا اثر وسایل نقلیه موجود در خط گردش به راست کمینه شود.

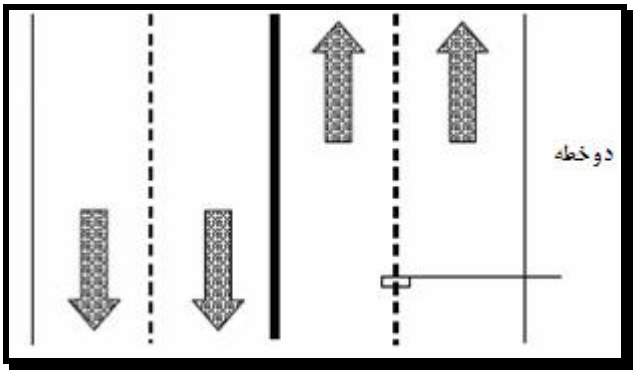
اگر آشکارسازهای مغناطیسی در یک جاده جدید نصب شوند، باید هر حسگر را در یک لوله قرار داد، ولی اگر حسگرها در جاده‌ای قدیمی نصب شوند که در آن محدودیت نصب لوله داریم، می‌توان تا ۳ حسگر را در یک لوله قرار داد.

omoorepeyman.ir

[1] Lateral Distance



شگل ۴-۳۳- نصب حسگر مغناطیسی در مسیرهای تک خطه منتهی به خط ایست



شکل ۴-۳۴- نصب حسگر مغناطیسی در مسیرهای دو خطه منتهی به خط ایست

۴-۱-۶-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی

۴-۱-۶-۲-۱- طرح‌های نصب

حسگر آشکارساز مغناطیسی باید در عمق ۳۰ تا ۷۶ سانتیمتری زیر جاده نصب شود. محور طولی معمولا بصورت افقی و عمود بر جهت حرکت ترافیک است.

برای نصب حسگرهای آشکارساز در زیر جاده می‌توان به دو روش عمل کرد.

الف- قرار دادن حسگرهای مغناطیسی درون یک لوله که برای نصب لوله باید مطابق شکل ۴-۳۵ در زیر جاده تونلی ایجاد کرده و سپس لوله را از یک طرف جاده وارد این تونل کرد.

برای نصب در مسیرهای ۴ خطه با میانه، توصیه می‌شود که این لوله‌ها از سمت میانه نصب شوند، زیرا میانه‌ها دارای تابلوهای راهنما و حفاظهای کمتری هستند.

پس از علامت‌گذاری و تعیین محل مناسب حسگر، برای تعیین محل مناسب حوضچه لازم است فاصله انتهای لوله تا حوضچه اندازه‌گیری شود.

به منظور ایجاد شیار و قبل از ایجاد شیار باید در کناره مسیر گودالی به عمق ۹۰ سانتیمتر، عرض ۶۰ سانتیمتر و طول ۳ متر حفر کرد.

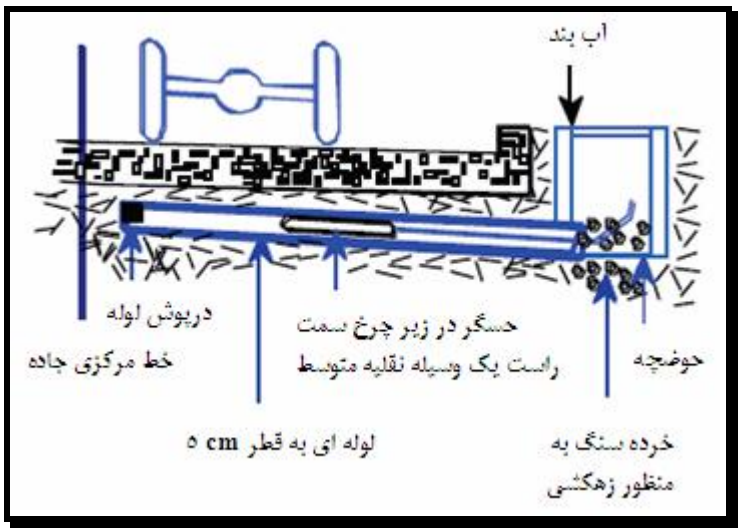
توسط یک ابزار سوراخ‌کاری افقی که در گودال نصب، تراز و محکم شده، باید شیاری به اندازه طول لوله نصب حسگر در زیر جاده ایجاد نمود. البته باید دقت کرد که دستگاه از مسیر تعیین شده منحرف نشود.

omoorepeyman.ir

پس از اتمام مرحله سوراخ‌کاری و خارج کردن دستگاه سوراخ‌کاری از گودال باید گودال را تا زیر سوراخ حفر شده پر کرد.

در انتهای یک لوله PVC ۴۰ با قطر سه یا چهار اینچ لازم است درپوشی گذاشته و به صورت قطعه قطعه در سوراخ حفر شده قرار داد. هر قطعه با چسب به قطعه دیگر متصل شود.

قبل از نصب آخرین قطعه لوله، حوضچه در جای خود باید طوری قرار گیرد که سوراخ آن با لوله در یک خط قرار گیرد و لوله باید همتراز با دیواره حوضچه باشد.



شکل ۴-۳۵- نصب شناسگر مغناطیسی از کناره یا میانه راه

ب- کانال‌زنی

ابتدا باید محدوده کانال بر روی سطح جاده مشخص شود.

محل کانال و حوضچه در سطح روسازی باید حفاری شود و عمق حفاری کانال به اندازه‌ای باشد که لوله در عمق ۳۰ سانتیمتری قرار گیرد.

یک لوله PVC به قطر ۳ یا ۴ اینچ باید طوری درون کانال قرار گیرد که شیب این لوله جهت تخلیه آب به سمت حوضچه باشد.

پس از نصب حسگر درون لوله باید در قسمت انتهایی لوله یک پوشش قرار گیرد.

لازم است پایین و بالای لوله توسط ماسه نرم پر شود.

توصیه می‌شود به منظور جلوگیری از آسیب دیدن حسگرها بر اثر فشار ترافیک، روی لوله به ارتفاع ۱۵ سانتیمتر بتن‌ریزی شود.

پس از اتمام عملیات نصب حسگر باید خاکریزی و ترمیم آسفالت انجام شود.

۴-۱-۶-۲-۲- کابل‌بندی و اتصال اجزای سیستم

قبل از قرار دادن حسگر در لوله، باید مجموعه حسگر و سیم‌های رابط را بر روی سطح جاده در محل تعیین شده و به طور صحیح قرار داد. کابل رابط باید علامت‌گذاری شود تا هنگامی‌که حسگر در لوله قرار داده شد از روی علامت آن مشخص شود حسگر در محل صحیح خود قرار گرفته است. حسگر توسط یک سیم بکسل آهنی ۹ میلیمتری به داخل لوله فرستاده می‌شود.

omoorepeyman.ir

پس از نصب حسگرها، باید حوضچه نصب شده و یک محل تخلیه آب در پایین حوضچه تعبیه شود. نصب حوضچه همانند نصب حوضچه در حلقه القایی صورت می‌گیرد.

روی حوضچه باید جهت جلوگیری از نفوذ آبهای سطحی، آب‌بندی شود.

سیم‌های رابط حسگر باید به کابل‌هایی که به کنترلر متصل می‌شود تابیده شوند.

محل اتصال سیم‌ها باید لحیم‌کاری شود، زیرا شناسگرهای مغناطیسی جریان بسیار ضعیفی تولید می‌کنند. فرآیند به هم تابیدن سیم‌ها همانند فرایند به هم تابیدن کابل‌ها در حلقه‌های القایی و همچنین مغناطیس‌سنج‌ها است.

هر حسگر به دو رسانا برای انتقال سیگنال نیاز دارد.

از آنجایی‌که جریان حسگرها بسیار کم است هر سایز سیمی مورد قبول است، اما نکته‌ای که باید در نظر گرفت این است که سیم‌های متصل به حسگر نباید از رشته سیم‌های کابلی باشد که از رشته‌های دیگر آن جریان عبور می‌کند، مانند رشته‌هایی که سیگنال ترافیک را انتقال می‌دهند، زیرا موجب بروز اختلال و تولید سیگنال اشتباه در واحد کنترل می‌شود. اما می‌توان برای هر تعداد از سیم‌های حسگر از رشته‌های یک کابل استفاده کرد، زیرا هیچ تاثیری بر روی یکدیگر ندارند.

۴-۱-۶-۲-۳-تست سیستم

هنگام نصب سیستم باید تست مقاومت سری و تست مقاومت زمین انجام شود.

میزان مقاومت سری هر حسگر ۳۸۰۰ اهم با رواداری ۱۰ درصد است. اگر دو حسگر با هم سری باشند، میزان مقاومت ۷۶۰۰ اهم است. اگر مقاومت اندازه‌گیری شده متفاوت بود، باید اتصالات و تابیدن سیم‌ها مورد بررسی قرار گیرد.

مقاومت زمین حدود چند مگا اهم است که مقاومت کم باعث ایجاد نشتی می‌شود. این نشتی تا زمانی که بر ولتاژ خروجی تقویت کننده تاثیر نگذارد، عملکرد سیستم را مختل نمی‌کند.

برای اطمینان از عملکرد مناسب سیستم، بهره تقویت کننده باید روی کمترین مقدار تنظیم شود تا از ایجاد سیگنال تقلبی جلوگیری شود. میزان مقاومت‌های اندازه‌گیری شده و بهره تقویت کننده باید در جدولی یادداشت شده به منظور تعمیر و نگهداری در آینده در کابینت کنترلر نصب شود.

۴-۱-۷- شناسگر مغناطیسی سیار

۴-۱-۷-۱- ضوابط قبل از نصب

این دستگاه‌ها به صورت سیار و در محورهای مختلف به صورت دوره‌ای نصب می‌شوند، بنابراین دقت در مکان‌یابی جغرافیایی، تعیین محدوده زمانی آمارگیری، نحوه انجام عملیات کالیبراسیون و راه‌اندازی اهمیت بسیاری دارد. در این صورت می‌توان آمار برداشت شده در دوره‌های مختلف ترددشماری را مقایسه نموده و بستر مناسبی را در این زمینه ایجاد نمود.

دستگاه پس از نصب، خود را در مدت ۱۵ دقیقه به صورت خودکار با شرایط جاده سازگار می‌کند. بنابراین توصیه می‌شود حتما نیم ساعت قبل از شروع آمارگیری برنامه‌ریزی شده، دستگاه در محل نصب شود.

omoorepeyman.ir

با توجه به اینکه دستگاه ترافیک‌شمار در سطح جاده نصب می‌شود، حداقل افراد مورد نیاز برای نصب دستگاه ۴ نفر است. یک نفر به عنوان سرپرست گروه و تکنسین کامپیوتر مسلط به نرم‌افزار HDM برنامه‌ریزی، کالیبراسیون و نصب دستگاه، یک نفر نصاب و آشنا با نحوه ایمن‌سازی، دستورالعمل نگهداری و نصب دستگاه و ۲ نفر کارگر ایمن‌سازی آشنا با نحوه ایمن‌سازی و هدایت وسایل نقلیه.
قبل از اعزام گروه نصب دستگاه ترافیک‌شمار به محل نصب، لازم است تجهیزات مورد نیاز به منظور نصب دستگاه‌ها فراهم شده و در اختیار گروه نصب قرار گیرد.

۴-۱-۷-۲- تجهیزات مورد نیاز برای نصب

تجهیزات مورد نیاز نصب شامل تجهیزات لازم بمنظور ایمن‌سازی مانند مخروط‌ها، تابلوهای جهت‌نمای ترافیکی، علائم ایمنی، پرچم قرمز رنگ جهت هدایت ترافیک، جلیقه شبرنگ و غیره، و تجهیزات لازم جهت نصب دستگاه است. فهرست تجهیزات مورد نیاز جهت نصب دستگاه به شرح زیر است.

- دریل با توان متناسب
- مته‌های الماسه ۱۰ یا ۱۲ با حداقل طول ۵۰ سانتیمتر
- پیچ خودرو ۱۰ یا ۱۲ با حداقل طول ۱۰ سانتیمتر
- روپلاک ۱۰ یا ۱۲ متناسب با پیچ انتخاب شده
- واشر فلزی تخت پهن ۲۳ میلیمتری مناسب با پیچ
- چکش با دسته چوبی مناسب حداقل ۵ کیلوگرمی
- کابل سیار به طول حداقل ۵۰ متر
- موتور برق (در محلهای فاقد برق شهری)
- جعبه ابزار کامل
- نبشی یا ناودانی به طول ۱/۵ متر

۴-۱-۷-۳- تعیین محل نصب

جهت تعیین محل دقیق نصب دستگاه رعایت نکات زیر ضروری است.
دستگاه نباید در نزدیکی پاسگاه‌های پلیس راه، ایستگاه‌های ایست بازرسی و محل‌هایی که موجب تغییر رفتار راننده و تغییر ناگهانی سرعت می‌گردد نصب شود.
توصیه می‌شود دستگاه در محل‌هایی که دارای شیب‌های طولی زیاد مانند قوس‌های قائم، هستند نصب نشود.
محل نصب با توجه به تعداد وسایل نقلیه عبوری در محل، دارای حداقل فاصله ۱۰۰ الی ۲۵۰ متر از محل قوس‌های افقی و موانع دید موجود در سطح جاده باشد. این فاصله به منظور تامین ایمنی گروه نصب کننده در نظر گرفته شده است.
محل نصب دستگاه باید دارای برق شهری در فاصله حدود ۱۰۰ متری آن باشد.
محل نصب باید بگونه‌ای انتخاب شود تا فضای ایمنی برای تردد وسایل نقلیه عبوری هنگام نصب تامین شود. بنابراین خط عبور در محل نصب دستگاه باید دارای حداقل عرض ۱۱ متر باشد.

omoorepeyman.ir

در محل نصب دستگاه نباید تاسیسات جانبی راه از قبیل پمپ بنزین، رستوران و غیره وجود داشته باشد.
در محل نصب دستگاه نباید سطح آسفالت دارای ترک و حفره‌های بزرگ باشد و در مجموع باید دارای سطحی پایدار باشد.
قبل از نصب دستگاه موارد زیر باید با توجه به اطلاعات موجود برروی برچسب کالیبراسیون (پس از انجام عملیات کالیبراسیون بر روی دستگاه نصب شده است) کنترل شود.

- محل نصب باید با مشخصات مندرج در برچسب کالیبراسیون مطابقت داشته باشد.
- میزان شارژ موجود دستگاه نباید از ۴ ولت کمتر باشد.
- تاریخ نصب دستگاه باید منطبق با تاریخ شروع آمارگیری یا قبل از آن تاریخ باشد.
- زمان پایان عملیات نصب حداقل باید ۳۰ دقیقه قبل از شروع زمان آمارگیری دستگاه (مندرج در برچسب کالیبراسیون) اتمام یابد.

۴-۱-۷-۴- ضوابط نصب و پیاده‌سازی

۴-۱-۷-۴-۱- ایمن‌سازی محل

سرپرست گروه باید نقشه ایمن‌سازی محور را برای انجام عملیات تهیه نموده و بر طبق نقشه نسبت به ارائه دستورات لازم اقدام نماید.
مخروط و علائم ایمنی مربوط به انجام عملیات بر طبق نقشه در طول مسیر بر روی شانه در کنار مسیر قرار داده شود.
قبل از مسدود کردن خط اول مسیر، باید کلیه تجهیزات مربوط به نصب (از قبیل: دریل، پیچ و رول‌پلاک‌های مربوطه، اتصال دریل به برق، عبور کابل دریل از زیر نبشی‌های محافظ) در کنار جاده آماده بهره‌برداری باشند.
به منظور ایمن‌سازی مسیر باید دو نفر کارگر در محلهای مربوط به خود در ابتدای منطقه شروع عملیات مستقر شوند.
پس از استقرار کارگران ایمن‌سازی در دو طرف مسیر و هشدار به رانندگانی که در حال نزدیک شدن به محور هستند، بر اساس نقشه ارایه شده توسط سرپرست گروه نسبت به ایمن‌سازی محور و قرار دادن مخروط‌های ایمنی، تجهیزات و چراغ‌های هشداردهنده در طول محور اقدام شود.

۴-۱-۷-۴-۲-مراحل نصب

در قسمت مرکزی هر خط در سطح آسفالت، محل مناسبی که در آن سطح آسفالت کاملا صاف، هموار و بدون فرورفتگی و برآمدگی باشد انتخاب شود. محل قرارگیری دستگاه باید تا حد امکان صاف بوده و دارای ترک، قیر زدگی و ناهمواری نباشد، بطوریکه دستگاه کاملا به صورت پایدار روی سطح ثابت بماند.
روکش محافظ دستگاه باید روی سطح آسفالت قرار گیرد.
با توجه به حجم ترافیک در محل مربوطه، می‌توان در مورد نحوه نصب دستگاه در سطح روسازی به دو طریق اقدام نمود. در ترافیک سبک با استفاده از چهار عدد پیچ، و در ترافیک سنگین با استفاده از هشت عدد پیچ می‌توان دستگاه را در سطح آسفالت نصب نمود.
برای نصب دستگاه با میخ باید از دستگاه پانچ میخ و برای پیچ کردن باید از دریل و سپس رول‌پلاک و پیچ استفاده نمود.

omoorepeyman.ir

برای ثابت کردن دستگاه و پوشش لاستیکی می‌توان از پیچ یا میخ استفاده نمود. در صورت استفاده از پیچ، قبل از قرار دادن دستگاه در محل، با استفاده از شابلون مربوط به پوشش لاستیکی دستگاه نسبت به ایجاد سوراخ‌های مورد نیاز در سطح آسفالت با استفاده از دریل اقدام نموده و سپس با استفاده از رول‌پلاک و پیچ نسبت به نصب دستگاه در سطح جاده اقدام می‌شود. در صورت استفاده از میخ، برای روسازی‌های آسفالتی طول میخ بسته به نوع آسفالت باید از ۴ تا ۶/۵ سانتیمتر انتخاب شود، این میزان برای روسازی‌های بتنی کمتر است. به هیچ عنوان نباید از چکش برای کوبیدن میخ یا پیچ در آسفالت استفاده کرد، چون ممکن است به بدنه آلومینیومی دستگاه آسیب جدی وارد نماید.

در زمان نصب دستگاه و روکش محافظ آن باید دقت شود دستگاه در جهت جریان ترافیک نصب شود.

برداشت دستگاه معمولا پس از اتمام دوره آمارگیری در زمان تعیین شده در برنامه‌ریزی دستگاه، انجام خواهد شد. مراحل برداشت دستگاه نیز دقیقا مشابه مراحل نصب دستگاه است. در صورتی که برای نصب دستگاه از میخ استفاده شده باشد، لازم است از میخ‌کش‌های استفاده شود. در غیر این‌صورت باید با ابزار مناسب نسبت به باز کردن پیچ‌ها و برداشت دستگاه اقدام شود.

پس از برداشت دستگاه، روکش مربوطه نیز باید از سطح آسفالت جدا شود. پس از تخلیه اطلاعات دستگاه باید نسبت به شارژ مجدد آن جهت استفاده در موارد بعدی اقدام شود.

۴-۱-۸- ملاحظات نصب کلیه سیستم‌های توزین در حال حرکت

۴-۱-۸-۱- ملاحظات کلی

ملاحظات کلی نصب برای تمامی شناسگرهای توزین در حال حرکت (صفحات خمشی، پیزوالکتریک، کوارتز، سلول بار، و کف‌پوش‌های خازنی) مشابه بوده و به شرح زیر است:

- نصب شناسگرها باید در شرایط آب و هوایی مناسب انجام شود. به‌طوری‌که، در شرایط آب و هوایی مرطوب، یخبندان یا هوای خیلی گرم نباید عملیات نصب انجام شود.
- حسگرها باید همسطح با سطح جاده نصب شود و بخش بالایی آنها نباید بیشتر از یک میلیمتر با سطح جاده اختلاف ارتفاع داشته باشد.
- تجهیزات سیستم‌های توزین درحال حرکت باید در برابر آب، گرد و غبار، آذرخش، و امواج برق محافظت شود.
- کابینت تجهیزات سیستم‌های توزین درحال حرکت باید سیستم الکترونیکی را در برابر درجه حرارت، گرد و غبار، رطوبت و حمله جانوران و حشرات محافظت کند.
- تجهیزات سیستم‌های توزین درحال حرکت باید طوری نصب شوند که نگهداری سیستم بدون قطع عملیات جمع‌آوری اطلاعات صورت گیرد.

۴-۱-۸-۲- موقعیت و محل نصب دستگاه‌های توزین حین حرکت

بر اساس استاندارد ASTM، به منظور نصب دستگاه‌های توزین حین حرکت، باید محل مورد نظر شرایط لازم برای عملکرد مناسب و دقیق را دارا باشد. عواملی که بر عملکرد این دستگاه‌ها موثر هستند شامل طرح هندسی مسیر، وضعیت روسازی و شرایط کلی محل

omoorepeyman.ir

نصب است. این عوامل بر رفتار دینامیکی وسایل نقلیه تاثیرگذار بوده و در نتیجه وزن استاتیکی وسایل نقلیه به طور دقیق برآورد نخواهد شد.

مشخصات مربوط به شرایط روسازی و طرح هندسی مسیر در این استاندارد برای چهار نوع مختلف از این سیستم‌ها (با توجه به عملکرد و کاربرد سیستم) ارایه شده است. استانداردهای مربوط به محل نصب سیستم‌های توزین در حال حرکت به شرح زیر است.

۴-۱-۸-۲-۱- طرح هندسی مسیر

طرح هندسی مسیر تاثیر به سزایی در اندازه‌گیری بار دینامیکی وسایل نقلیه دارد. بدین منظور ASTM-E 1318-02 استانداردهای مشخصی را برای قوسهای افقی، شیب طولی، شیب عرضی و عرض روسازی شده هر خط مسیر به شرح زیر تعیین کرده است:

- قوس افقی مسیر برای ۶۰ متر قبل و ۳۰ متر بعد از محل نصب حسگرهای توزین درحال حرکت باید دارای حداقل شعاع ۱/۷ km باشد. شعاع مزبور در طول خط مرکزی مسیر و برای همهٔ انواع سیستم‌های توزین درحال حرکت صادق است.
- شیب طولی مسیر باید در حداقل ۶۰ متر قبل و ۳۰ متر بعد از محل نصب حسگرهای توزین درحال حرکت نوع ۱ ، ۲ و ۳ کمتر از ۲٪ و برای نوع ۴ کمتر از ۱٪ باشد.
- شیب عرضی مسیر می‌بایست در حداقل ۶۰ متر قبل و ۳۰ متر بعد از محل نصب حسگرهای توزین درحال حرکت نوع ۱، ۲ و ۳ کمتر از ۲٪ و برای نوع ۴ کمتر از ۱٪ باشد.
- عرض هر خط عبوری مسیر برای حداقل ۶۰ متر قبل و ۳۰ متر بعد از محل نصب حسگرهای توزین درحال حرکت باید بین ۳/۶۵ تا ۴/۲۵ متر باشد.

۴-۱-۸-۲-۲- شرایط روسازی

شرایط روسازی تاثیر بسزایی در مقدار نیروی عمودی وارد بر روسازی از طرف وسیلهٔ نقلیه دارد.

سیستم‌های توزین حین حرکت باید در روسازی‌های بتنی نصب گردند، به‌طوری‌که در تمام مدت طول عمر تجهیزات (حدود ۱۰ تا ۱۵ سال)، سطحی با پایداری، مقاومت و همواری مناسب ایجاد کنند. مطابق با استانداردها توصیه می‌شود ضخامت روسازی بتنی برابر با ماکزیمم مقدار بین مقادیر ۳۰۰ میلیمتر و ضخامت نشان داده شده در نقشه‌های اجرایی باشد.

در صورت نصب سیستم‌های توزین در حال حرکت در روسازی آسفالتی ترجیحا توصیه می‌شود روسازی آسفالتی در محل نصب سیستم مذکور با روسازی بتنی جایگزین شود. بدین منظور دو راهکار برای بهسازی محل نصب وجود دارد:

۱- اجرای روسازی بتنی به طول ۱۰۰ متر قبل و ۳۰ متر بعد از محل نصب حسگرها.

۲- اجرای دال بتنی در طولی معادل ۱۵ متر قبل و ۷/۵ متر بعد از محل نصب حسگرها.

همچنین بر اساس آزمایش‌های غیر مخرب باید روسازی حداقل مقاومت لازم را دارا باشد. به طوری‌که با اعمال بار ۴۰۸۰ کیلوگرمی، تغییر شکل روسازی بین ۰/۳۰۵ تا ۰/۴۵۷ میلیمتر باشد.

در صورتی‌که از سیستم توزین حین حرکت در روسازی‌های آسفالتی استفاده شود، باید حسگرها را در مسیرهای مستقیم که دارای سطح روسازی مناسب هستند و سرعت وسایل نقلیه در آنها یکنواخت است، نصب کرد، زیرا خرابی‌های روسازی شامل: خط افتادگی چرخ ، ترک خوردگی‌ها (ترک‌های طولی، عرضی و پوست سوسماری) و برآمدگی‌ها در عملکرد سیستم تأثیر منفی داشته و باعث افزایش خطا می‌گردند، بنابراین خط افتادگی چرخ و تغییر شکل روسازی، نباید در تمامی عرض مسیر عبوری بیش از ۴ **میلی‌متر** باشد

omoorepeyman.ir

و برآمدگی‌های روسازی در جهت جریان ترافیک در محدوده ۴۰سانتی‌متر قبل و ۴۰ سانتی‌متر بعد از سنسورها باید کمتر از **۱ تا ۲ میلی‌متر** باشد. در غیر این‌صورت توصیه می‌شود ۱۰۰ متر قبل و ۳۰ متر بعد از محل نصب حسگرها، سطح روسازی بهسازی شده، یا اینکه در صورت امکان محل دیگری برای نصب حسگرها انتخاب شود.

تا ۷۲ ساعت پس از بهسازی، باید از نصب حسگرها در مسیر بهسازی شده جلوگیری کرد.

مطابق استاندارد ASTM-E 1318-02 سطح روسازی ۶۰ متر قبل و ۳۰ متر بعد از محل نصب حسگرهای توزین درحال حرکت باید به گونه‌ای باشد که یک صفحه مدور به قطر ۱۵۰ میلی‌متر به ضخامت ۳ میلی‌متر نتواند از زیر یک خط‌کش بلند به طول ۶ متر عبور نماید.

مطابق استاندارد ASTM-E 1318-02 به منظور استقرار حسگرهای توزین درحال حرکت باید فونداسیون مناسبی تامین گردد. همچنین باید نسبت به نصب و نگهداری حسگرها برطبق توصیه‌های سازندگان سیستم اقدام گردد.

۴-۱-۸-۲-۳- موقعیت و شرایط کلی محل نصب سیستم‌ها

موقعیت و محل نصب سیستم‌های توزین در حال حرکت با توجه به اطلاعات مربوط به ترافیک کامیونهای عبوری تعیین می‌گردد، و باید دارای شرایط زیر باشد:

- دسترسی به برق و تلفن
- فضای کافی به منظور ایجاد کابینت کنترلر: محل کابینت کنترلر باید به گونه‌ای تعیین گردد که حسگرها و کابینت کنترلر دارای حداقل فاصله ممکن بوده، و همچنین دسترسی به آن برای کلیه پرسنل آسان باشد. در این صورت امکان استفاده از حسگر با طول کابل استاندارد فراهم شده و خطر آسیب دیدن کابل‌ها به هنگام کابل‌کشی تا کابینت را کاهش می‌دهد.
- زهکشی مناسب محل
- مطابقت با شرایط ترافیکی محل مورد نظر

سیستم‌های توزین حین حرکت باید در محلی قرار گیرند که جریان آزاد ترافیک با مسافت دید مناسب وجود دارد. محل مذکور باید ویژگی‌های زیر را داشته باشد:

- حجم ترافیک توقف- حرکت کم باشد.
- حجم ترافیک با سرعت کم، حداقل باشد.
- تعویض خط جریان ترافیکی حداقل باشد.
- سرعت ترافیک یکنواخت باشد.
- تغییر در شتاب وسایل نقلیه رخ ندهد.
- مسافت دید مناسب در مسیر تا محل نصب سیستم تامین گردد.

به منظور افزایش کارایی، دقت و کاهش هزینه‌ها، شرایط زیر در انتخاب محل نصب سیستم توزین حین حرکت توصیه می‌گردد:

- محل نصب در مسیر تازه احداث شده انتخاب گردد. اینکار باعث کاهش هزینه‌های اجرایی و تعمیر و نگهداری می‌شود.
- نصب در مناطقی که امکان ریزش سیل در آنها کم است و شرایط آب و هوایی معتدل است صورت گیرد. زیرا اینکار باعث افزایش دقت و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری می‌شود.

omoorepeyman.ir

- نصب در یکی از مسیرهای دارای حریم راه وسیع انجام شود تا هزینه‌های اجرایی کاهش یابد.
- به منظور کاهش هزینه‌های اجرایی در محل نصب امکان دسترسی آسان به برق و امکانات مخابراتی وجود داشته باشد.
- به منظور افزایش دقت، محل نصب دور از مناطق مسکونی، تجاری، راه‌های دسترسی به مسیر مذکور و سایر عواملی که منجر به ایجاد اختلال در ترافیک عبوری می‌شود، انتخاب شود.
- نصب در مسیرهایی که دارای شرایط طرح هندسی، روسازی و ترافیکی یکسان و ثابتی هستند انجام شود. اینکار باعث افزایش دقت می‌شود.
- به منظور افزایش ایمنی، محل نصب در نزدیکی ایستگاه‌های پلیس و یا راهداری‌ها انتخاب شود.

۴-۱-۸-۳- کالیبراسیون

در کالیبراسیون مسایلی نظیر اثرات محیط مانند دمای آسفالت، سرعت وسیله نقلیه و شرایط آسفالت باید در نظر گرفته شود. فرایند کالیبراسیون شامل دو بخش آزمایش مقبولیت[1] و کالیبراسیون مجدد است.

۴-۱-۸-۳-۱- آزمایش مقبولیت

آزمایش مقبولیت شامل سه مرحله: تایید عملکرد صحیح سیستم، کالیبراسیون اولیه و تایید عملکرد مداوم ۷۲ ساعته سیستم است.

در مرحله اول انتقال سیگنال از جاده به کنترلر کنار جاده و تبدیل آن به اطلاعات صحیح توزین در حال حرکت باید توسط آزمایش عملکرد سیستم تایید شود.

در مرحله دوم وزن ثبت شده در عبور یک یا چند کامیون از روی حسگر با اطلاعات وزن آنها در حالت ایستایی باید توسط کالیبراسین اولیه مقایسه شود. این عمل باید چندین بار در سرعت‌های مختلف و در محدوده اجرای طرح انجام شود و اطلاعات جمع‌آوری شده برای محاسبه ضریب وزن مورد استفاده قرار گیرد. ضریب وزن در تبدیل اطلاعات دینامیکی وزن به اطلاعات حالت ایستا بکار میرود. با تغییر فصول و تغییر در شرایط آسفالت لازم است این ضریب را با آزمایش مجدد بدست آورد.

در مرحله سوم برای اطمینان از تداوم عملکرد صحیح سیستم باید آزمایش ۷۲ ساعته انجام شود. پس از این مرحله سیستم آماده استفاده و بهره‌برداری است.

۴-۱-۸-۳-۲- کالیبراسیون مجدد

کالیبراسیون مجدد لازم است در طول عمر کاری سیستم انجام گیرد. ضریب وزن مربوط به هر دوره زمانی در صورت بروز مشکل در سیستم تغییر می‌کند.

omoorepeyman.ir

[1] Acceptance

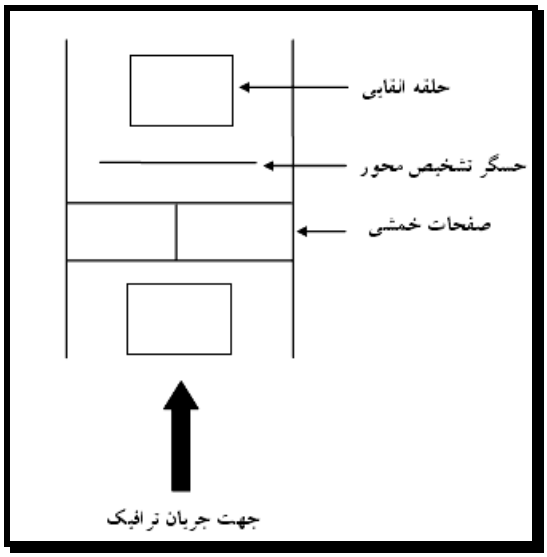
۴-۱-۹- صفحات خمشی

۴-۱-۹-۱- ضوابط قبل از نصب

۴-۱-۹-۱-۱- طرح‌های نصب

صفحات خمشی شامل دو صفحه فلزی به طول ۱/۲۵ یا ۱/۷۵ متر و عرض ۰/۶ متر در کنار یکدیگر و به منظور پوشش یک خط عبور ۳/۶ متری (۱۲ فوتی) هستند.

شکل ۴-۳۶ نحوه نصب حسگرهای صفحات خمشی به همراه دو حلقه القایی و یک حسگر محوری برای مشخص شدن طول وسیله نقلیه و اطلاعات مربوط به فاصله محورها را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۳۶- سیستم توزین درحال حرکت صفحه خمشی

۴-۱-۹-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی

۴-۱-۹-۲-۱- تست اولیه

قبل از انتقال تجهیزات به محل نصب باید مقاومت سیستم تست شود.

۴-۱-۹-۲-۲- آماده‌سازی جاده

در صورتی که روسازی آسفالتی باشد، شرایط روسازی باید مطابق به ملزومات بیان شده در بخش موقعیت و محل نصب دستگاه‌های توزین در حال حرکت باشد. در غیر این صورت باید مطابق با مشخصات محل روسازی آسفالتی با روسازی بتنی جایگزین شود.

محل نصب باید قبل از حفر کردن علامت‌گذاری شود.

۴-۱-۹-۲-۳- برش شیار در سطح روسازی

برش شیار با توجه به نوع روسازی (بتنی و آسفالتی) متفاوت خواهد بود.

omoorepeyman.ir

الف- روسازی بتنی با ضخامت کافی: عمق شیار برای نصب سیستم در محل کم و در حدود ۵ تا ۲۰ سانتیمتر است، در نتیجه عملیات نصب به مدت یک روز بطول می‌انجامد. طول و عرض شیار به ترتیب باید حدود ۱/۸ متر و ۰/۶۵ متر باشد.

ب- روسازی بتنی با ضخامت کم و روسازی آسفالتی: در این حالت عملیات نصب مشکلتر بوده و نیاز به برش سطح روسازی در ابعاد ۰/۷۵، ۱/۵، و ۴ متر دارد. در نتیجه مدت زمان نصب (زمان لازم برای نصب حسگر تشخیص محور، دو حلقه و صفحه خمشی) به سه روز افزایش می‌یابد. در طی فرآیند برش در روسازی بتنی توصیه می‌شود سطح روسازی خیس باشد. بتن یا آسفالت از محل برش خورده باید با دقت برداشته شود، تا از عمق و عرض صحیح شیار اطمینان حاصل شود. شکل ۴-۳۷ روش نصب صفحه خمشی در روسازی بتنی با عمق مناسب را نشان می‌دهد.

شکل ۴-۳۷- طریقه نصب صفحه خمشی

۴-۱-۹-۲-۴- خشک کردن و تمیز کردن شیار

پس از برداشتن خرده سنگ‌ها از درون شیار و قبل از قرار دادن قاب حسگر درون شیار باید شیار را خشک و تمیز نمود. به منظور تمیز کردن شیار از یک جاروبرقی و کمپرسور هوا استفاده می‌شود.

۴-۱-۹-۲-۵- نصب قاب حسگر درون شیار

زهکش‌ها و لوله‌های کابل رابط باید طوری درون شیار نصب شوند که زهکش‌ها در سطح پایینتری از لوله‌ها قرار گیرند.

حداقل شیب مورد نیاز برای زهکش‌ها ۱ درصد است تا از انحراف جریان آب نسبت به قاب حسگر اطمینان حاصل شود.

لوله کابل رابط باید طوری نصب شوند که مجرای آنها مسدود نشود.

طناب کششی باید درون لوله کابل‌رابط نصب شود و باید قابل دسترس بوده و عاری از هرگونه گرفتگی، مانع و شل بودن بیش از حد کابل باشد.

لوله کابل رابط و زهکش‌ها باید آب‌بند شوند به گونه‌ای که هنگام ریختن اپوکسی درون قاب، اپوکسی وارد این مجاری نشود.

برای اطمینان از پایداری لوله‌ها و قابها لازم است از اپوکسی استفاده شود.

برای ریختن اپوکسی یا ابتدا قاب درون شیار قرار گرفته و سپس اپوکسی در اطراف آن ریخته شود یا ابتدا اپوکسی تا یک سطح از پیش تعیین شده داخل شیار ریخته شده، سپس قاب حسگر با فشار به درون اپوکسی رانده شود.

omoorepeyman.ir

در هر دو روش به منظور جلوگیری از ورود اپوکسی به داخل حفره‌های قاب لازم است تمام حفره‌های موجود در قاب با استفاده از نوارهایی پوشیده شود.

برای اینکه اپوکسی به حداکثر میزان چسبندگی برسد، بهتر است شیار خشک و تمیز باشد، بنابراین در صورت استفاده از آب، عملیات نصب با تاخیر انجام خواهد شد.

برای همتراز کردن قاب با سطح جاده و همچنین تسهیل حرکت قاب، لازم است تکیه‌گاه‌هایی به بخش بالایی قاب متصل شود.

قاب حسگر باید طوری در زمین قرار بگیرند که همتراز با سطح جاده باشد.

صفحه حسگر باید به نحوی درون قاب قرار بگیرد که به کابل‌های رابط فشار وارد نگردد.

صفحه حسگر نصب شده باید با سطح زمین تراز شود.

به منظور حفاظت اجزای سیستم در برابر رطوبت و گرد و غبار باید آنها را آب‌بندی کرد.

هرگونه اپوکسی اضافی باقیمانده در شیار و هر ماده اضافی موجود بر روی قابها باید تمیز شود.

۴-۱-۹-۲-۶- تست نهایی

به منظور اطمینان از عدم آسیب دیدگی حسگرها در حین فرآیند نصب لازم است تا حسگرها تست شوند.

به منظور اطمینان از سالم بودن کابل‌ها و عدم آسیب دیدن آنها در طی فرآیند نصب باید تست مقاومت انجام شود.

افزایش طول کابل رابط موجب افزایش مقاومت آن می‌شود. بنابراین، مقاومت در کابینت کنار جاده، بسته به فاصله تا کابینت افزایش می‌یابد.

۴-۱-۱۰- حسگرهای پیزوالکتریک

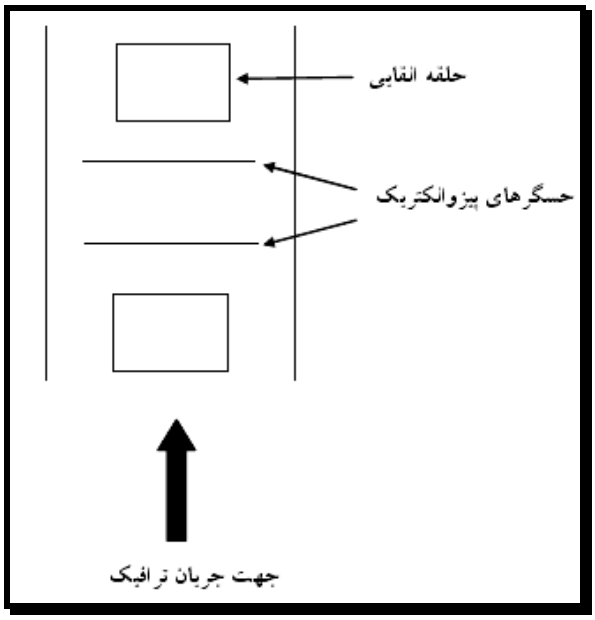
۴-۱-۱۰-۱- ضوابط قبل از نصب

۴-۱-۱۰-۱-۱-طرح‌های نصب

حسگر پیزوالکتریک در روسازی راه نصب شده و بار وارد شده به حسگر از طریق سطح روسازی منتقل می‌شود، در نتیجه مشخصات رویه راه بر روی سیگنال‌های خروجی تاثیر خواهد گذاشت.

به منظور جمع‌آوری اطلاعات کامل هر خط عبور، باید دو حلقه القایی و دو حسگر پیزوالکتریک مطابق شکل ۴-۳۸ نصب شوند.

omoorepeyman.ir



شکل ۴-۳۸- سیستم توزین حین حرکت پیزوالکتریک

۴-۱-۱۰-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی

۴-۱-۱۰-۲-۱- تست اولیه

به منظور اطمینان از عملکرد صحیح حسگر باید تست اولیه قبل از نصب حسگر انجام شود تا هزینه و زمان برای نصب یک حسگر هدر نرود.

لازم است تورفتگی و فرسودگی حسگر کنترل شود.

باید تست مقاومت با استفاده از یک مولتیمتر انجام شود.

تست خروجی ولتاژ برای ایجاد یک تغییر ولتاژ توسط پاگذاشتن بر روی حسگر انجام می‌شود.

۴-۱-۱۰-۲-۲- آماده‌سازی جاده

در صورتی‌که روسازی آسفالتی باشد، شرایط روسازی باید مطابق به ملزومات بیان شده در بخش موقعیت و محل نصب دستگاه‌های توزین در حال حرکت باشد. در غیر این صورت باید مطابق با مشخصات محل روسازی آسفالتی با روسازی بتنی جایگزین شود.

پس از تعیین محل نصب حسگر در سطح روسازی، برای ایجاد شیار، باید محل نصب بر روی سطح جاده علامت‌گذاری شود.

مطابق با طرح‌های ساخت، باید قالبهای آلومینیمی سوراخ‌دار را بر روی محل‌های علامت‌گذاری شده در سطح راه قرار داد، و سپس رنگ را بر روی قالب اسپری کرد تا محل شیار روی سطح جاده علامت‌گذاری شود.

۴-۱-۱۰-۲-۳-ایجاد شیار در سطح روسازی

شیار در سطح روسازی باید مطابق با مشخصات حسگر ایجاد شود.

عمق و عرض شیار بستگی به حسگر و نوع اپوکسی مورد استفاده دارد. برخی از اپوکسی‌ها در مقادیر بیشتر سریعتر سخت شده و بنابراین نیاز به شیارهای بزرگتری خواهند داشت. با دانستن خواص اپوکسی مورد استفاده، کیفیت نصب بهبود یافته و در زمان نصب صرفه‌جویی خواهد شد.

omoorepeyman.ir

دو حسگر به طول ۳/۵ متر، می‌توانند در شیار باریکی به عمق ۵/۷ سانتی‌متر و عرض ۷/۶ سانتیمتر نصب شده و سپس توسط ملات در محل نصب شوند.

بتن یا آسفالت از محل برش خورده باید با دقت برداشته شود، تا از عمق و عرض صحیح شیار اطمینان حاصل شود.

۴-۱-۱۰-۲-۴-تمیز کردن و خشک کردن شیار

به منظور رسیدن اپوکسی به حداکثر میزان چسبندگی، خشک کردن و تمیز کردن شیارها اهمیت بسیار زیادی دارد. بنابراین باید قبل از قرار دادن حسگر درون شیار، شیار را خشک و تمیز نمود. این کار با استفاده از یک جاروبرقی و کمپرسور هوا صورت می‌گیرد.

۴-۱-۱۰-۲-۵-نصب حسگر درون شیار

قبل از قرار دادن حسگر درون شیار لازم است براکت‌هایی[1] به حسگر متصل شوند.

کابل رابط قبل از قرار گرفتن در شیار باید آب‌بندی شود.

قبل از قرار دادن حسگر درون شیار، لازم است نیمی از شیار با اپوکسی پر شود، سپس برای جلوگیری از تشکیل کیسه‌های هوا در اپوکسی، حسگر در اپوکسی قرار گیرد.

به منظور جلوگیری از شناور شدن حسگر در اپوکسی، توصیه می‌شود وزنه‌هایی بر روی براکت قرار داده شود.

به محض سفت شدن اپوکسی باید میله‌های تراز برداشته شوند.

کابل رابط باید در شیار قرار گیرد و توسط چسب حلقه ایمن شود.

در محل برش باید فوم‌های پلاستیکی قرار گیرند. این کار باعث بهبود اندازه‌گیری فشار عمودی شده و تنش را کاهش می‌دهد. در روسازی‌های بتنی که ترک دارند این روش بسیار مفید است، زیرا ترک‌ها باعث انتقال فشارهای افقی می‌شوند. در صورت استفاده از این روش این فشارهای افقی کاهش می‌یابند.

۴-۱-۱۰-۲-۶-تست نهایی

تست مقاومت باید با استفاده از یک مولتیمتر انجام شود.

به منظور ایجاد یک تغییر ولتاژ لازم است تست خروجی ولتاژ انجام شود. برای انجام این کار باید یک کامیون بر روی حسگر رانده شود.

۴-۱-۱۱- حسگرهای کوارتز

۴-۱-۱۱-۱- ضوابط قبل از نصب

۴-۱-۱۱-۱-۱- طرح‌های نصب

حسگرهای کوارتز در اندازه‌های ۱/۵، ۱/۷۵، و ۲ متری موجود هستند. به منظور پوشش یک خط عبور و با توجه به عرض خط، لازم است دو حسگر مطابق شکل ۴-۳۹ در سطح راه نصب شوند.

omoorepeyman.ir

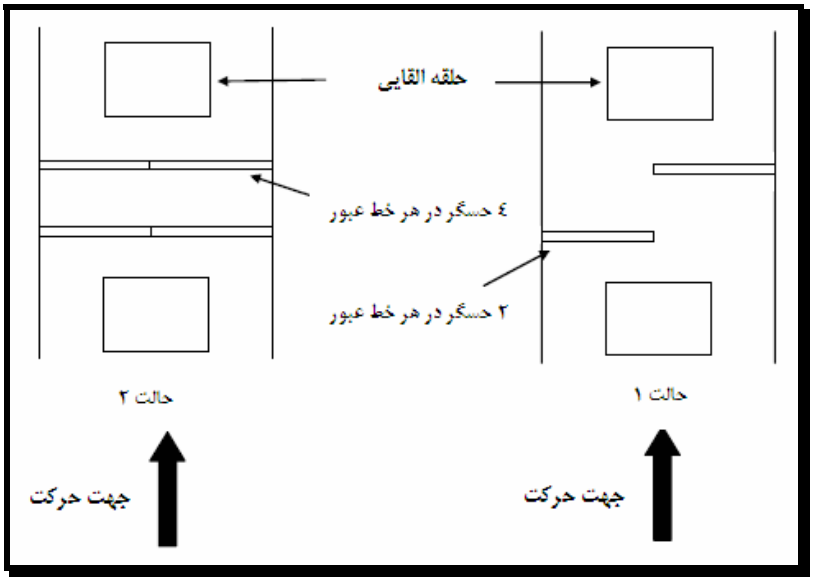
[1] Brackets

سه روش برای نصب حسگرهای کوارتز در سطح روسازی وجود دارد:

الف- نصب به روش استاندارد که دو حسگر در کنار هم قرار می‌گیرند. شکل‌های ۴-۴۰ و ۴-۴۱ نحوه نصب حسگرهای کوارتز به روش استاندارد را به ترتیب در یک خط عبور و دو خط عبور نشان می‌دهند. فاصله میان دو ردیف حسگر ممکن است متغیر باشد.

ب- نصب به روش پلکانی. شکل ۴-۴۱

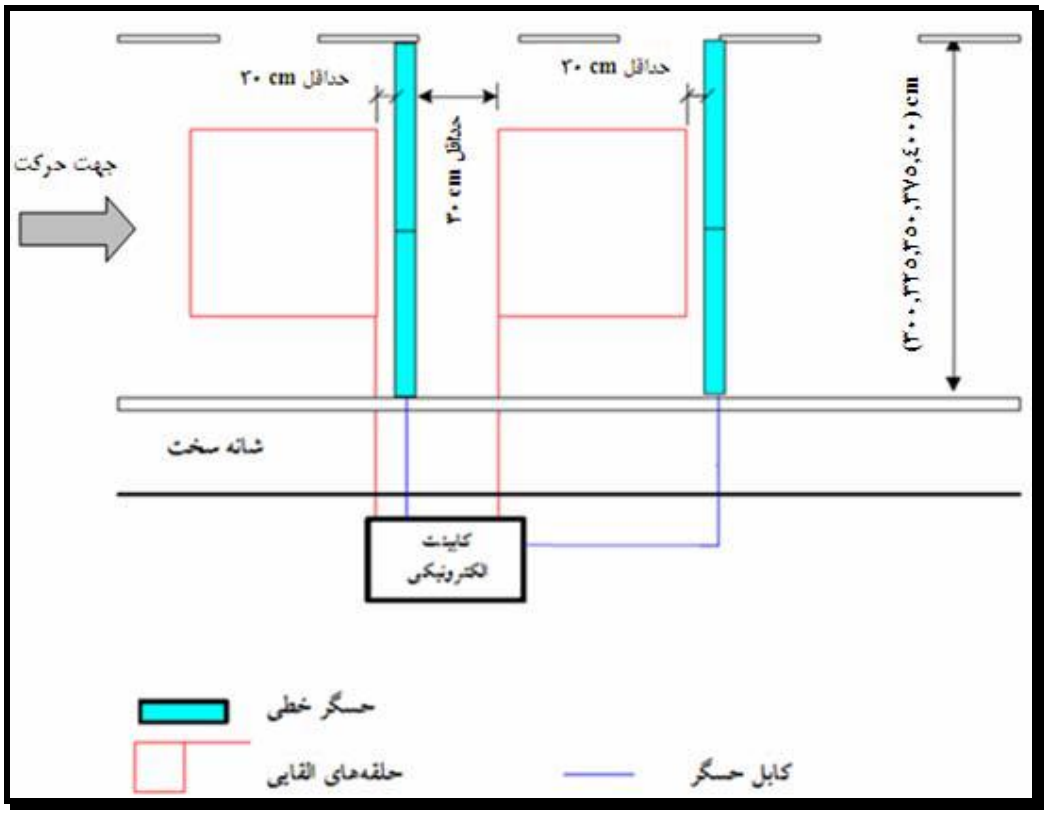
پ- روش آماری[1]. این روش نصب برای تهیه آمار و اطلاعات تردد و میزان بار عبوری از راه مورد استفاده قرار می‌گیرد، و نسبت به دو روش نصب (الف) و (ب) دقت کمتری دارد. این روش برای اعمال قانون اضافه بار وسایل نقلیه مناسب نیست و توصیه نمی‌شود. شکل ۴-۴۳ نحوه نصب حسگرها را در این روش نشان می‌دهد.



شکل ۴-۳۹- حسگرهای توزین درحال حرکت کوارتز

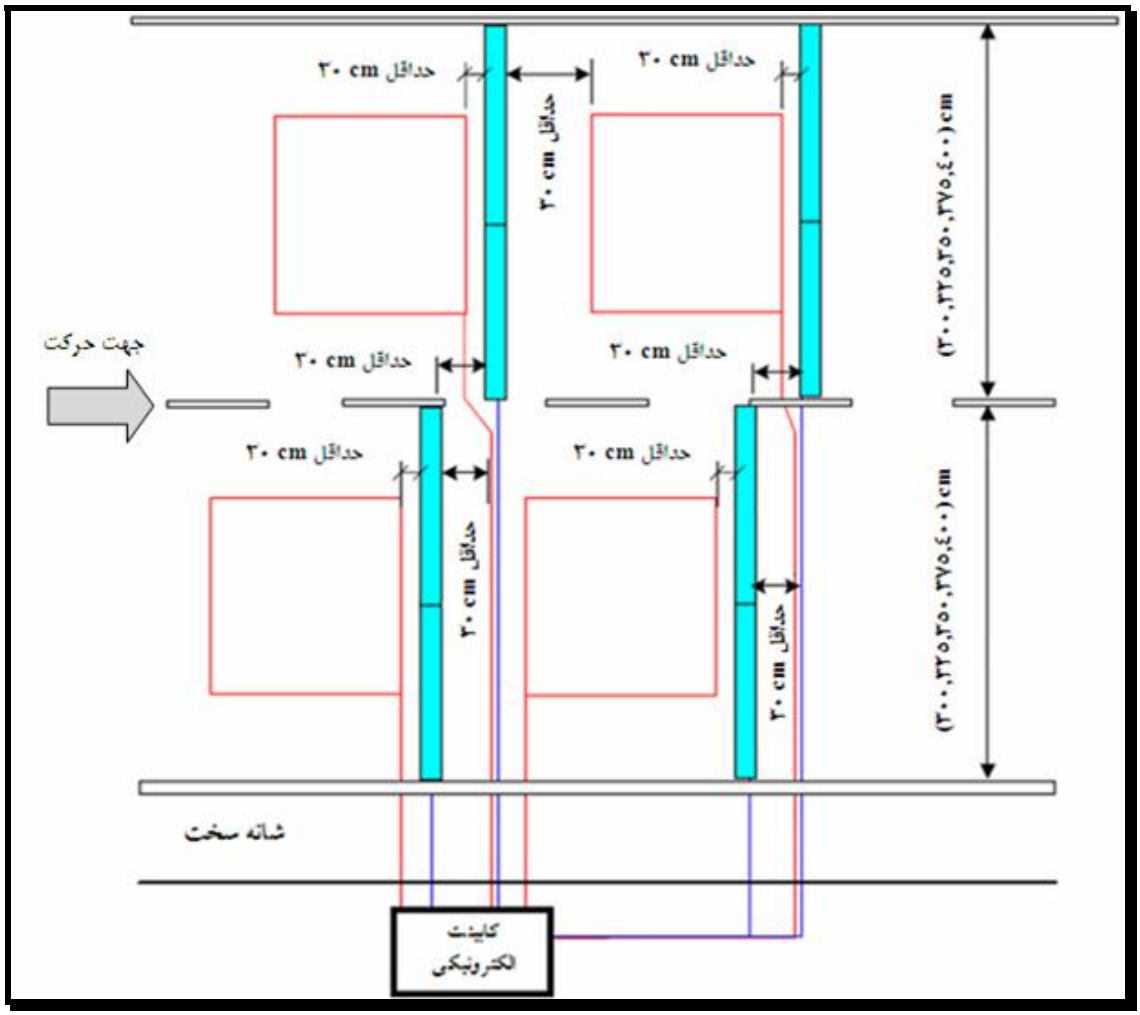
omoorepeyman.ir

[1] Statistics

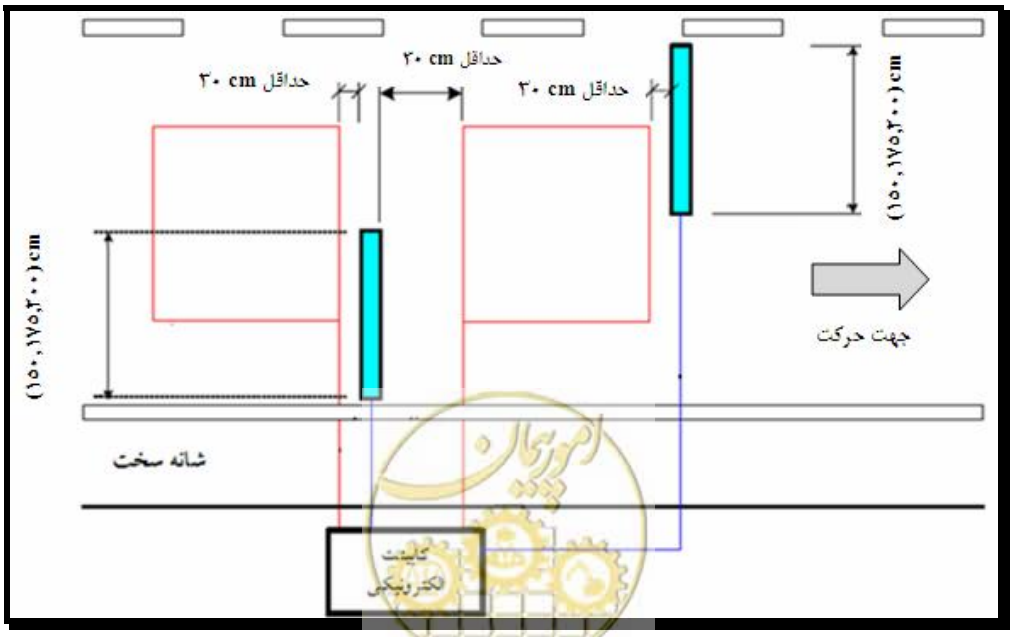


شکل۴-۴۰- نحوه نصب حسگر کوارتز در یک خط عبور به روش استاندارد

omoorepeyman.ir

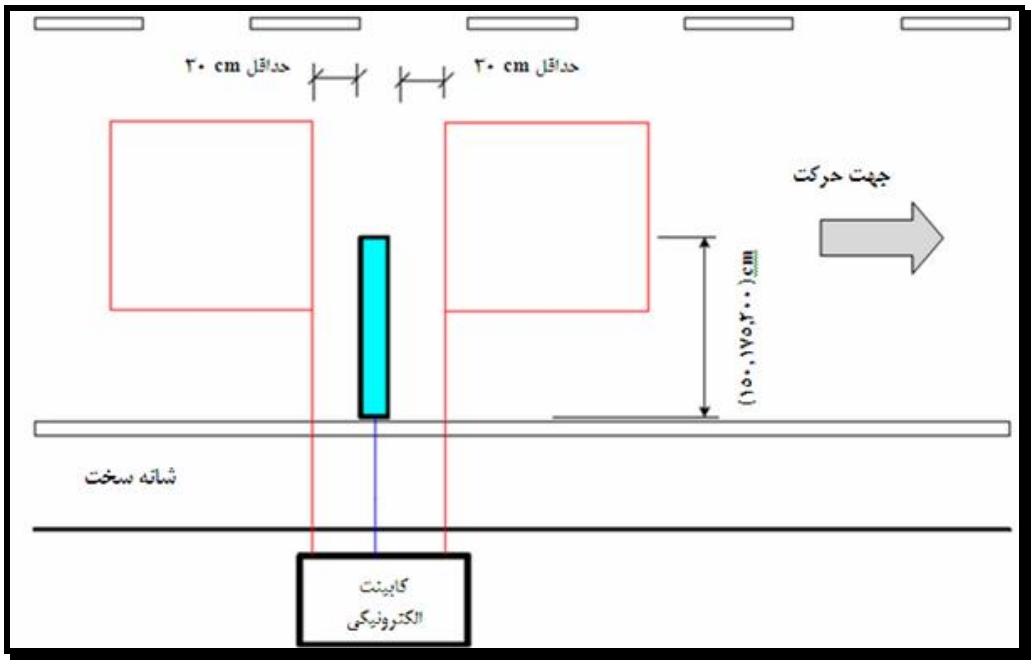


شکل ۴-۴۱- نحوه نصب حسگر کوارتز در دو خط عبور به روش استاندارد



شکل ۴-۴۲- نحوه نصب حسگر کوارتز در یک خط عبور به روش پلکانی

omoorepeyman.ir



شکل ۴-۴۳- نحوه نصب حسگر کوارتز در یک خط عبور به روش آماری

۴-۱-۱۱-۱-۲- تجهیزات مورد نیاز برای نصب

تجهیزات مورد نیاز برای نصب حسگرهای کوارتز به قرار زیر است.

- گچ یا اسپری رنگ و نخ برای علامت‌گذاری محل شیارها
- دوغاب
- تقویت‌کننده‌های شارژ[1]
- کابل
- کانال انعطاف‌پذیر برای کابل حسگرها
- وزنه(تقریبا۱۰ کیلوگرم) به منظور نگهداری حسگرها در محل صحیح درون شیار
- نوار چسب
- کمپرسور
- جاروبرقی صنعتی
- ماشین برش روسازی خشک
- چکش پنوماتیک
- تجهیزات گرمایشی

omoorepeyman.ir

[1] Charge Amplifier

- ساب بتن[1]
- دستگاه سمباده زن برقی
- مولتی‌متر برای اندازه‌گیری ولتاژ، جریان، ظرفیت و مقاومت

۴-۱-۱۱-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی

۴-۱-۱۱-۲-۱- تست اولیه

مقاومت عایقی تمام حسگرها باید بلافاصله بعد از باز نمودن بسته‌بندی آنها و نیز قبل از نصب آنها مورد بررسی قرار گیرد و مقاومت عایقی حسگرها باید بیش از $10^{10}\ \Omega$ باشد.

۴-۱-۱۱-۲-۲- آماده‌سازی جاده

در صورتی‌که روسازی آسفالتی باشد، شرایط روسازی باید مطابق به ملزومات بیان شده در بخش موقعیت و محل نصب دستگاه‌های توزین در حال حرکت باشد. در غیر این صورت باید مطابق با مشخصات محل روسازی آسفالتی با روسازی بتنی جایگزین شود.

قبل از نصب حسگر در سطح روسازی باید محل نصب علامت‌گذاری شود.

انتخاب و تعیین محل کابینت کنترلر بر اساس طول کابل صورت می‌گیرد.

حداقل دمای هوا برای نصب حسگرها ۲۰ درجه سانتیگراد و حداکثر دما ۵۰ درجه سانتیگراد است. در غیر این صورت باید از تجهیزات گرمایشی یا سرمایشی استفاده نمود.

در صورت وجود هوای بادی، مرطوب یا بارانی باید از تجهیزات گرمایشی استفاده شود. تجهیزات گرمایشی علاوه بر سرعت بخشیدن به روند خشک شدن دوغاب، حسگرها را در برابر رطوبت محافظت می‌کنند.

مدت زمان لازم برای گرم کردن روسازی به دما و رطوبت محل و همچنین تجهیزات گرمایشی مورد استفاده بستگی دارد.

به هنگام استفاده از تجهیزات گرمایشی نباید روسازی آسیب ببیند.

توصیه می‌شود که تا حد ممکن حتی پس از ساب زدن حسگرها، گرم نمودن آنها را ادامه دهید.

۴-۱-۱۱-۲-۳- ایجاد شیار در سطح روسازی

عمق و عرض مورد نیاز شیار به ترتیب حدود ۰/۳ ± ۵/۵ سانتیمتر و ۰/۳ ± ۷/۲ سانتیمتر است.

برای ایجاد برش در سطح روسازی، باید از برش روسازی خشک به همراه سیستم جمع کننده گرد و غبار استفاده شود.

به منظور اطمینان از ابعاد صحیح شیار باید پس از ایجاد شیار ابعاد آن را اندازه‌گیری کرد.

۴-۱-۱۱-۲-۴- خشک کردن و تمیز کردن شیار

پس از ایجاد برش در سطح روسازی باید قطعات بریده شده را از محل برش خورده بیرون آورد. این کار با استفاده از یک جاروبرقی یا دمنده مناسب صورت می‌گیرد. توجه به این نکته ضروری است که برای خشک کردن شیار نباید هرگز از شعله مستقیم استفاده نمود. برای این کار باید از حوله‌های کاغذی یا پارچه‌های مخصوص نظافت استفاده نمود و شیار را کاملا خشک کرد.

---

[1] Concrete Grinder

omoorepeyman.ir

۴-۱-۱۱-۲-۵- مونتاژ مقدماتی حسگرها در کارگاه

قبل از انتقال حسگرها به محل نصب و قرار دادن آنها در شیار باید حسگرهای خطی را در محیطی خشک و تمیز مونتاژ کرد و به صورت ردیف حسگرها در آورد.

باید مونتاژ کردن حسگرها در انبار یا محیط مسقف انجام شود.

برای نصب یک دستگاه در هر خط عبور، چهار کانال تعریف می‌شود. هر ردیف حسگر به عنوان یک کانال شناسایی می‌شود. به‌عنوان مثال در روش پلکانی، کانال‌های ۱ و ۴ در هر خط عبور فعال هستند به‌طوری‌که هر کانال دارای یک حسگر است.

۴-۱-۱۱-۲-۶- تست نهایی

قبل از ریختن دوغاب در شیار و جایگذاری حسگر درون شیار، باید حسگر را به منظور انجام تست نهایی درون شیار قرار داد:

حسگر باید همتراز با سطح روسازی باشد و به مقدار خیلی جزئی بالاتر از سطح روسازی قرار گیرد.

برای اطمینان از همتراز بودن حسگر با سطح روسازی لازم است قبل از قرار دادن حسگر درون شیار، میله‌های تراز[1] را به حسگر پیچ کرد. در صورت همتراز نبودن حسگر با سطح روسازی میله‌های تراز ناپایدار خواهند بود.

۴-۱-۱۱-۲-۷- جایگذاری و نصب حسگر در شیار

قبل از قرار دادن حسگرها در شیار باید شیار را توسط نوعی دوغاب انعطاف‌پذیر[2] که شامل رزین اپوکسی[3] و شن کوارتز[4] است، پر نمود. تمام طول شیار تا ۲۵ میلی‌متر از سطح روسازی باید توسط دوغاب پر شود.

سطح پایینی حسگرها را که از آلیاژ سبک ساخته شده و به‌طور دائم در دوغاب قرار می‌گیرد، باید خشک و تمیز کرد.

برای فرو رفتن ردیف حسگرها درون شیار پر شده با دوغاب باید حسگر را به آرامی به سمت پایین فشار داد. این کار باید تا زمانیکه میله‌های تراز در تماس با سطح روسازی قرار گیرند ادامه یابد.

شکل ۴-۴۴ نحوه قرار گرفتن حسگر در سطح روسازی را نشان می‌دهد.

دوغاب اضافی که از فضای بین روسازی و حسگرها بیرون زده باید برداشته شود. دوغاب باید اندکی بلندتر از سطح روسازی باشد.

پس از خشک شدن باید دوغاب را با سطح روسازی همتراز نمود.

توصیه می‌شود به منظور قرار گرفتن حسگرها در وضعیت صحیح خود، تا زمان خشک شدن دوغاب، از وزنه‌های بتنی استفاده شود.

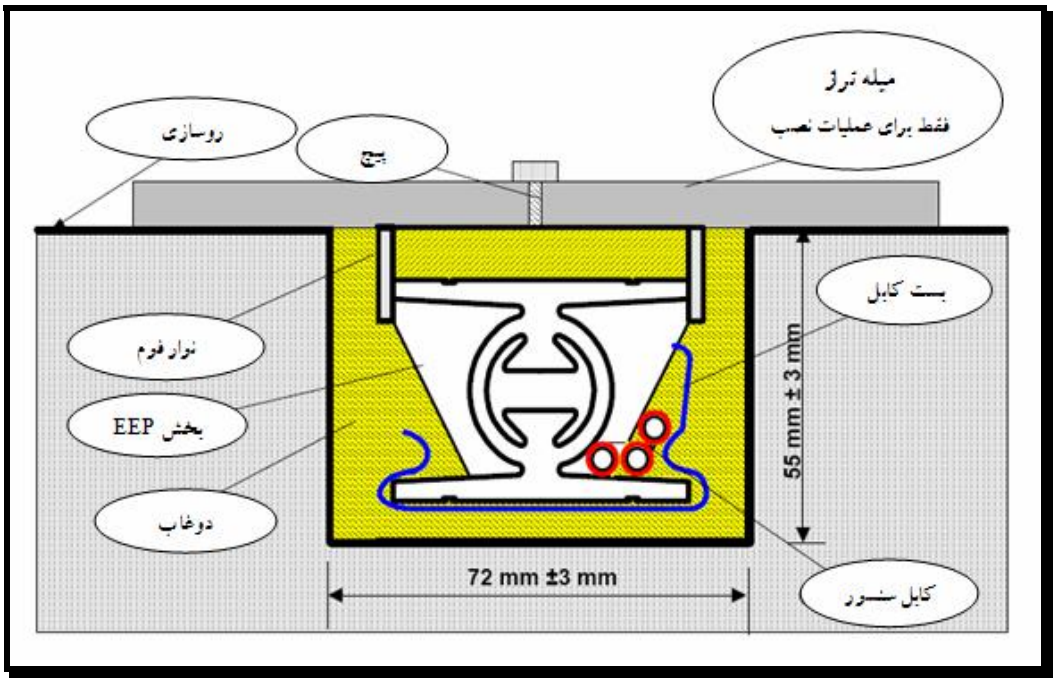
به منظور دستیابی به حداکثر دقت حسگر، باید حسگر با سطح روسازی همتراز شود. بنابراین لازم است سطح حسگرها تا زمانی‌که با سطح روسازی همتراز شود، تراشیده شود. برای انجام این کار و ساب زدن بخش‌های زبر باید از ساب الماس استفاده نمود و پس از آن برای تکمیل این عملیات یک سمباده زن برقی به کار برد.

هنگام ساب زدن حسگرها باید از لباسهای محافظ، عینک محافظ، و ماسک محافظ تنفس استفاده شود.

در طی فرآیند ساب زدن باید همتراز شدن سطح حسگرها با سطح روسازی مورد بررسی قرار گیرد.

omoorepeyman.ir

[1] Leveling Beams
[2] Flexible Grout
[3] Epoxy Resin
[4] Quartz Sand



شکل ۴-۴۴- نحوه قرار گرفتن حسگر در روسازی راه

۴-۱-۱۱-۲-۸- کابل رابط

کابل حسگرها به طول ۴۰ و ۱۰۰ متر موجود است که به طور دائمی به حسگر وصل می‌شود.

کابل باید پیوسته بوده و هیچ گونه انشعاب، اتصال مکانیکی، و یا جوشی نباید در طول کابل از انتهای حسگرها تا کابینت کنترلر وجود داشته باشد.

در طی فرآیند نصب باید کابل حسگرها با احتیاط حمل شوند.

به هنگام انتقال کابل باید دقت کرد که هیچ گونه فشار یا آسیبی به آن وارد نشود و همچنین کابل‌ها تا نشوند.

انتهای بدون روکش کابل‌ها باید در برابر رطوبت و گرد و غبار محافظت شوند. برای این منظور باید از لوله‌های جمع شونده حرارتی[۱] که به صورت استاندارد همراه کابل‌ها عرضه می‌شوند استفاده کرد.

کابل حسگرها در فاصله بین لبه روسازی تا کابینت الکترونیکی باید درون یک کانال[۲] یا داکت مخصوص عبور کابل قرار گیرد.

برای جلوگیری از شناور شدن کابل در شیار در طی فرآیند دوغاب ریزی، باید کابل را توسط نوارهای پلاستیکی یا ماده‌ای مشابه آن در محل محکم نمود.

۴-۱-۱۱-۲-۹- اتصال کابل به تقویت‌کننده شارژ

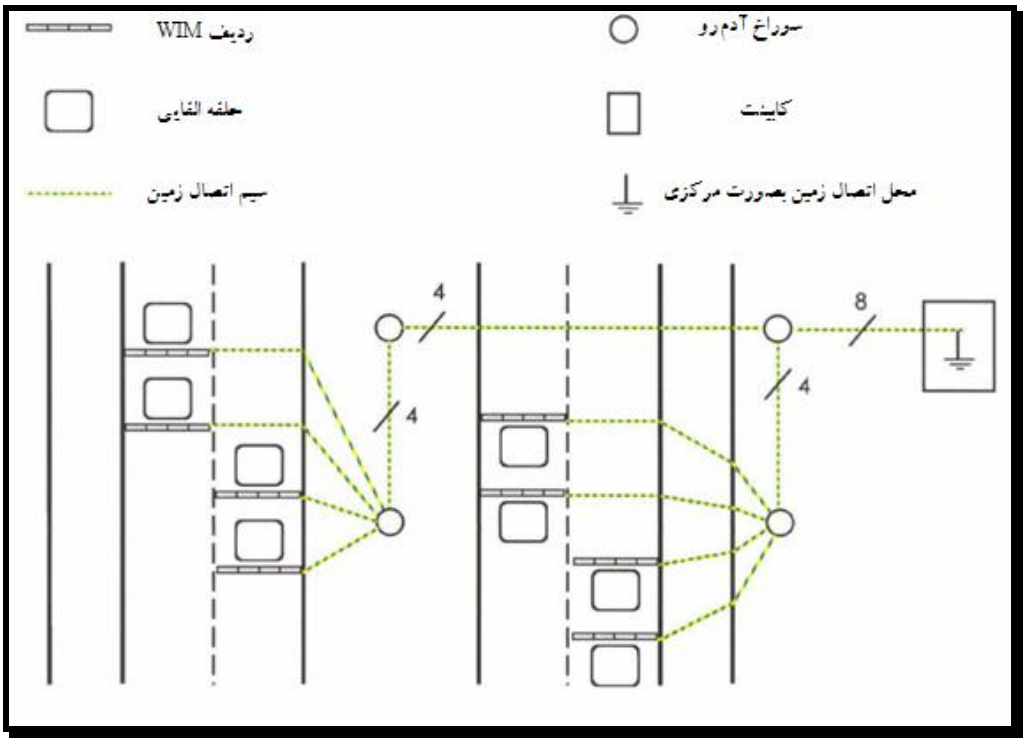
هر یک از ردیف حسگرها باید توسط کابل رابط به تقویت‌کننده شارژ[۳] یا کابینت دارای اتصال به زمین متصل شود.

omoorepeyman.ir

[1] Heat-shrink tubing
[2] Conduit
[3] Charge Amplifier

هر ردیف حسگرها باید به زمین متصل شود. حسگرها در محل کابینت کنترلر به زمین متصل می‌شوند. سیم زمین و کابل‌های سیگنال باید به صورت موازی هم قرار داده شوند.

شکل ۴-۴۵ نحوه اتصال به زمین حسگرها را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۴۵- نحوه اتصال به زمین حسگرها در کابینت کنترلر

۴-۱-۱۱-۲-۱۰- پوشاندن روسازی در محل درز مجاور شیار

در روسازی‌های باز یا متخلخل، پوشاندن درز مجاور شیاد ایجاد شده توسط نوار چسب، باعث می‌شود دوغاب موجود در شیار منافذ موجود در روسازی را پر کرده و کناره‌های شیار را تقویت نماید.

۴-۱-۱۱-۲-۱۱- کالیبراسیون

تا ۷۲ ساعت پس از اتمام عملیات نصب نباید کالیبراسیون انجام شود. توصیه می‌شود کالیبراسیون ۲ هفته پس از نصب انجام شود.

۴-۱-۱۱-۲-۱۲- ملزومات نصب در روسازی بتونی

به منظور محافظت از کابل‌ها در محل اتصال دال‌های بتنی یا در محل تغییر نوع روسازی (مثلا در محل اتصال روسازی بتنی به آسفالتی) باید کابل‌ها را در کانال‌های انعطاف‌پذیر مقاوم قرار داد.

کابل‌ها را نباید در دال بتنی قرار داد، بهتر است آنها را به زیر دال بتنی هدایت نمود.

در صورت نصب در بتن مسلح نباید میلگردهای به کار رفته در بتن را قطع کرد.

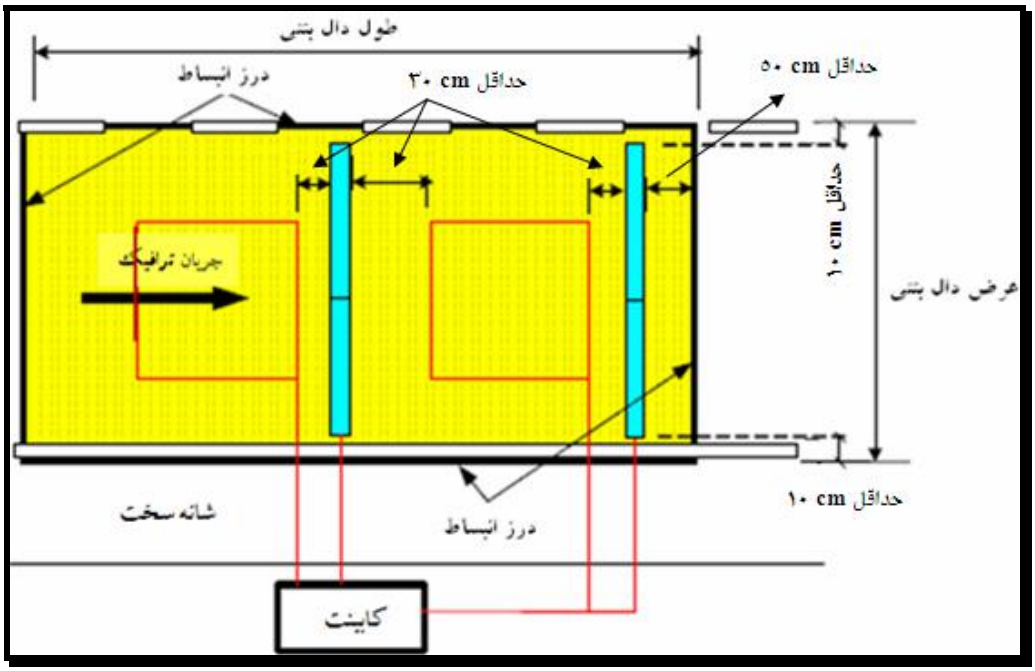
omoorepeyman.ir

فاصله لازم بین حسگرها و محل درز دال‌های بتنی، در جهت جریان ترافیک و عمود بر جهت جریان ترافیک باید به ترتیب حداقل ۵۰ سانتی‌متر و ۱۰ سانتی‌متر باشد.

حسگرها نباید در مجاورت درزهای انبساط نصب شوند.

حتی الامکان باید یک ردیف حسگر در یک دال بتونی نصب شود.

شکل ۴-۴۶ نحوه نصب حسگرهای کوارتز را در روسازی بتنی نشان می‌دهد.



شکل ۴-۴۶-طرح نصب حسگر کوارتز در روسازی بتنی

۴-۱-۱۲- حسگرهای سلول بار

۴-۱-۱۲-۱- ضوابط قبل از نصب

۴-۱-۱۲-۱-۱- طرح‌های نصب

حسگرهای سلول بار شامل دو صفحه مسطح به اندازه ۱/۸ متر در ۰/۹ متر و عمق ۵ سانتیمتر هستند که کنار یکدیگر طوری قرار می‌گیرند که یک باند ترافیکی به عرض ۳/۶۵ متر را په طور کامل پوشش دهند.

شکل ۴-۴۷ نحوه نصب حسگرهای سلول بار با دو حلقه مغناطیسی و یک حسگر محوری جهت تشخیص طول وسیله نقلیه و اطلاعات فاصله بین محورها، در یک خط عبور را نشان می‌دهد.

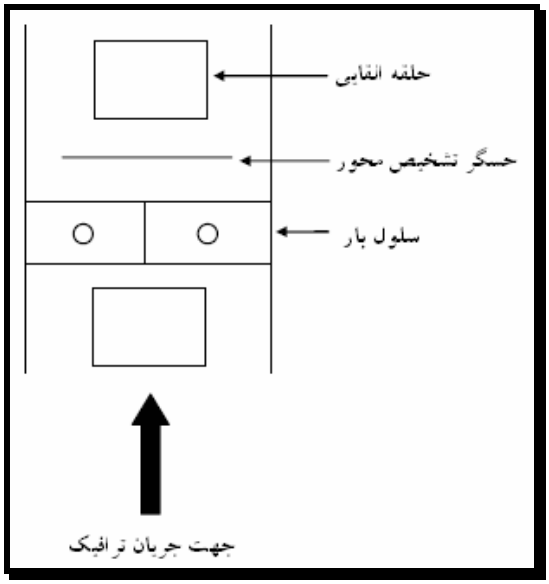
۴-۱-۱۲-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی

۴-۱-۱۲-۲-۱- تست اولیه

به منظور بررسی آسیب و القا باید مقاومت حسگر و مقاومت کابل‌های رابط کنترل شود.

omoorepeyman.ir

اتصالات صحیح کابل‌های رابط و آسیب‌های ممکن وارد شده به آنها باید مورد بررسی قرار گیرد.



شکل ۴-۴۷- سیستم توزین درحال حرکت سلول بار

۴-۱-۱۲-۲-۲- آماده‌سازی جاده

در صورتی که روسازی آسفالتی باشد، شرایط روسازی باید مطابق به ملزومات بیان شده در بخش موقعیت و محل نصب دستگاه‌های توزین در حال حرکت باشد. در غیر این صورت باید مطابق با مشخصات محل روسازی آسفالتی با روسازی بتنی جایگزین شود.

۴-۱-۱۲-۲-۳- ایجاد شیار در سطح روسازی

برش شیار در سطح روسازی باید با دقت انجام شود.

به منظور نصب حسگر باید شیاری به طول ۴/۲ متر، عرض ۱/۵ متر و عمق ۱ متر در سطح روسازی ایجاد شود.

به منظور اطمینان از عمق و عرض صحیح شیار، آسفالت یا بتن برش خورده باید با دقت زیاد از محل شیار برداشته شود.

۴-۱-۱۲-۲-۴-خشک کردن و تمیز کردن شیار

قبل از قرار دادن قاب درون شیار باید شیار خشک و تمیز شود.

۴-۱-۱۲-۲-۵- نصب قاب‌های حسگر در شیار

چارچوب و قاب فلزی سیستم به کمک بتن‌ریزی مناسب در محل حفر شده، در موقعیت مناسب قرار داده می‌شود.

با توجه به شرایط محل باید پوشش میلگردی مناسب فراهم شود.

زهکشی صحیح باید در محل شیار فراهم شود. در پایین‌ترین نقطه شیار و در زیر قاب لوله زهکش باید طوری قرار گیرد که شیب آن به سمت مجرای آب گذر راه باشد.

درون قاب و همچنین روی پیچ‌ها باید پوشیده شود تا اپوکسی وارد آنها نشود.

omoorepeyman.ir

قبل از بتن‌ریزی درون شیار باید دهانه لوله‌های مربوط به کابل‌های رابط و همچنین روی تکیه‌گاه‌ها با درپوش مناسب پوشیده شود.
به علت پیچیدگی نصب این حسگرها مدت زمان لازم برای نصب آنها ۳ روز است.
پس از نصب قاب درون شیار و بتن ریزی در شیار باید قاب و همچنین محل مورد نظر را از هر گونه بتن پاشیده شده تمیز کرد.
پس از بتن‌ریزی باید درپوش تکیه‌گاه‌ها و دهانه لوله‌ها برداشته شود.
در داخل شیار حسگر سلول بار باید ضدیخ ریخته شود.
صفحات حسگر باید به طور صحیح و در یک موقعیت مسطح درون شیار و در قاب حسگر قرار گیرد.
حسگر باید توسط پیچ به قاب محکم و ایمن شود.
در طی فرآیند نصب صفحات حسگر درون قاب باید دقت لازم به عمل آید تا از وارد آمدن فشار به کابل‌ها جلوگیری شود.
صفحات قابل انتقال موقت، دریچه سلول بار، سلول بار و صفحه محافظ برداشته شوند.
پس از نصب صفحات حسگر باید روغن کاری انجام شود.
در پایان عملیات نصب لازم است پوشش دریچه سلول بار گذاشته شده و محکم پیچانده شود.
به منظور آزمایش عملکرد حسگرهای سلول بار باید قبل از بارگذاری بر روی تمام روزنه‌ها درپوش‌های درزگیر قرار داد. همچنین باید بر روی تمام سوراخهای پیچ نیز درپوش‌های سرما قرار گیرد.

۴-۱-۱۲-۲-۶- تست نهایی

به منظور برآوردن مشخصات محل باید ولتاژ خروجی سلول بار کنترل شود.
لازم است مقاومت حسگرهای خاموش و کابل‌های رابط کنترل شود.

۴-۱-۱۳- کف‌پوش‌های خازنی

کف‌پوش‌های خازنی به صورت موقت مورد استفاده قرار می‌گیرند و به طور دائم در سطح روسازی راه نصب نمی‌شوند.

۴-۱-۱۳-۱- ضوابط قبل از نصب

۴-۱-۱۳-۱-۱- طرح‌های نصب

سیستم کف‌پوش‌های خازنی شامل یک کف‌پوش خازنی برای هر خط عبور و دو حلقه القایی قابل انتقال برای هر خط عبور است.
ابعاد کفپوش خازنی حدود ۰/۵ متر عرض و ۱/۸ متر و ضخامت ۱ سانتیمتر است و تا وزن ۵۲ پوند را اندازه‌گیری می‌کند.

۴-۱-۱۳-۱-۲- آماده‌سازی جاده

در صورتی‌که روسازی آسفالتی باشد، شرایط روسازی باید مطابق به ملزومات بیان شده در بخش موقعیت و محل نصب دستگاه‌های توزین در حال حرکت باشد. در غیر این صورت باید مطابق با مشخصات محل روسازی آسفالتی با روسازی بتنی جایگزین شود.
قبل از نصب این سیستم لازم است خط مورد نظر بسته شود.
قبل از نصب حسگر و به منظور تسهیل برداشتن نوار چسب قیری که برای محکم کردن کف‌پوش‌ها به سطح روسازی به کار می‌رود، باید لبه‌های کف‌پوش وزنی و همچنین کف‌پوش حلقه با نوار چسب بسته شود.

omoorepeyman.ir

آماده‌سازی واحد پردازش اطلاعات شامل وارد کردن پارامترهای محل، کنترل تمام اطلاعات مربوط به پارامترهای ورودی، و تغذیه باطری است.

مکان صحیح نصب کف‌پوش باید به دقت تعیین شود.

حداقل دمای هوای برای نصب حسگر باید ۱۰ درجه سانتیگراد باشد.

۴-۱-۱۳-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی

لازم است کف‌پوش‌ها توسط نوار چسب قیری به سطح روسازی محکم متصل شوند.

برای اینکه نوار چسب قیری به سطح روسازی بچسبد، سطح روسازی باید خشک باشد.

بسته به درجه حرارت و شرایط محل مورد نظر می‌توان برای محکم‌تر کردن کفپوش‌ها به سطح روسازی از میخ استفاده کرد.

پس از برداشتن کل سیستم از سطح راه باید تجهیزات را برای استفاده مجدد بازبینی و تمیز نمود.

۴-۲- شناسگرهای دارای فن‌آوری غیر مختل کننده

با توجه به اینکه شناسگرهای دارای فن‌آوری غیرمختل کننده نسبت به دیگر حسگرها کمتر متداول هستند، دستورالعملی کلی برای نصب آنها موجود نیست و هر شرکت بسته به نوع محصول خود دستورالعمل جداگانه‌ای تهیه کرده است. بنابراین در این نشریه تنها نکات کلی مربوط به نصب آنها بیان شده است. برای اطلاعات بیشتر در ارتباط با انواع مدل‌ها، نحوه عملکرد، کاربرد، و ملاحظات نصب آنها لازم است به مراجع مربوط مراجعه شوند.

۴-۲-۱- سیستم‌های پردازش تصویر

برخی از نکات مطرح شده در رابطه با حسگرهای پردازش تصویر نظیر ارزیابی و مکان‌یابی محل نصب را می‌توان برای دیگر حسگرهای غیر مختل کننده نیز در نظر گرفت.

۴-۲-۱-۱- ضوابط قبل از نصب

۴-۲-۱-۱-۱- ارزیابی محل و مکان‌یابی محل نصب

برای تعیین فاکتورهای هندسی و تشخیص عدم وجود موانع در محل نصب حسگر باید محل نصب مورد ارزیابی قرار گیرد. سازه‌های اضافی مورد نیاز برای نصب نیز باید تعیین گردد.

در ارزیابی محلی باید به سوالات زیر پاسخ داده شود.

- چه پارامترهای ترافیکی مورد نیاز است؟
- مکان ناحیه آشکارسازی کجاست؟
- آیا موانعی مانند خطوط انتقال، بیلبردهای تبلیغاتی یا درختان وجود دارد؟
- آیا امکان مسدود شدن ناحیه آشکارسازی توسط وسایل نقلیه در حال حرکت وجود دارد؟

omoorepeyman.ir

- آیا در کنار استفاده از تصویر ویدئویی برای بدست آوردن پارامترهای ترافیکی، تصویر ویدئویی برای شمارش وسیله نقلیه نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد؟
- پردازشگر تصویر در کجا واقع شده است؟ نزدیک کابینت کنترلر؟ با فاصله از کابینت کنترلر یا در مرکز کنترل ترافیک؟
- چه گزینه‌هایی برای ارسال تصاویر از دوربین به پردازنده تصویر وجود دارد؟
- آیا برداشت و ارزیابی کنترل از راه دور اطلاعات لازم است؟
- دوربین در کجا نصب می‌شود؟
- آیا امکانات ویژه‌ای برای نصب مورد نیاز است؟
- اگر سازه‌های نصب از قبل موجود هستند، آیا به اندازه کافی محکم هستند تا از حرکت ناخواسته دوربین جلوگیری کنند؟
- آیا با نصب دوربین در وسط خط مورد نظر، اطلاعات ترافیکی بهتری جمع‌آوری می‌شود؟
- آیا روشنایی کافی در هنگام شب برای کنترل تقاطع وجود دارد؟
- آیا امکان نصب دوربین موقتی برای ضبط تصاویر و ارایه آن به پردازشگر تصویر وجود دارد تا کارایی سیستم مشخص شود؟
- آیا برق محل تأمین شده است؟
- آیا امکانات دفن و اتصال کابل برق، اطلاعات و تصویر موجود است؟
- آیا خروجی‌های پردازشگر تصویر با کنترلر سازگار است؟
- آیا ادوات حفاظتی برای جلوگیری از سرقت و خرابکاری مورد نیاز است؟

برای تعیین محل نصب دوربین باید نکات زیر را در نظر گرفت:

دوربین باید در مکانی نصب شود که وسایل نقلیه بزرگتر در خطوط میانی و خط نزدیکتر به دوربین مانع دیده شدن وسایل نقلیه کوچکتر که در پشت آنها قرار می‌گیرند، نشود.

مکان دوربین باید حداقل لرزش و حرکت را داشته باشد.

تمام موانع و ادواتی که بر نصب و دید دوربین تاثیر می‌گذارند چه زیر زمینی، چه بالای سطح زمین، مانند لوله آب یا خطوط انتقال در نقشه، باید دقیقا مشخص شده و ارتفاع آنها در نقشه قید شود.

مثلث دید دوربین (ارتفاع دید) باید محل منطقه آشکارسازی را مشخص کند و هرگونه مانعی در آن مانند چراغ راهنمایی، تیر ها، سیم بین تیرها و دیگر ادوات روسطحی مشخص شود.

باید از نبود کانال‌های زهکش زیر جاده تا شعاع ۱/۵ متری محل نصب تیر اطمینان حاصل کرد.

۴-۲-۱-۱-۲- تامین روشنایی ناحیه آشکارسازی

روشنایی ناحیه آشکارسازی باید به وسیله نورهای مرئی یا نامرئی (مادون قرمز) فراهم شود.

omoorepeyman.ir

۴-۲-۱-۲- ضوابط نصب و پیاده‌سازی

۴-۲-۱-۲-۱-طرح‌های نصب

دو روش برای نصب دوربینهای پردازشگر تصاویر ویدیویی وجود دارد.

الف- نصب در خلاف جهت جریان ترافیک

در این روش نصب تصادفات رخ داده در صف خودروها قابل شناسایی است.

پرتو نور جلوی اتومبیل در هر خط عبور برای شناسایی حضور خودرو در آن خط مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ممکن است خودروهای با ارتفاع زیاد، دید دوربین را محدود کنند.

نور بالا در چراغ جلو خودروها، ممکن است باعث بروز درخشندگی تصویر در شب شود.

امکان انعکاس نور خودروها هنگام مرطوب بودن جاده و خطا در تشخیص خودروهای خطوط مجاور در جاده‌های پیچدار وجود دارد.

ب- نصب در جهت جریان ترافیک

دوربین‌ها زیر پل‌های هوایی نصب می‌شوند، در نتیجه از دید رانندگان پنهان می‌مانند و رفتار ترافیکی خود را تغییر نمی‌دهند.

تشخیص خودرو در شب ساده‌تر شده و با استفاده از نور چراغ‌های عقب خودرو، می‌توان اطلاعات دور زدن و حرکات مارپیچی آنها را بدست آورد.

در صورت استفاده از تصویربرداری مرئی، از آنجا که تشخیص خودرو در فاصله نزدیک‌تری انجام می‌شود، می‌توان علاوه بر نور چراغ عقب، اطلاعات بیشتری از طبقه‌بندی خودروها بدست آورد.

۴-۲-۱-۲-۲- انتخاب دوربین

برای داشتن اطلاعات صحیح و تصویر دقیق و با کیفیت باید دوربینی مطابق کاربری مورد نیاز انتخاب شود. پارامترهای موثر در انتخاب دوربین به شرح زیر هستند.

الف- فاصله کانونی لنز

فاصله کانونی لنز به ارتفاع نصب دوربین، توپوگرافی محل، فاصله تا نزدیکترین ناحیه آشکارسازی و عرض ناحیه آشکارسازی بستگی دارد.

اگر فاصله کانونی دوربین جزو فواصل کانونی استاندارد نباشد، به منظور رسیدن به لنز استاندارد باید ارتفاع نصب دوربین یا یکی از پارامترهای ناحیه آشکارسازی را تغییر داد.

با داشتن فاصله کانونی لنز می‌توان پارامترهای میدان دید افقی و عمودی دوربین و متعاقبا ابعاد فضای تصویر را تعیین کرد. بر اساس ابعاد فضای تصویر می‌توان به‌صورت فرم برگشتی فاصله کانونی لنز مورد نظر را نیز انتخاب نمود.

ب- میدان دید عمودی و افقی

میدان دید عمودی و افقی به عنوان نمونه برای تعدادی لنز استاندارد در جدول ۴-۳ آورده شده است. تعداد خطوطی که دستگاه تحت پوشش قرار می‌دهد باید برابر با تعداد خطوط عبوری باشد که اطلاعات آنها مورد نیاز است.

omoorepeyman.ir

جدول ۴-۳- میدان دید افقی و عمودی لنزهای استاندارد

لنز	۴/۸	۶/۰	۸/۰	۱۲/۵	۱۶/۰	۲۵/۰
میدان دید افقی(درجه)	۶۷/۴	۵۶/۱	۴۳/۶	۲۸/۷	۲۲/۶	۱۴/۶
میدان دید عمودی(درجه)	۵۳/۱	۴۳/۶	۳۳/۴	۲۱/۷	۱۷/۱	۱۱/۰

پ- ابعاد فضای تصویر

این پارامتر به لنز دوربین و ارتفاع نصب دوربین وابسته است و در تعیین لنز دوربین موثر است.

روابط ریاضی برای تعیین ابعاد فضای تصویر بر حسب لنز دوربین و ارتفاع نصب عبارتند از:

$$d_1 = h \tan(\theta - \alpha_v)$$

$$w_1 = 2h \tan \alpha_H / \cos(\theta - \alpha_v)$$

$$d_2 = h \tan(\theta + \alpha_v)$$

$$w_2 = 2h \tan \alpha_H / \cos(\theta + \alpha_v)$$

که در آن‌ها:

h = ارتفاع دوربین.

α_v = نصف زاویه عمودی میدان دید لنز دوربین که مقدار آن با توجه به مشخصات لنز بر اساس جدول (۱۰) تعیین می‌شود.

α_H = نصف زاویه افقی میدان دید لنز دوربین که مقدار با توجه به مشخصات لنز بر اساس جدول (۱۰) تعیین می‌شود.

θ = زاویه بین خط دید دوربین و سازه‌ای که دوربین روی آن نصب شده است. رابطه ریاضی این پارامتر به صورت $\theta = (90-5) - \alpha_v$ است.

d_1 = فاصله تا پایین تصویر.

w_1 = عرض پایین تصویر.

d_2 = فاصله تا بالای تصویر.

w_2 = عرض تا بالای تصویر.

به عنوان نمونه ابعاد فضای تصویر مربوط به یک لنز ۸ میلی‌متری در ارتفاع‌های متفاوت در جدول ۴-۴ آورده شده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۴-۴- ابعاد ناحیه تصویر برای دوربین‌هایی با ارتفاع نصب متفاوت و لنز با فاصله کانونی ۸ میلیمتر

ارتفاع نصب دوربین(m)	۹	۱۲	۱۵	۱۸	۲۱
فاصله تا بالای تصویر(m)	۱۰۴/۵	۱۳۹/۳	۱۷۴/۳	۲۰۹/۱	۲۴۳/۸
عرض بالای تصویر(m)	۸۳/۸	۱۱۱/۹	۱۳۹/۹	۱۶۷/۹	۱۹۵/۷
فاصله تا پایین تصویر(m)	۱۱/۶	۱۵/۲	۱۹/۲	۲۳/۲	۲۶/۸
عرض پایین تصویر(m)	۱۱/۹	۱۵/۸	۱۹/۵	۲۳/۵	۲۷/۴

ت- وضوح افقی دوربین

وضوح افقی دوربین یا سایز پیکسل آن باید به اندازه کافی بوده تا سیستم کالیبره و تنظیم شود، خصوصا اگر دوربین و ناحیه آشکارسازی از هم فاصله بیشتری داشته باشند.

مشخصات و ویژگی‌های عمومی مورد نیاز که در انتخاب دوربین موثر است در جدول ۴-۵ نشان داده شده است.

جدول ۴-۵- مشخصات عمومی دوربین برای کاربرد پردازش تصویر

پارامتر	مقدار
مینیمم سطح نور برای تصویر کاربردی	۰/۱ لاکس (واحد درخشندگی) برای تقاطعها، ۰/۰۴ لاکس برای آزادراه‌ها
ماکزیمم سطح نور برای تصویر کاربردی	۱۰۰۰۰ لاکس
رنج دینامیکی*	حداقل ۵۶ دسی بل از مینیمم تا ماکزیمم سیگنال ویدئویی کاربردی
حداقل دقت عمودی	۳۵۰ تا ۳۸۳ خط
حداقل دقت افقی	۵۵۰ تا ۵۸۰ خط
عناصر تصویری فعال	حداقل ۷۶۸ افقی، ۴۹۴ عمودی
فیلتر طول موج	۶۰۰ nm تا ۱۴۰۰ nm با ۱۰٪ کاهش
رنج درجه حرارت عملکردی	۴۰- درجه تا ۶۰+ درجه سانتیگراد
محافظ دربرابر خورشید	مورد نیاز است
گرمکن داخلی	مورد نیاز است
ماکزیمم وزن	مطابق با قاب و کجی دوربین

*رنج دینامیکی = سطح نوری که توسط دوربین قابل تمایز است.

omoorepeyman.ir

۴-۲-۱-۲-۳- محل و ارتفاع مناسب نصب دوربین

کارایی بهینه سیستم با نصب دوربین در مرکز جریان ترافیک بدست می‌آید.

میزان فاصله‌ای (d) که یک پردازشگر تصویر ویدئویی می‌تواند از محل پایه دوربین تا محل خودروی مورد نظر تشخیص دهد، مطابق شکل ۴-۴۸ به ارتفاع دوربین، فاصله وسایل نقلیه، و ارتفاع وسیله نقلیه بستگی دارد.

اگر جاده بدون شیب باشد، d طبق رابطه ۴-۳ بدست می‌آید.

$$d = h \frac{Veh_{gap}}{Veh_{height}} \qquad (۳-۴)$$

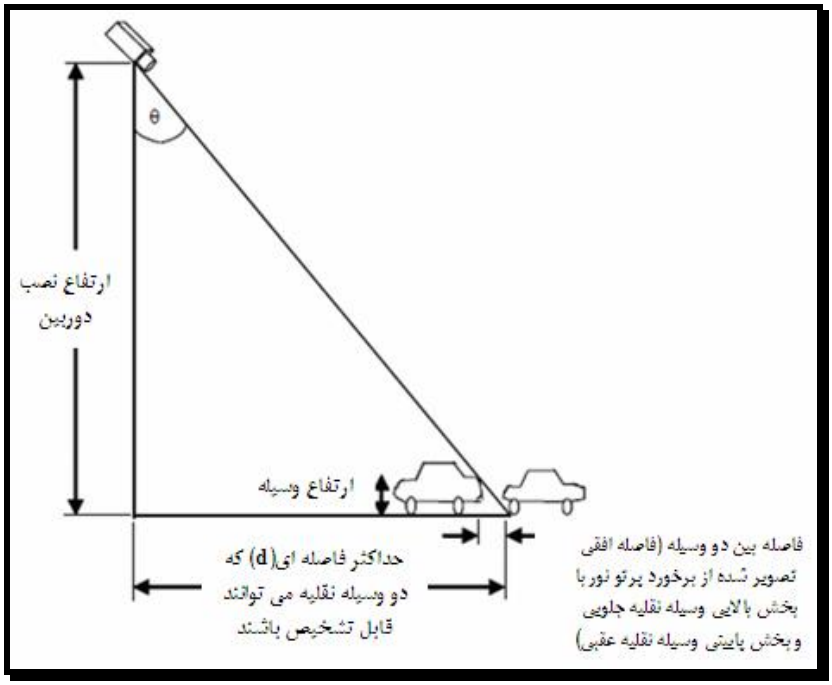
که در آن:

h: ارتفاع نصب دوربین

Veh_{gap} : فاصله بین وسایل

Veh_{height} : ارتفاع وسیله

فاصله d همچنین به اندازه پیکسل و میدان دید دوربین بستگی دارد.



شکل ۴-۴۸- نمایش فاصله قابل تشخیص دو وسیله نقلیه متوالی برای دوربین پردازش تصویر

برای رسیدن به کارایی بهینه، ارتفاع نصب دوربین باید به گونه‌ای باشد که محدوده جاده را پوشش دهد. هرچه ارتفاع نصب دوربین بیشتر باشد فاصله دید دوربین افزایش می‌یابد. به طور کلی با نصب دوربین در ارتفاع کم، امکان تشخیص اشتباه یا عدم تشخیص نیز بیشتر می‌شود.

حداقل ارتفاع نصب زمانی که دوربین در مرکز جاده نصب شود، ۱۲ متر پیشنهاد می‌شود.

اگر دوربین در کنار جاده نصب شود ارتفاع نصب در حدود ۱۵ متر و بیشتر پیشنهاد می‌شود.

omoorepeyman.ir

برای اندازه‌گیری بهینه سرعت باید ارتفاع نصب حدود ۱۵ متر یا بیشتر باشد. در غیر این صورت در اندازه‌گیری سرعت خطا ایجاد می‌شود. این خطا متناسب با ارتفاع خودرو تقسیم بر ارتفاع نصب دوربین است. بنابراین با افزایش ارتفاع خودرو و کاهش ارتفاع دوربین خطای اندازه‌گیری سرعت افزایش پیدا می‌یابد.

در آزادراه‌ها باید فاصله دید دوربین را با توجه به ساختار جاده، سطح تراکم، اختلال خودروها، و هوای نامناسب، کم در نظر گرفت.

دکل دوربین را باید بگونه‌ای انتخاب کرد که دوربین حداقل لرزش و حرکت را داشته باشد. دستگاه‌های پردازشگر تصویر ویدیویی که نسبت به تکان شدید حساس هستند، هنگام وزش باد تکان ناشی از باد را با تغییر تصویر هنگام ورود وسیله نقلیه اشتباه می‌گیرند.

دوربین باید در محلی نصب شود که بازتاب نور از سطح جاده کمینه شود. زیرا ترافیک سر بالایی موجب می‌شود که نور چراغ جلوی ماشین‌ها در شب مستقیما در لنز دوربین بتابد.

نحوه نصب دوربین باید به گونه‌ای باشد که خط افق در میدان دید افقی یا عمودی دوربین نباشد. بدین منظور نصب دوربین را رو به پایین یا استفاده از یک آفتاب‌گیر توصیه می‌شود.

در صورت نصب دوربین بر روی دکل‌هایی با ارتفاع کم، توصیه می‌شود از یک لنز با فاصله کانونی زیاد استفاده شود تا به کاهش اثر افق در میدان دید دوربین کمک کند. فاصله کانونی زیاد لنز موجب کاهش درخشندگی نور ورودی به دوربین می شود و با افزایش ناحیه آشکارسازی بر روی جاده، کارایی سیستم افزایش پیدا می کند. تنظیم دید دوربین بر روی بخش پایینی کامیون‌ها، نیز اثر افق را کمینه می‌کند.

توصیه می‌شود دوربین در ارتفاع کم، در تونلها و یا زیر پل‌ها همچنین در قوس‌ها نصب نشود. در شب انعکاس نور جلوی خودروها از سطح جاده موجب آشکارسازی اشتباه می‌شود.

ارتفاع نصب دوربین باید بین ۱۲/۲ تا ۱۲/۵ متر بالای سطح جاده باشد.

حداکثر فاصله آشکارسازی برای استفاده از همه امکانات سیستم برابر ۲۰۰ متر از کنار پایه دوربین است.

۴-۲-۱-۲-۴- نصب عرضی دوربین

دوربین‌هایی که در کناره مسیر نصب می‌شوند باید بگونه‌ای تنظیم شوند که در امتداد خط جداکننده خطوط گردش به چپ و مستقیم قرار بگیرد.

دوربین‌هایی که بر روی خطوط نصب می‌شوند باید بر روی خط مرکزی مسیر سواره رو تنظیم شوند.

برای اطمینان از تراز بودن دوربین، باید دوربین از فاصله ۴۵/۷ متری آن بوسیله یک شاغول مشاهده شود، که در این حالت باید دامنه خطای نصب ۳۰ سانتیمتر باشد.

۴-۲-۱-۲-۵- نصب کابینت کنترلر، کابل اطلاعات، کابل برق در مکان خود

پس از نصب عرضی دوربین کابینت کنترلر، کابل اطلاعات و کابل برق در مکان خود نصب می‌گردند.

۴-۲-۱-۲-۶- اقدامات پس از نصب (کالیبراسیون)

به منظور حذف تصاویر نامطلوب ناشی از اشیاء اضافی موجود در تصویر، کاربر باید دستگاه را تنظیم نماید. اگر دوربین در موقعیت کالیبره شده قرار نگیرد، عملکرد پردازشگر تصویر ضعیف می‌شود. اگر کنترل از راه دور دوربین‌ها و چرخاندن آنها به میدان‌های دید

omoorepeyman.ir

کالیبره شده میسر نباشد، ممکن است دوربین‌هایی مجزا برای جمع‌آوری اطلاعات ترافیکی مورد نیاز باشد. بعضی از دوربین‌ها می‌توانند به طور خودکار میدان دید را برای موقعیت جدید دوربین با استفاده از الگوریتم‌های خاصی، کالیبره کنند. کالیبراسیون شامل مراحل زیر است.

الف- مشخص کردن ناحیه آشکارسازی بر روی جاده: ناحیه آشکارسازی با ماوس یا صفحه کلید بر روی تصویر میدان دید دوربین که در صفحه نمایش کامپیوتر نشان داده می‌شود، مشخص می‌شود. این ناحیه می‌تواند شامل چندین خط عبور در میدان دید دوربین باشد.

ب- انجام عمل کالیبراسیون ابعاد فضای تصویر: سیستم‌های پردازش تصویر به اطلاعات گوناگونی برای کالیبراسیون ابعاد تصویر و در نتیجه دقت اطلاعات حسگر نیاز دارند.

اطلاعات مور نیاز فضای تصویر و سیستم‌های پردازش تصویر برای عمل کالیبراسیون شامل موارد زیر است:

- فاصله کانونی لنز دوربین
- بعد عرض و طول مستطیلی در سطح جاده که ناحیه تصویر دوربین را مشخص کرده و برروی مونیتور نشان داده می‌شود
- فاصله بین خط‌کشی‌هایی که خطوط مسیر را از هم جدا می‌کند
- تعداد خطوطی که اطلاعات آنها مورد نیاز است و باید جمع‌آوری شود
- محل ناحیه شناسایی: محلهای علامت‌گذاری شده که دو ناحیه شناسایی را در هر خط عبور تعریف می‌کند، و ابعاد طول و عرض بین علامت‌ها.
- جهت جریان ترافیک: برای هر خط جریان بالادست یا پایین دست یا هر دو در تصویر ویدئویی تعریف می‌شود.
- زاویه عمودی بین محور در پلان سطح جاده و جهت مشاهده تصویر.
- زاویه افقی بین جهت مشاهده تصویر و جهت جریان ترافیک.
- ارتفاع دوربین.
- خروجی(آفست) دوربین: فاصله زمینی بین دوربین و محور کالیبراسیون موازی با جهت جریان ترافیک.
- محل ناحیه شناسایی: فاصله زمینی بین دوربین و علامت‌گذاریهای دور و نزدیک در هر خط.
- طول ناحیه شناسایی: فاصله زمینی بین علامت‌گذاریهایی که نواحی شناسایی دور و نزدیک را در هر خط تعریف می‌کند.

برای پردازش ابعاد ناحیه تصویر نیاز است تا ابعاد خطوط مشخص شود. که از دو روش می‌توان برای اینکار استفاده کرد.

الف- استفاده از مخروط‌های ترافیکی و خط کشی برای اندازه‌گیری طول ناحیه پردازش تصویر و استفاده از عرض خطوط عبور که لازم است با مراجعه به محل و اندازه‌گیری محلی اندازه آن مشخص شود.

ب- استفاده از دو نفر یک نفر پشت مانیتوری که دوربین به آن متصل است و میدان دید دوربین را نشان می‌دهد، و دیگری در جاده طبق دستور فرد اول عمل خط‌کشی و علامت‌گذاری را انجام دهد.

اگر یک مرکز کنترل ترافیک از یک دوربین با قابلیت حرکت و جابجایی بطور همزمان برای پردازش تصویر و مشاهده ترافیک استفاده کند، به منظور پردازش تصویر باید از سیستمی استفاده کند که قابلیت کالیبراسیون مجدد برای هر موقعیت جدیدی را داشته باشد.

omoorepeyman.ir

۴-۲-۲- رادارهای مایکرویو

۴-۲-۲-۱- ارزیابی محل و مکان‌یابی محل نصب

برای تعیین فاکتورهای هندسی و تشخیص عدم وجود موانع در محل نصب حسگر باید محل نصب مورد ارزیابی قرار گیرد.

سازه‌های اضافی مورد نیاز برای نصب نیز باید تعیین گردد.

در ارزیابی محلی باید به سوالات زیر پاسخ داده شود.

- چه پارامترهای ترافیکی مورد نیاز است؟
- مکان ناحیه آشکارسازی کجاست؟ آیا موانعی مانند خطوط انتقال، بیلبردهای تبلیغاتی یا درختان وجود دارد؟
- سیستم در کجا نصب می‌شود؟ آیا امکانات ویژه‌ای برای نصب مورد نیاز است؟ اگر سازه‌های نصب از قبل موجود هستند، آیا به اندازه کافی محکم هستند؟
- آیا امکان نصب موقتی برای تعیین کارایی سیستم وجود دارد؟
- آیا برق محل تأمین شده است؟
- آیا امکانات دفن و اتصال کابل برق موجود است؟
- آیا ادوات حفاظتی برای جلوگیری از سرقت و خرابکاری مورد نیاز است؟

برای تعیین محل نصب باید تمام موانع و ادوات چه زیر زمینی، چه بالای سطح زمین، مانند لوله آب یا خطوط انتقال در نقشه، باید دقیقا مشخص شده و ارتفاع آنها در نقشه قید شود.

باید از نبود کانال‌های زهکش زیر جاده تا شعاع ۱/۵ متری محل نصب تیر اطمینان حاصل کرد.

۴-۲-۲-۲-ملاحظات نصب

در مواردی‌که شمارش خودروهای متوقف مد نظر نباشد می‌توان از رادارهای داپلر استفاده کرد. این رادارها خودروهای با سرعت بیش از ۸ کیلومتر بر ساعت را آشکار می‌کنند.

جهت حرکت خودروها در خط عبور مورد نظر باید توسط جامپر[1] مربوط به تنظیم جهت (که بر روی حسگر قرار دارد) تنظیم شود.

در مدل‌هایی که قابلیت تبادل اطلاعات به صورت سریال را دارند، باید نرخ تبادل سریال توسط جامپر مربوطه تعیین شود.

شکل ۴-۴۹ ردپای بیضوی تشکیل شده توسط حسگر بر روی جاده و پارامترهای آن را نشان می‌دهد. ابعاد طول و عرض ردپای حسگر بر روی جاده با استفاده از روابط ۴-۴ و ۴-۵ محاسبه می‌شود.

$$d_a = h[\tan\left(\theta + \frac{\theta_a}{2}\right) - \tan\left(\theta - \frac{\theta_a}{2}\right) \quad (۴-۴)$$

$$d_c = 2Rsin\theta \tan\left(\frac{\theta_c}{2}\right) = 2htan\theta\tan\left(\frac{\theta_c}{2}\right) \quad (۵-۴)$$

که در آنها:

[1] Jumper

omoorepeyman.ir

dc و da : به ترتیب عرض و طول ردپای حسگر،

$h=R\cos\theta$: ارتفاع نصب حسگر،

R : فاصله شعاعی خروجی حسگر تا مرکز ردپای حسگر،

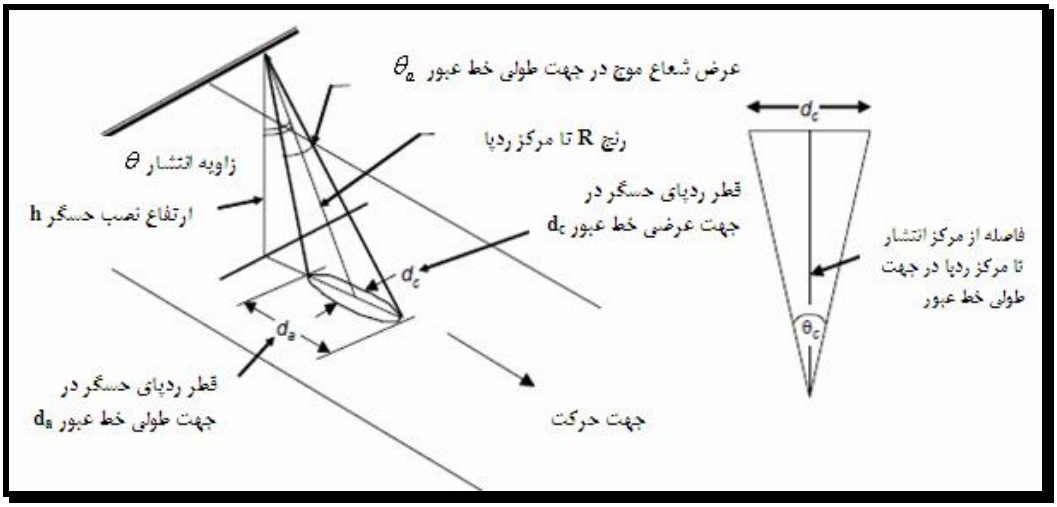
$R\sin\theta$: فاصله افقی از مرکز ردپای حسگر تا محل نصب آن،

θa : زاویه طولی بین دو شعاع آنتن،

θc : زاویه عرضی بین دو شعاع آنتن،

θ : زاویه حسگر با خط قائم.

برای کالیبراسیون سیستم باید از نرم افزاری که شرکت سازنده ارائه می‌دهد استفاده کرد. این نرم افزار معمولا از پورت سریال برای ارتباط با دستگاه استفاده می کند.



شکل ۴-۴۹- منطقه آشکارسازی حسگر مایکرویو برای بازبینی جریان بالادست و پایین دست

۴-۲-۳- حسگرهای مادون قرمز

۴-۲-۳-۱- ارزیابی محل و مکان‌یابی محل نصب

برای تعیین فاکتورهای هندسی و تشخیص عدم وجود موانع در محل نصب حسگر باید محل نصب مورد ارزیابی قرار گیرد. سازه‌های اضافی مورد نیاز برای نصب نیز باید تعیین گردد.

در ارزیابی محلی باید به سوالات زیر پاسخ داده شود.

- چه پارامترهای ترافیکی مورد نیاز است؟
- مکان ناحیه آشکارسازی کجاست؟
- آیا موانعی مانند خطوط انتقال، بیلبردهای تبلیغاتی یا درختان وجود دارد؟
- سیستم در کجا نصب می‌شود؟
- آیا امکانات ویژه‌ای برای نصب مورد نیاز است؟

omoorepeyman.ir

- اگر سازه‌های نصب از قبل موجود هستند، آیا به اندازه کافی محکم هستند؟
- آیا امکان نصب موقتی برای تعیین کارایی سیستم وجود دارد؟
- آیا برق محل تأمین شده است؟
- آیا امکانات دفن و اتصال کابل برق موجود است؟
- آیا ادوات حفاظتی برای جلوگیری از سرقت و خرابکاری مورد نیاز است؟

برای تعیین محل نصب باید تمام موانع و ادوات چه زیر زمینی، چه بالای سطح زمین، مانند لوله آب یا خطوط انتقال در نقشه، باید دقیقا مشخص شده و ارتفاع آنها در نقشه قید شود.

باید از نبود کانال‌های زهکش زیر جاده تا شعاع ۱/۵ متری محل نصب تیر اطمینان حاصل کرد.

۴-۲-۳-۲- ملاحظات نصب حسگرهای مادون قرمز غیرفعال

این حسگرها میدان دید ثابتی دارند. به منظور تطبیق این حسگرها با ارتفاع نصب در کاربردهای مختلف باید از لنز با فاصله کانونی متفاوت استفاده کرد.

به منظور دریافت اطلاعات ترافیکی از حسگر باید نرم‌افزاری توسط کاربر طراحی شود. اکثر این حسگرها اطلاعات را بصورت سریال و بر روی پورت RS-232 ارسال می‌کنند.

ابعاد ردپا بر حسب ارتفاع حسگر تعیین می‌شود. در جدول ۴-۶ ابعاد ردپای حسگر بر حسب ارتفاع حسگر نشان داده شده است.

جدول ۴-۶- ابعاد ردپای حسگر مادون قرمز

ارتفاع نصب (فوت)	R (فوت)	زاویه انتشار θ	فاصله زمینی d (فوت)	عرض ردپا w (فوت)	طول ردپا l (فوت)
۱۵	۲۱	۴۵	۱۵	۲	۲
۱۵	۲۵	۵۳	۲۰	۳	۳
۱۵	۲۹	۵۹	۲۵	۳	۴
۱۵	۳۳	۶۳	۳۰	۴	۶
۲۰	۴۰	۶۰	۳۵	۵	۷
۲۰	۴۴	۶۳	۴۰	۵	۸
۲۰	۴۹	۶۶	۴۵	۶	۱۰
۲۰	۵۳	۶۸	۵۰	۶	۱۲

h = ارتفاع نصب،

d = فاصله زمینی بین مرکز منطقه آشکارسازی و پایه سازی نگهدارنده حسگر،

R = فاصله از روزنه حسگر تا مرکز منطقه آشکارسازی،

w = عرض ردپای زمینی،

l = طول ردپای زمینی،

θ بطور مستقل انتخاب نمی شود، با توجه به مقادیر h و R بدست می آید و برابر است با $\cos\theta = h/R$.

omoorepeyman.ir

۴-۲-۴- حسگرهای صوتی

۴-۲-۴-۱- ارزیابی محل و مکان‌یابی محل نصب

برای تعیین فاکتورهای هندسی و تشخیص عدم وجود موانع در محل نصب حسگر باید محل نصب مورد ارزیابی قرار گیرد.
سازه‌های اضافی مورد نیاز برای نصب نیز باید تعیین گردد.
در ارزیابی محلی باید به سوالات زیر پاسخ داده شود.

- چه پارامترهای ترافیکی مورد نیاز است؟
- مکان ناحیه آشکارسازی کجاست؟
- آیا موانعی مانند خطوط انتقال، بیلبردهای تبلیغاتی یا درختان وجود دارد؟
- سیستم در کجا نصب می‌شود؟
- آیا امکانات ویژه‌ای برای نصب مورد نیاز است؟
- اگر سازه‌های نصب از قبل موجود هستند، آیا به اندازه کافی محکم هستند؟
- آیا امکان نصب موقتی برای تعیین کارایی سیستم وجود دارد؟
- آیا برق محل تأمین شده است؟
- آیا امکانات دفن و اتصال کابل برق موجود است؟
- آیا ادوات حفاظتی برای جلوگیری از سرقت و خرابکاری مورد نیاز است؟

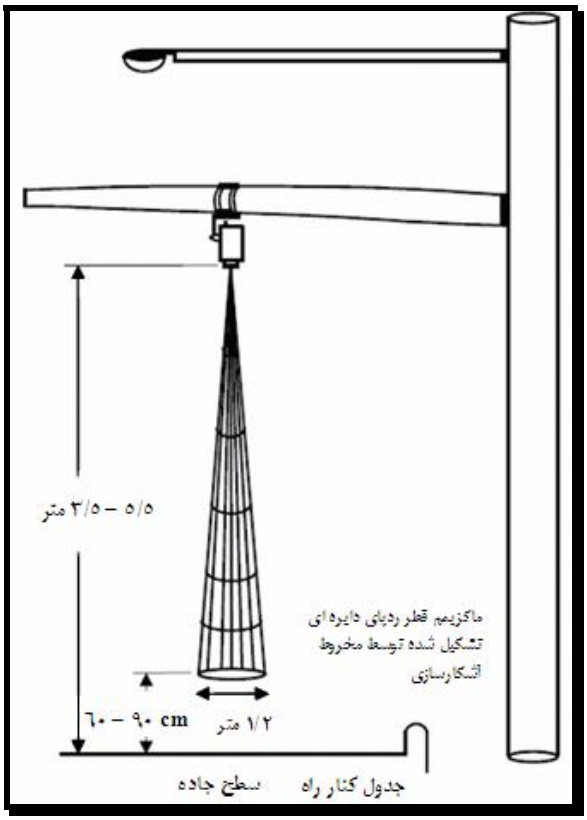
برای تعیین محل نصب باید تمام موانع و ادوات چه زیر زمینی، چه بالای سطح زمین، مانند لوله آب یا خطوط انتقال در نقشه، باید دقیقا مشخص شده و ارتفاع آنها در نقشه قید شود.
باید از نبود کانال‌های زهکش زیر جاده تا شعاع ۱/۵ متری محل نصب تیر اطمینان حاصل کرد.

۴-۲-۴-۲- حسگرهای مافوق صوت

۴-۲-۴-۲-۱- ملاحظات نصب

در صورتی‌که این حسگرها دقیقا رو به پایین نصب شوند، کل عرض یک خط عبور را پوشش می‌دهند.
برای ارتباط با این دستگاه‌ها از طریق رابط سریال باید نرم افزاری توسط کاربر طراحی شود.
در شکل ۴-۵۰ نحوه نصب یک نوع حسگر صوتی غیرفعال نشان داده است.

omoorepeyman.ir



شکل ۴-۵۰- نحوه نصب حسگر مافوق صوت

۴-۲-۴-۳- حسگرهای صوتی غیرفعال

۴-۲-۴-۳-۱- ملاحظات نصب

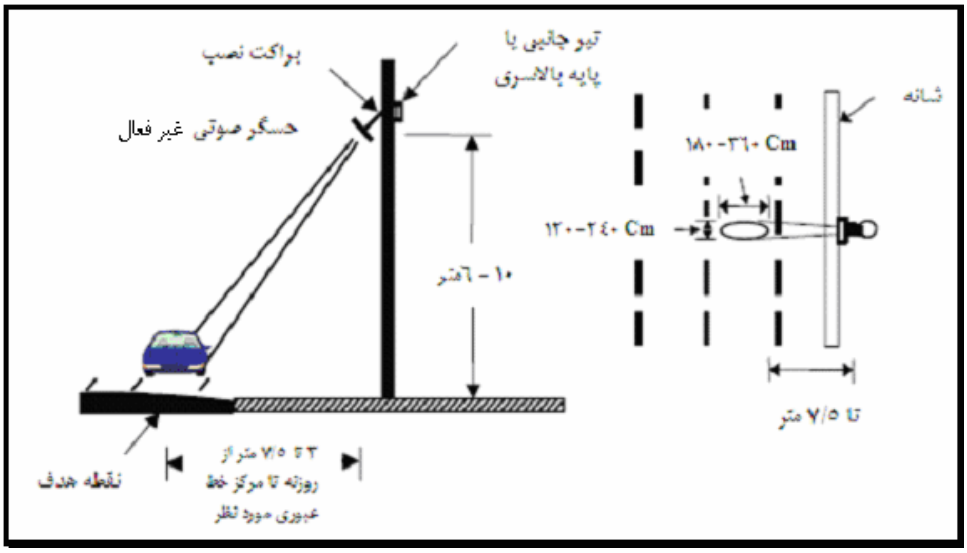
برای دریافت اطلاعات و ارتباط با حسگر از طریق لینک سریال باید نرم افزاری توسط کاربر طراحی شود.

در مواردی که دسترسی به برق سخت باشد توصیه می‌شود که از سیستم انرژی خورشیدی همراه این حسگر استفاده شود.

در مواردی که امکان دسترسی به حسگر سخت باشد و سیم‌کشی مقدور نباشد توصیه می‌شود به همراه حسگر از سیستم فرستنده رادیویی استفاده شود.

۲- در شکل ۴-۵۱ ملزومات و نحوه نصب یک نوع حسگر صوتی غیر فعال نشان داده است.

omoorepeyman.ir



شکل ۴-۵۱- نحوه نصب حسگر صوتی غیر فعال

omoorepeyman.ir

فهرست مراجع

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فهرست مراجع

۱- "مقایسه انواع روش‌های ترددشماری"، شرکت اندیشه راهیان گسترش(ارگ)، سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور، ۱۳۸۵.

2- "Transportation Statistics Annual Report 1999", U.S. Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, Washington, DC., 1999.

۳- "سامان‌دهی ترددشماری جاده‌ای کشور"، شرکت اندیشه راهیان گسترش(ارگ)، سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور، ۱۳۸۶.

۴- "خلاصه‌ای از تکنولوژی‌های شناسایی و تشخیص خودرو مورد استفاده در سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS)"، شرکت اندیشه راهیان گسترش(ارگ)، ۱۳۸۴.

۵- "دستورالعمل نصب حسگرهای حلقه القایی"، شرکت اندیشه راهیان گسترش(ارگ)، سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور، ۱۳۸۵.

6- "Traffic Detector Handbook: Third Edition-Volume I & II". Federal Highway Administration, Publication No. FHWA-HRT-06-108, US, 2006.

7- "Detector Technology Evaluation", Department of Civil and Environmental Engineering University of Utah Traffic Lab, 2003.

۸- "دستورالعمل اجرایی نصب و بهره‌برداری از دستگاه‌های ترددشمار سیار NC-97"، شرکت اندیشه راهیان گسترش(ارگ)، ۱۳۸۳.

۹- "استفاده از سیستم‌های توزین حین حرکت در مدیریت روسازی"، سید محمود دیباج، احمد سالاری، غلامرضا معصومی، سومین همایش قیر و آسفالت ایران، موسسهٔ قیر و آسفالت ایران، ۱۳۸۵.

10- "States' Successful Practices Weigh-In-Motion Handbook", Center for Transportation Research and Education Iowa State University, US, 1997.

11- "Temporary Loop Installation Manual", International Road Dynamics INC (IRD), Part No. 69307, 2001.

12- "The Results of Polyguard as a Portable Loop Covering and Portable Loops in a 4'×6' Configuration", Last Report, Nevada Department of Transportation, 1988.

13- "ADR Junior Portable Vehicle Counter Manual", Quixote Traffic Corporation, Florida, US, 2000.

14- McCall, B., and Vodrazka, W.C., "Sate's Successful Practices Weigh-In-Motion Handbook" Department of Transportation, Washington, 1997.

15- American Society for Testing and Materials,"Standard Specification for Highway Weigh-in-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Methods", ASTM Committee E-17 on Vehicle-Pavement Systems, ASTM Designation E 1318-02, 2002.

16- "Evaluation of Weigh-In-Motion Systems", B. H. Cottrell, Jr., Virginia Transportation Research Council, Report No. FHWA/VA-92-R8, , 1991.

17- Katz, J.B., "Field and Modeling Framework for Evaluating Truck Weigh Station Operations." Virginia Polytechnic Institute, 2001.

omoorepeyman.ir

18- Field Test of Monitoring of Urban Vehicle Operations Using Non-Intrusive Technologies, vol. 5, Task Three Report: Extended Field Test Results. Minnesota Guidestar and SRF Consulting Group, St. Paul, MN, 1996.

19- "Vehicle Detector Technologies for Traffic Management Applications, Part 2, ITS Online", L. A. Klein, The Independent Forum for Intelligent Transportation Systems, http://www.itsonline.com/, June 1997.

۲۰- "دستورالعمل نصب حسگر دستگاه ترددشماری الکترونیکی"، شرکت اندیشه راهیان گسترش(ارگ)، ۱۳۸۵.

۲۱- "حسگرهای لوپ القایی"، گزارش داخلی، شرکت اندیشه راهیان گسترش(ارگ)، ۱۳۸۵.

۲۲- "کارگاه آشکارسازی وسیله نقلیه"، پروفسور دن میدلتون، انستیتو حمل‌ونقل تگزاس، دانشگاه A&M، ترجمه بزازان، دفتر فن‌آوری اطلاعات، سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور، ۲۰۰۰.

۲۳- " دستورالعمل نصب حسگرهای خطی کوارتز "، شرکت مهندسین مشاور اندیشه نگاران کیا، سال ۱۳۸۶.

۲۴-" خرید، نصب، راه اندازی، بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری و حفاظت از سیستم‌های توزین در حال حرکت(WIM)"، گزارش بررسی اولیه محلهای نصب سیستم‌های توزین در حال حرکت (WIM) ، شرکت مهندسین مشاور اندیشه نگاران کیا، سال ۱۳۸۶.

omoorepeyman.ir

Abstract

Traffic detection system is a basic part of an Intelligent Transportation Systems (ITS) which detects vehicle presence or passage and records traffic characteristics such as speed, occupancy, queue, etc. The data collected by traffic detectors is used for freeway traffic monitoring, actuated signal control, ramp meter control, dynamic traffic assignment and the other traffic management and planning activities.

Quality of real-time traffic management and planning, clearly affects by the accuracy of data collected, and also for collecting accurate data, they should be installed correctly. Detectors have to be able to collect accurate data in types of traffic and weather conditions and send it to traffic control centers real-time.

Therefore presentation of accurate and comprehensive guideline to install types of traffic detection system is essential.

The present volume contains principles, terms and implementation guideline of traffic detection systems.

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision

Principles, Terms & Implementation Guideline of Traffic Detection Systems

No. 548

Office of Deputy for Strategic Supervision
Bureau of Technical Execution System

http://tec.mporg.ir

2011

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

این نشریه

مبانی، ضوابط و راهنمای اجرایی شناسگرهای ترافیکی را ارایه می‌کند. شناسگر یا به عبارت دیگر سیستم آشکارساز وسایل نقلیه، جزئی با اهمیت از سامانه حمل و نقل هوشمند است که با تشخیص حضور یا عبور وسایل نقلیه، وظیفه شناسایی و ثبت انواع داده‌های ترافیکی را بر عهده دارد. این سیستم اطلاعات جریان ترافیک را برای مدیریت ترافیک، پایش مسیر و تهیه بانک اطلاعات عبور و مرور وسایل نقلیه فراهم می‌نماید.

این نشریه می‌تواند به‌عنوان راهنمایی برای مهندسان حمل و نقل، مدیران و برنامه ریزان سیستم حمل و نقل درنظر گرفته شود.

omoorepeyman.ir