

## سنسورهای جریان ترافیکی

سید احمد رضا کازرونیان

مسئول مرکز مدیریت راه‌های اداره کل راه و شهرسازی استان بوشهر

سنسورهای جریان ترافیکی وسیله‌هایی برای نشان دادن حضور عابرپیاده یا وسیله‌نقلیه هستند و اطلاعات فرستاده شده از شناساگرها را جمع‌آوری می‌کنند. همچنین خط‌های اصلی آزادراه‌ها و رمپ‌های کنترل که زیر نظر شناساگرها هستند، توسط سنسورها حجم وسایل نقلیه و طبقه‌بندی اطلاعات برای حالت‌های مختلف با توجه به شرایط تعریف شده برای آن را جمع‌آوری می‌کنند.

این سنسورها اطلاعاتی را که از حلقه‌های القایی در دسترس قرار نمی‌گیرد تهیه می‌کنند و اطمینان بیشتر برای اشخاصی که آنها را نصب و نگهداری می‌کنند به وجود می‌آورند. اینها وسایلی هستند که می‌توان به کمک آنها بررسی دقیقی روی زمان‌های سفر انجام داد. با نصب دیگر تکنولوژی‌ها می‌توان اطلاعاتی چون تصاویری از سطح جاده، اطلاعات هواشناسی و امنیت زیرسازی را به دست آورد.

سنسورهای مختلفی وجود دارند که می‌توانند زیر جاده یا روی جاده نصب شوند. مثالی از این سنسورهای خیابانی، حلقه‌های القایی شناساگرها است که در کف خیابان کار گذاشته می‌شوند و همچنین موتورهای مغناطیسی که ممکن است در زیر زمین در سطح صاف یا لبه سازه‌ها جاسازی شوند.

برای مقایسه بین سنسورهای زیرزمینی با سنسورهای روی سطح زمین، می‌توان گفت هر دو، سطح وسیعی از سطح جاده را در بر می‌گیرند و خط ترافیکی را برای فواصل تعریف شده کنترل می‌کنند. مثلاً سنسورهای روی خیابان پردازشگر عکس‌های ویدئویی هستند که از دوربین‌هایی که بالای میله‌های بلند و نزدیک قرار می‌گیرند، استفاده می‌کنند یا سیگنال ترافیکی که در خیابان باید علامت‌گذاری شود.

رادارهای میکروویو و فراصوتی و سنسورهای اینفرارد فعال به راحتی و با روش‌های ساده جاسازی می‌شوند و سنسورهای رادار لیزری روی سازه‌هایی که در مسیر به نمایش گذاشته می‌شوند قرار می‌گیرند.

### حلقه ردیاب القایی

حلقه ردیاب القایی (شناساگر مغناطیسی) حضور شیء فلزی رسانا را به وسیله القاء کردن جریان در شیء و کاهش حلقه القایی تشخیص می‌دهد. شناساگرهای مغناطیسی در سطح جاده نصب می‌شوند و شامل چهار بخش هستند:

- یک یا چند حلقه سیم‌پیچ که در کف جاده جاسازی شده‌اند.
- یک سیم هادی متصل‌کننده سیم‌پیچ به جعبه اتصال.
- یک کابل متصل‌کننده سیم هادی از جعبه اتصال به کنترل‌کننده.
- یک مخزن الکتریکی در اتاق کنترل

مخزن الکتریکی محتوی یک نوسانگر و تقویت‌کننده است که حلقه سیم جاسازی شده را تحریک می‌کند. مخزن الکتریکی همچون سایر دستورالعمل‌ها مانند انتخاب میزان حساسیت حلقه و ضربه یا وقوع و تکرار عملیات را پشتیبانی می‌کند. زمانی که وسیله‌نقلیه از روی حلقه سیم عبور می‌کند و یا در محیط اطراف حلقه متوقف می‌شود خودالقایی حلقه را کاهش می‌دهد.

شناساگرهای متدوال بر مبنای برش یک شکاف در پیاده‌رو و قرار دادن یک یا چند سیم‌پیچ در شکاف طرح‌ریزی شده‌اند.

سیم به وسیله یک غشاء پوشیده شده است. سایز، اندازه و موقیعت حلقه به موارد استعمال آن بستگی دارد. مسافتی که ردیابی می‌کند حدود  $66 \times$  فوت (1.8 x 1.8 m) برای حلقه‌های دایره‌ای ۶ فوت و برای حلقه‌های مستطیلی تا  $640 \times$  فوت (21 m تا  $1.812 \times$ ) می‌باشد. به خاطر انعطاف‌پذیری طرح، شناساگر مغناطیسی قادر به شناسایی محدوده وسیعی از وسایل است.

## رادار میکروویو

تصویر عملیات سنسورهای رادار میکروویو را شرح می‌دهد. بخشی از انرژی ارسال شده توسط وسیله‌نقلیه از پشت به سوی سنسور شناسایی شده و به وسیله‌نقلیه و اطلاعات جریان عبور و مرور توسط سنسور به تنهایی یا در اتصال با کنترل‌کننده کنار جاده تبدیل می‌شود.

دو نوع از سنسورهای رادار میکروویو در عملیات کنار جاده بکار می‌روند. آن دسته که امواج پیوسته (CW) را به صورت موج ارسال می‌کنند و آن دسته که فرکانس امواج پیوسته مدول شده (FMCW) را ارسال می‌کنند. سنسور داپلر به نوشته‌هایی مثل میکروویو یا سنسور داپلر میکروویو اشاره دارد. سیگنال فرکانس ثابت (مرتبط با زمان) اجازه می‌دهد سرعت وسایل‌نقلیه در داپلر اصلی مورد استفاده اندازه‌گیری شود. بنابراین فرکانس سیگنال رسیده با دور شدن وسیله‌نقلیه از رادار کاهش می‌یابد و با نزدیک شدن وسیله به رادار افزایش می‌یابد. با تغییر فرکانس در سیگنال رسیده عبور وسیله‌نقلیه یا تعداد آن مشخص می‌شود. حضور وسیله‌نقلیه با یک فرکانس ثابت (به صورت موج) نمی‌تواند شمرده شود و فقط وسایل متحرک قابل شناسایی هستند.

رادار میکروویو FMCW فرکانس ارسال شده را با توجه به زمان در یک وضعیت تعیین شده تغییر می‌دهد. این سنسورها حضور وسیله‌نقلیه و عبور وسیله را تشخیص می‌دهند. بنا براین آنها می‌توانند وسایل ساکن را نیز تشخیص داده و اندازه‌گیری مربوط به میزان اشغال راه، شمار وسایل نقلیه، سرعت و دسته‌بندی طول وسایل را تأمین کنند.

## سنسورهای مادون قرمز غیرفعال

سنسورهای مادون قرمز فعال و غیرفعال برای عملیات نظارت جریان ترافیک تولید می‌شوند. سنسورهای غیرفعال از خود هیچ انرژی ارسال نمی‌کنند بلکه انرژی را از دو منبع دریافت می‌کنند.

(۱) انرژی از وسایل نقلیه، رویه راه و سایر اشیا اطراف ساطع می‌شود.

(۲) انرژی از اتمسفر ساطع می‌شود و توسط وسایل نقلیه رویه راه و سایر اشیا اطراف منعکس می‌گردد.

سنسورهای مادون قرمز غیرفعال در بالا نصب می‌شوند تا رفت و آمد وسایل نقلیه را تحت نظر داشته باشند. همچنین می‌توانند در وضعیت دید از پهلو نصب شوند.

سنسورهای مادون قرمز برای حجم، سرعت، طبقه‌بندی و برای شناسایی پیاپی پیاپی در پیاده‌رو مورد استفاده قرار می‌گیرند. تصویر زیر سنسور مادون قرمز غیرفعال را نشان می‌دهد که برای شناسایی چندین ناحیه نصب شده است.

## سنسورهای فراصوتی

سنسورهای فراصوتی سنگینی انرژی صوت در فرکانس‌های بین ۲۵ تا ۵۰ کیلوهرتز را انتقال می‌دهند، که بالاتر از محدوده شنیداری انسان است. اغلب سنسورهای فراصوتی با امواج ضربانی راه‌اندازی می‌شوند و شمارش وسایل، حضور و اطلاعات فضای اشغال شده را می‌سازند.

امواج ضربانی مسافت را از سطح جاده و سطح وسیله با نمایان ساختن بخشی از انرژی ارسال شده که از نزدیکی سنسور ناحیه تعیین شده توسط اشعه‌های فرستنده منعکس شده است، اندازه‌گیری می‌کنند.

اگر مسافت بیشتر از آنچه باشد که سطح جاده اندازه‌گیری شده، سنسور این طور تفسیر می‌کند که اندازه‌گیری مربوط به حضور وسیله است. انرژی ضربانی ارسال شده بین دو رخداد اجازه می‌دهد سرعت وسیله از روی زمانی که وسیله هر اشعه را قطع می‌کند، محاسبه شود.

از آنجایی که هر اشعه مسافت معلومی دارد، سرعت از تقسیم مسافت مجزای اشعه به زمان قطع کردن آن محاسبه می‌شود.

نحوه قرارگیری دستگاه برای اندازه‌گیری محدوده به دو صورت است؛ یا سنسورهای فراصوتی از وضعیت بالای سر اطلاعات را دریافت می‌کنند و یا از نمای کناری. همانطور که در تصویر زیر نشان داده شده است.

سنسورهای فراصوتی با فرکانس ثابت که سرعت داپلر اصلی را اندازه‌گیری می‌کنند معمولاً ساختگی هستند، هرچند بسیار گرانتر از امواج ضربانی می‌باشند. سنسور فراصوتی که سرعت داپلر را اندازه می‌گیرد برای برقراری ارتباط با زیرساخت بزرگراه در ژاپن طراحی شده است.

## چگونگی عملکرد سیگنال‌های ترافیکی

چراغ‌های راهنمایی معمولاً برای تنظیم ترافیک زمان‌بندی می‌شوند. سیگنال‌ها به هر مسیری یک زمان سبز دوره‌ای تخصیص می‌دهد که مستقل از شرایط ترافیکی است. سیگنالی که عملکرد ترافیکی را تنظیم می‌کند از ترکیبی از سنسورها، شناساگرها، تایمرها استفاده می‌کند. مثلاً سنسور می‌تواند چراغ راهنمایی خیابان اصلی را سبز نگه دارد تا زمانی که در جهت دیگر وسیله‌ای نمایان شود.

شناساگرها می‌توانند تعداد وسیله‌ای که وارد تقاطع می‌شوند تنظیم کنند و همچنین فعال کردن چراغ سبز گردش به چپ وقتی که ماشین‌ها برای گردش به چپ وارد خط سمت چپ شده‌اند. به همین دلیل در بعضی تقاطع‌ها به نظر می‌رسد برای چراغ سبز مدت بیشتری باید منتظر ماند.

آیا تا به حال از خود پرسیده‌اید که چراغ راهنمایی چگونه تشخیص می‌دهد که شما در تقاطع حضور دارید؟ اکثر مردم فکر می‌کنند که سنسورها وزن وسیله‌ای را که روی آن ایستاده است شناسایی می‌کنند، در صورتی که در بیشتر موارد اینگونه نیست. انواع مختلف دستگاه‌ها برای شناسایی وسایل نقلیه وجود دارد از قبیل لیزر، دوربین، لوله پر از هوا، اما بیشترین کاربرد را حلقه‌های مغناطیسی دارند.

یک حلقه مغناطیسی شامل سیم‌پیچی است که در کف خیابان جاسازی شده است و مانند یک آهن‌ربا عمل می‌کند. وقتی ماشینی از روی حلقه عبور می‌کند یا روی آن می‌ایستد فلزات ماشین میدان مغناطیسی را تغییر می‌دهد، سیم‌پیچ این تغییر را دریافت می‌کند و به کنترلر سیگنال اعلام می‌کند که ماشینی وجود دارد.

در بعضی موارد حلقه در زیر آسفالت جاسازی می‌شود، برای این منظور یک شیار در آسفالت عرض خیابان را قطع می‌کند و سیم در آن با یک چسب مرکب محکم چسبیده می‌شود.

کنترلر سیگنال مغز سیستم سیگنال است و آن مجموعه ترافیک را کنترل می‌کند و به وسیله شناساگرها سرعت حرکت ترافیک را برای تطابق تقاضاها تنظیم می‌کند.

این دستگاه می‌تواند با دستگاه کنترلر دیگر تقاطع ارتباط برقرار کند و برای کارآمدتر کردن جریان ترافیکی در ساعات اوج ترافیک، می‌تواند برنامه‌ریزی شود.