

باسمه تعالی

## کنترل مکانیزه محدوده طرح ترافیک

گروه پژوهشی فناوری اطلاعات - جهاد دانشگاهی صنعتی شریف

حبیب رستمی

حمیدرضا عطائیان

[it@jdsharif.ac.ir](mailto:it@jdsharif.ac.ir)

### چکیده

کنترل تردد خودروهای شخصی در مناطق پر ازدحام شهری به روش‌های مرسوم کنونی و بر اساس مراقبت عوامل نیروی انتظامی، با مشکلات و نواقص متعددی همراه است. با استناد به برخی مطالعات اولیه در تعدادی از شهرهای بزرگ دنیا، به نظر می‌رسد که بهره‌برداری از فناوری‌های نوین ردیابی بتواند پاسخ مناسبی برای حل این مشکلات و رفع نیازهای مدیریتی کلان‌شهرها به منظور کنترل و کاهش حجم تردد خودروها باشد. کاربرد این نوع فناوری‌ها و ایجاد سامانه‌های خودکار که به داده‌ورزی عوامل انسانی وابسته نباشند، به شناخت کامل نیازهای شهروندان و آگاهی از اهداف و راهبردهای مدیریت امور شهری احتیاج دارد. در این مقاله با بررسی اهداف و سیاست‌های اولیه در مورد کنترل مکانیزه طرح ترافیک، اجزاء سامانه مناسب برای این منظور مورد بررسی قرار می‌گیرد و ضمن آن به مسئله اصلی انتخاب فناوری بخش جمع‌آوری داده‌ها از سطح معابر پرداخته می‌شود. به این منظور فناوری‌های مختلف در حوزه جمع‌آوری خودکار داده‌های ردیابی مورد مطالعه قرار گرفته و ویژگی‌های هر یک به لحاظ معایب و مزایا تشریح می‌گردد. در انتها، فناوری‌هایی که در موقعیت‌های آزمایش شده با نتایج بهتری همراه بوده‌اند معرفی می‌شوند.

### ۱- مقدمه

با رشد شهرنشینی و پیدایش شهرهای بزرگ و به جهت کاهش مسافت و دسترسی بهتر، اغلب مراکز دولتی و اقتصادی عموماً در مراکز شهرها مستقر شده‌اند. صرف‌نظر از اینکه دلیل فوق صحیح است یا نه، در حال حاضر چنین ساختاری وجود

دارد و تبعات آن مشکلات عدیده‌ای را در حوزه مدیریت امور شهری بوجود آورده است که از جمله مهمترین آنها می‌توان به افزایش تردد خودروها در مناطق مرکزی، کمبود فضاهای مناسب توقفگاهی در این مناطق، افزایش مصرف سوخت خودروها به دلیل راه‌بندان‌های طولانی و در نهایت آلودگی هوا و تهدید سلامت حسمی و روحی شهروندان اشاره نمود.

از اینرو تنظیم جریان تردد خودروها در محدوده مرکزی شهرها و جلوگیری از هرگونه راه‌بندان در این مناطق یکی از مسائل عمده در مدیریت حمل و نقل شهری بحساب می‌آید که برای حل آن راهکارهای مختلفی پیشنهاد می‌شود. یکی از روشهای حل این مسئله که هم‌اینک در بسیاری از شهرهای بزرگ خصوصاً پایتخت‌های جهان بکار گرفته می‌شود، اعمال محدودیت‌های رفت و آمد به مراکز شهر و یا معابر پر رفت و آمد است. شیوه دستی بکارگیری این روش که طی سالیان گذشته با نام طرح محدوده ترافیک در شهر تهران اجرا می‌شود، بر اساس مراقبت حضوری عوامل انتظامی و مأمورین مستقر در مبادی ورود به محدوده پایهریزی شده است و این عوامل موظف هستند از ورود خودروهای غیرمجاز به محدوده طرح جلوگیری نموده و مطابق مقررات با متخلفین برخورد نمایند. در این طرح بدون هیچ محدودیتی به خودروهای حمل و نقل عمومی و خودروهای امدادی اجازه ورود به داخل محدوده داده می‌شود. همچنین خودروهایی که دارای مجوز تردد باشند، می‌توانند با داشتن برچسب مخصوص وارد محدوده طرح شوند. بعلاوه، اساتید شاغل در دانشگاه‌های داخل محدوده، پزشکان، خودروهای مربوط به مؤسسات مطبوعاتی و سایر افراد حقیقی و حقوقی واجد شرایط نیز می‌توانند با پرداخت هزینه<sup>۱</sup> تعیین شده برای ورود به محدوده طرح، مجوز مزبور را دریافت نمایند. مجوزهای داده شده به شکل برچسب‌های قابل نصب بر روی شیشه خودرو در اختیار متقاضیان قرار می‌گیرد و از این طریق خودروهای مجاز به تردد در محدوده طرح توسط مأمورین انتظامی شناسایی می‌شوند.

اجرای دستی این نوع طرح‌ها با توجه به وسعت جغرافیایی محدوده‌های مورد نظر، تعدد معابر ورودی و تنوع محدودیت‌ها و همچنین بروز خطاهای انسانی به هنگام نظارت، به سادگی مقدر نبوده و با دشواری‌های خاص خود همراه است. لذا هم‌اینک در بعضی از شهرها بزرگ دنیا برای کاهش این دشواری‌ها برنامه‌هایی در دست مطالعه است تا طرح‌های جاری به شیوه‌های مکانیزه یا خودکار اجرا شوند که برای نمونه می‌توان به پروژه‌های مرتبط در شهرهای لندن، رم، جنوا، ادینبورگ، کپنهاگ و استکهلم اشاره نمود. این پروژه‌ها غالباً مراحل اجرای آزمایشی را پشت سر گذاشته و بنا به گفته طراحان و مسئولان آنها در بیشتر موارد با بازدهی مناسبی نیز همراه بوده‌اند.

نکته‌ای که در اینجا باید به آن توجه نمود این است که صرف مکانیزاسیون، بدون داشتن یک دید کلان‌نگر نمی‌تواند به بازدهی مطلوب در حوزه مدیریت حمل و نقل شهری بیانجامد. عوامل تأثیرگذار و تغییرات آنها برای طرحی مانند مکانیزاسیون نظارت بر

<sup>۱</sup> - Charge

محدوده طرح ترافیک به حدی گسترده است که بی‌توجهی به آنها در نهایت به ناکارآمدی سامانه طراحی شده منجر خواهد شد. از اینرو نیاز به تدوین طرحی است که ضمن توجه به اهداف درازمدت در مدیریت ترافیک شهری، راهبردهای نیل به اهداف مورد نظر را نیز شامل شود. راهبردها و سیاست‌های بکار گرفته شده در طرح موجبات انعطاف‌پذیری آن در برابر تغییرات آتی را فراهم آورده و در شرایط تغییر، لوازم کاهش هزینه‌های احتمالی و حفظ نتایج عملکردی را در اختیار طراحان و کاربران قرار می‌دهد. این تغییرات می‌توانند از جنبه‌های مختلف مانند مسائل اقتصادی، حقوقی، فنی، اجتماعی و زیست محیطی مطرح شوند که هر کدام به نوبه خود قابل بررسی هستند.

در این مقاله ابتدا اهداف، سیاستها و مشکلات ایجاد محدوده طرح ترافیک را از جنبه‌های مختلف مورد بررسی اجمالی قرار می‌دهیم و سپس به معرفی اجزاء سامانه مورد نیاز می‌پردازیم. در ادامه فناوری‌های موجود، نحوه پیاده‌سازی و ملاحظات انتخاب هر یک را بیان نموده، و در انتها به بررسی نمونه‌های انجام گرفته خواهیم پرداخت.

## ۲- اهداف

اهداف ایجاد طرح را می‌توان به اهداف اولیه و ثانویه تقسیم نمود. هدف اولیه ناشی از نیازهایی است که ایجاد طرح می‌تواند تا حدودی آنها را برآورده نماید، مانند کاهش حجم ترافیک و تسهیل در رفت و آمد به مناطق مرکزی شهر، ولیکن اهداف ثانویه ناشی از فرصت‌هایی است که اجرای طرح فراهم می‌آورد. رسیدن به هر کدام از این اهداف بنوبه خود می‌تواند منافی را در برداشته باشد که اجمالاً به آن پرداخته می‌شود.

### ۲-۱- اهداف اولیه

موفقیت در امور مدیریت حمل‌ونقل شهرهای بزرگ ایجاب می‌کند که محدودیت‌های ویژه‌ای برای عبور و مرور خودروهای شخصی در خیابان‌های مرکزی و معابر پر ازدحام وضع شوند. از اینرو کنترل تردد و جلوگیری از ورود خودروهای غیرمجاز به محدوده‌های تعیین شده و به تبع آن روان‌سازی حرکت وسایل نقلیه در سطح معابر موردنظر اهداف اولیه اجرای طرح را تشکیل می‌دهند.

### ۲-۲- اهداف ثانویه

با اجرای طرح محدودیت تردد خودروها در مناطق تعیین شده، فرصت‌ها و شرایطی بوجود می‌آید که بهره‌برداری از آنها می‌تواند به تحصیل منافع بعدی برای نظام اداره شهر منجر شود. در این میان موارد زیر به عنوان هدف‌های ثانویه طرح از اهمیت بیشتری برخوردار هستند:

الف- صرفه‌جویی در مصرف سوخت، کاهش استفاده از خودروهای شخصی که به الزام دولت برای افزایش ظرفیت ناوگان

حمل و نقل عمومی و در نتیجه تقلیل قابل توجه مصرف بنزین در کشور منجر خواهد شد.

ب- درآمدزایی، پیاده‌سازی طرح بطور معمول با هزینه‌های اجرایی خاصی همراه است که باید به تأمین منابع آن توجه شود. اخذ عوارض مناسب برای ورود شهروندان به محدوده طرح از جمله اهداف ثانویه‌ای است که با تحقق آن، ضمن تأمین هزینه‌های جاری طرح، یک منبع درآمد قابل اتکاء نیز برای توسعه خدمات حمل و نقل عمومی ایجاد می‌شود.

ج- افزایش بهره‌وری عمومی، با توجه به استقرار بسیاری از مراکز مهم دولتی و اقتصادی در مرکز شهر، تسهیل عبور و مرور خودروها در داخل محدوده طرح موجب افزایش کارایی سازمانها در ارائه خدمات جاری و در نتیجه افزایش بهره‌وری عمومی و بهبود اقتصاد شهر می‌شود.

د- بهبود شرایط زیست محیطی، بهبود وضعیت ترافیک و افزایش خدمات حمل و نقل عمومی باعث می‌شود فشارهای روانی ناشی از قرار گرفتن در راه‌بندان‌های طولانی تقلیل یافته و با کاهش آلودگی‌های مربوط به تردد حجم زیاد خودروها مانند آلودگی هوا و آلودگی‌های صوتی، موجبات افزایش ضریب ایمنی و سلامت عمومی جامعه فراهم می‌شود.

### ۳- سیاست‌ها و روشهای اجرای طرح

#### ۳-۱- سیاست‌ها

تعیین مناطق و لایه‌بندی کردن محدوده اجرای طرح ترافیک، تعیین ساعات و روزهای اعمال محدودیت‌ها، تعیین شرایط دریافت مجوزهای عبور و مرور و قیمت‌گذاری آن، نحوه انتخاب و استفاده از ابزارهای نظارتی، تعیین جرائم برای تخلفات احتمالی و ..... از جمله سیاست‌هایی هستند که برای ایجاد و مدیریت اجرای طرح باید مورد توجه قرار گیرند. انتخاب هر یک از سیاست‌های ذکر شده به دو عنصر اساسی:

الف- نحوه سفرهای شهروندان در محدوده طرح ترافیک و

ب- اهداف مدیریت شهری

وابسته است. بطور مثال اگر طرح ترافیک به دنبال کاهش طول سفرهای درون‌شهری برای نیل به اهداف کاهش مصرف بنزین و کاهش آلودگی هوا باشد، باید از راهکاری استفاده شود که هزینه‌های مجوز تردد در داخل محدوده را برحسب طول مسیر طی شده محاسبه نماید. در حالیکه اگر هدف از اجرای طرح کاهش ورود به مناطق مورد نظر به علت محدودیت ظرفیت معابر و مکانهای توقف (پارکینگ‌ها) باشد، لزوماً هزینه‌ها باید براساس ورود به محدوده دریافت شوند. [۱]

#### ۳-۲- روشهای اجرای طرح

چگونگی اجرای طرح بر اساس نحوه قیمت‌گذاری و چگونگی دریافت عوارض و همچنین با توجه به شبکه خیابان‌ها و معابر

اصلی شهر تعیین می‌شود. بطور کلی در این ارتباط روش‌های زیر مطرح هستند:

الف- روش مجوز ناحیه‌ای (Area license schemes)، در این روش عوارض دریافتی بر اساس استفاده و نگهداری خودرو در نواحی خاص که می‌توانند یکپارچه نباشند و در یک دوره زمانی معین محاسبه می‌شود. این روش در شهر لندن بکار گرفته شده است و خودروهای مجاز به تردد در داخل نواحی از طریق برچسب‌های قابل نصب بر روی شیشه‌های جلو و عقب مشخص می‌شوند.

ب- روش مجوز ورود (Entry permit schemes)، در این روش دریافت عوارض بر اساس ورود به یک ناحیه صورت می‌گیرد و خودروها در نقاط ورودی بر روی مرز ناحیه کنترل می‌شوند. این روش از سال ۱۹۷۵ تا ۱۹۹۸ در سنگاپور مورد استفاده قرار گرفته است.

ج- روش قیمت‌گذاری محدوده‌های تحت نظارت (Cordon charging schemes)، اکثر سامانه‌های الکترونیکی اخذ عوارض تردد خودرو بر مبنای این روش پیاده‌سازی می‌شوند. در این روش قابلیت تعریف محدوده‌های مختلف با قیمت‌های متفاوت وجود دارد و به ازای هر بار ورود و تردد در یک ناحیه، عوارض آن به صورت الکترونیکی از مبلغ پیش‌پرداخت شده توسط مالک خودرو کسر می‌شود.

د- روش قیمت‌گذاری بر مبنای مسافت طی شده (Distance base charging)، در این روش محاسبه هزینه و دریافت عوارض بر مبنای مقدار مسافت طی شده توسط خودرو در داخل محدوده طرح انجام می‌شود. این روش صرفاً از طریق سامانه‌های الکترونیکی و با بکارگیری ادوات ردیابی مانند برچسب‌های رادیویی و یا گیرنده‌های GPS بر روی خودروها قابل پیاده‌سازی است.

#### ۴- مشکلات احتمالی

مشکلات احتمالی اجرای طرح به دو بخش عمده تقسیم می‌شوند. بخشی از مشکلات ممکن است ناشی از تعیین سیاست‌های سخت و اتخاذ روش‌های نامناسب باشد و بخش دوم از عوارض ذاتی اجرای طرح است که عمدتاً عبارتند از:

۴-۱ - ایجاد محدودیت برای بعضی از مشاغل داخل محدوده،

۴-۲ - خطای نظارت و اعتبار سنجی مجوزها،

۴-۳ - عملکرد شخصی مأموران و چگونگی اعمال مقررات،

۴-۴ - کند بودن روش صدور مجوزها،

## ۵- فواید کنترل مکانیزه محدوده طرح ترافیک

همانطور که در بسیاری از کاربردها قابل مشاهده است، فواید کلی یک سامانه خودکار عبارتند از: الف- سرعت بخشی و انجام موثر فرآیندها، ب- امکان جمع آوری و پردازش داده‌ها بصورت ساخت یافته، ج- کاهش خطای عوامل انسانی. بر این اساس، استفاده از سامانه کنترل مکانیزه محدوده طرح ترافیک می‌تواند مزایای زیر را به همراه داشته باشد:

- امکان نظارت بر اجرا، کنترل تخلفات و جمع‌آوری اطلاعات با دقت و سرعت نسبی بیشتر برای کاهش خطای عوامل انسانی،
- امکان نگهداری، بازیابی و پردازش اطلاعات به منظور محاسبه سریع و نسبتاً دقیق هزینه‌ها به همراه ثبت و تحلیل سوابق،
- امکان تصمیم‌سازی برای مدیران از طریق پردازش و تحلیل آماری داده‌های ثبت شده،

## ۶- اجزاء سامانه کنترل مکانیزه محدوده طرح ترافیک

سامانه کنترل مکانیزه طرح ترافیک از سه بخش اصلی تشکیل می‌شود که عبارتند از:

۶-۱- بخش جمع‌آوری داده‌ها (ردیابی خودروها)، این بخش به شیوه‌های مختلف کار جمع‌آوری داده‌ها برای شناسایی خودروهای عبوری را انجام می‌دهد. برای انجام این وظیفه، فناوری‌های متعددی وجود دارد که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد.

۶-۲- بخش انتقال داده‌ها، داده‌های جمع‌آوری شده از سطح معابر توسط این بخش به بخش پردازش داده‌ها در ستاد مرکزی منتقل می‌شود. فناوری‌های مختلفی در این قسمت می‌تواند مورد استفاده واقع شود که از جمله آنها می‌توان به خدمات PSTN، ISDN، ADSL، GPRS و... اشاره نمود.

۶-۳- بخش پردازش، یک زیرسامانه نرم‌افزاری است که با بهره‌گیری از یک پایگاه داده برای ثبت داده‌های دریافت شده، اعتبارسنجی مجوزها و محاسبه عوارض را انجام می‌دهد و امور مدیریت سامانه و ارتباط با شهروندان را بعهده دارد.

## ۷- معرفی فناوری‌های جمع‌آوری و انتقال داده

فناوری مورد نیاز برای جمع‌آوری و انتقال داده‌های ردیابی در یک سامانه کنترل مکانیزه طرح ترافیک باید با ویژگی کاربرد خودکار از راه دور همراه باشد. در حوزه جمع‌آوری داده از راه دور روش‌های مختلفی وجود دارند که بعضی از آنها می‌توانند در سامانه مورد نظر بکار گرفته شوند. در اینجا به معرفی انواع فناوری‌های موجود در بخش جمع‌آوری خودکار داده‌ها و فناوری مورد نیاز آنها برای انتقال داده به همراه مزایا، مشکلات و انطباق آنها با اهداف سامانه می‌پردازیم. [۲]

## ۱-۷- فنآوری GPS<sup>۱</sup>

از این فنآوری برای تعیین موقعیت مکانی وسایل متحرک مانند کشتی، هواپیما، قطار و انواع خودرو استفاده می‌شود. فنآوری GPS امکان موقعیت‌یابی جغرافیایی بر روی تمام نقاط سطح زمین را توسط شبکه‌ای متشکل از ۲۴ ماهواره فراهم می‌کند. هر دستگاه قرائت‌گر GPS از طریق تبادل سیگنال با این ماهواره‌ها، طول و عرض جغرافیایی مکان استقرار خود را محاسبه می‌کند. برای انجام موفق این محاسبه نیاز به ارتباط با حداقل سه تا چهار ماهواره با دید مستقیم<sup>۲</sup> می‌باشد. دقت عمل تعیین موقعیت بوسیله GPS در شرایط مناسب بین ۱۵ تا ۳۰ متر است و در صورت استفاده از تجهیزات DGPS<sup>۳</sup>، این دقت به ۲ تا ۱۰ متر می‌رسد که البته این تجهیزات از تجهیزات عادی GPS گرانقیمت‌تر هستند.

**جمع‌آوری داده‌های GPS:** برای جمع‌آوری اطلاعات دریافتی گیرنده‌های GPS از سیستم‌های متفاوتی می‌توان استفاده کرد که متداول‌ترین آنها استفاده از شبکه تلفن همراه و خدمات SMS می‌باشد. در حال حاضر بسیاری از شرکت‌های تولید کننده تجهیزات GPS برای ردیابی وسایل نقلیه، واسط‌های GSM را نیز در کنار تجهیزات GPS تولیدی خود تعبیه کرده‌اند. [۳]

### مزایا:

- در شرایط آرمانی این سامانه امکان ردیابی خودروها را در فواصل کوتاه زمانی فراهم می‌کند. از اینرو می‌تواند در مدیریت امور ترافیک کل شهر مؤثر واقع شود.
- با تعیین موقعیت مکانی خودرو بوسیله گیرنده GPS و مخابره آن از طریق شبکه GSM، برای جمع‌آوری و ارسال اطلاعات ردیابی نیاز به نصب تجهیزات اضافی در سطح شهر وجود ندارد.

### مشکلات:

- امکان برخی تخلفات مانند عدم نصب و یا از کار انداختن تجهیزات نصب شده بر روی خودرو وجود دارد.
- برای عملکرد مناسب این تجهیزات لازم است که شرایط دید مستقیم با ماهواره‌های GPS فراهم باشد. با وجود ساختمانهای بلند، درختان و ... همواره امکان این دید وجود ندارد، از اینرو در بعضی از مکان‌ها، تعیین موقعیت دقیق امکان‌پذیر نخواهد بود. البته بعضی تجهیزات جایگزین وجود دارند که در شرایط عدم تحقق دید مستقیم می‌توانند موقعیت را از طریق جذب امواج انعکاسی تعیین کنند که البته در این شرایط خطای محاسبه افزایش می‌یابد.
- تجهیزات GPS عادی در بهترین شرایط، تخمین موقعیت مکانی را با خطای ۱۵ الی ۳۰ متر انجام می‌دهند. از اینرو برای موقعیت‌های شهری که امکان دید مستقیم نیز کم بوده و ردیابی در نواحی مرزی طرح مد نظر می‌باشد، حاشیه

<sup>1</sup> - Global Positioning System

<sup>2</sup> - Line of Sight

<sup>3</sup> - Differential GPS

بزرگی بعنوان نواحی غیر قابل تصمیم‌گیری برای سامانه ایجاد می‌شود که از آن به عنوان نواحی میانگیر<sup>۱</sup> یاد می‌شود. علاوه بر مشکل دید مستقیم، خطای تعیین موقعیت ناشی از عوامل اتمسفریک و خطای مدار چرخش ماهواره‌ها، تنظیمات زمانی GPS و پدیده SA<sup>۲</sup> نیز وجود دارد. پدیده SA ناشی از تغییر شدت انتشار ماهواره‌ها است که در اختیار وزارت دفاع آمریکا می‌باشد. هر چند این مورد طی دستورالعمل رئیس جمهوری آمریکا در سال ۲۰۰۰ منتفی شده است، لیکن بواسطه برخی مشکلات و پیش بینی‌های احتمالی که عمدتاً ناشی از حاکمیت انحصاری دولت آمریکا بر روی این شبکه می‌باشد، ضریب اطمینان بهره برداری سامانه های مبتنی بر GPS کاهش می‌یابد.

## ۷-۲- فناوری تلفن همراه (استاندارد GSM)

در فناوری تلفن همراه موقعیت سلولی هر تلفن توسط خدمات LBS<sup>۳</sup> قابل آشکارسازی است. در فناوری قدیمی تلفن همراه قطر هر سلول تقریباً ۱۰ کیلومتر بود که البته برای پوشش تعداد بیشتری از تلفن‌های همراه در یک محدوده، هر سلول به سلول‌هایی با قطر کوچکتر تقسیم می‌شد. با توسعه فناوری تلفن همراه، این توانایی وجود دارد که قطر سلول‌ها به اندازه تقریبی ۲۵ متر در روشهای میکروسول و پیکوسل تقسیم شوند. در نتیجه این فناوری توانایی ردیابی سیم‌کارتهای مشترکین را با دقت حدود ۲۵ متر خواهد داشت. از نظر دقت محاسبه و تخمین موقعیت، این فناوری نسبت به GPS در بهترین شرایط نتایج مشابهی را بدست می‌دهد. البته این فناوری نیز همانند GPS نیازهای مربوط به نواحی مرزی در محدوده طرح ترافیک را بخوبی برآورده نخواهد کرد. علیرغم مشکلات فوق این فناوری دارای جذابیت‌های بالقوه‌ای است که از جمله آنها می‌توان به انتقال دو طرفه پیام و داده اشاره نمود. بواسطه این توانایی، فناوری تلفن همراه نیاز به شبکه دیگری برای انتقال داده ندارد.

### مزایا:

- نیاز به دید مستقیم ندارد که بخودی خود بسیار مهم است.
- نیاز به تجهیزات جداگانه برای ارسال داده ندارد.
- توانایی ارسال و دریافت هر نوع پیام از بخش مرکزی مدیریت سامانه بخوبی فراهم است. این ویژگی قابلیت‌های مؤثری مانند امکان مشاهده میزان اعتبار باقیمانده و یا ارسال پیام‌های اضطراری به مرکز را ایجاد می‌کند.
- نیاز به نصب تجهیزات اضافی در سطح شهر ندارد.

### مشکلات:

- دشواری الزام شهروندان به تهیه و همراه داشتن سیم‌کارت تلفن همراه.

<sup>۱</sup> - Buffer Zone

<sup>۲</sup> - Selective Availability

<sup>۳</sup> - Location-Based Services



- عدم تضمین تداوم و پایداری خدمات شبکه تلفن همراه،
- دشواری هماهنگی و تبادل اطلاعات بین شرکت مخابرات و مرکز مدیریت سامانه،
- دشواری دسترسی به دقت لازم برای تعیین موقعیت خودروها (خطا در حدود ۲۰ - ۵۰ متر برای فناوری Pico Cell)،
- امکان تخلف عدم نصب تجهیزات از سوی برخی شهروندان،

### ۳-۷- فناوری ANPR<sup>۱</sup>

دوربین‌های تصویربرداری مدار بسته<sup>۲</sup> با یک پردازش تصویر مناسب می‌توانند امکان شناسایی پلاک خودروها را بصورت خودکار فراهم نمایند. این فناوری ANPR نامیده می‌شود. در حال حاضر در بعضی شهرهای بزرگ از این نوع دوربین‌ها برای مشاهده ترافیک سطح شهر استفاده می‌شود. در این وضعیت یک دوربین در هر لحظه تصویر تعداد زیادی خودرو را ضبط می‌کند. با توجه به اینکه در شیوه‌های موجود پردازش تصویر امکان تشخیص و شناسایی پلاک چندین خودرو درون یک تصویر بصورت همزمان امکان ندارد، از اینرو نیاز است دوربین‌ها بصورتی نصب شوند که در هر لحظه یک خط از مسیر خیابان را در قاب تصویر خود داشته باشند. اندازه این قاب باید به حدی باشد که حتی الامکان بیش از یک خودرو درون آن قرار نگیرد تا بیش از یک پلاک خودرو در ناحیه ضبط واقع نشود. این فناوری می‌تواند به دو شکل ارائه شود: اول آنکه دوربین مورد استفاده خود به صورت داخلی به این فناوری مجهز باشد، دوم آنکه این فناوری بصورت نرم‌افزاری و یا سخت‌افزاری (همزمان یا غیرهمزمان) در کنار دوربین‌های معمولی مدار بسته مورد استفاده قرار گیرد. [۲]

حجم داده‌های جمع‌آوری شده و سرعت انتقال آنها یکی از مسائل مهم در این فناوری به حساب می‌آید. در حالت پردازش غیر همزمان، تصویر ضبط شده پس از یک پردازش ساده و بدون شناسایی شماره پلاک خودرو به سامانه مرکزی انتقال می‌یابد و در آنجا برای استخراج شماره پلاک مورد پردازش کامل قرار می‌گیرد. حجم اطلاعات ارسالی در این حالت نسبت به پردازش همزمان (حالتی که پردازش کامل ابتدا در سامانه تصویربرداری انجام می‌شود) به مراتب بیشتر است و به یک روش انتقال داده با پهنای باند مناسب برای هر سامانه تصویربرداری نیاز خواهد بود. با تخمین ساده‌ای می‌توان دریافت که حجم داده انتقالی می‌تواند از حدود 40Kbit برای انتقال تصویر پلاک بصورت تک رنگ تا حدود 3Mbit برای تصویر کامل تک رنگ با قدرت تفکیک  $480 \times 640$  تغییر یابد.

در بعضی از شهرهایی که از روش ANPR استفاده نموده‌اند از خدمات ADSL برای انتقال داده استفاده شده است. البته در این ارتباط گزینه‌های زیر نیز برای کاهش حجم داده‌های قابل انتقال مطرح می‌باشند:

<sup>1</sup>- Automatic Plate Number Recognition

<sup>2</sup>- CCTV: Closed Circuit Television

- استفاده از سامانه‌های تصویر برداری با پردازش تصویر همزمان که حجم داده‌های انتقالی را بشدت کاهش می‌دهد.
- تصویربرداری دیجیتالی با فشرده سازی بدون تلفات که می‌تواند حجم داده‌ها را تا چندین برابر کاهش دهد.

#### مزایا:

- مهمترین مزیت این فناوری عدم نیاز به نصب تجهیزات خاص یا برچسب الکترونیکی درون خودروها می‌باشد که با صرفه عملیاتی و اقتصادی روشنی همراه است.

#### مشکلات

- سامانه‌های پردازش تصویر بطور ذاتی می‌توانند با برخی خطاهای محاسباتی همراه باشند و این خطاها معمولاً با ایجاد نویز، انعکاس نور، تضعیف یا تشدید نور محیط و خطاهای عمدی ایجاد می‌شوند که به این عوامل، عدم رعایت عبور از میان خطوط توسط برخی از رانندگان را نیز باید اضافه نمود. البته برای هر کدام از موارد فوق راه‌حلهایی وجود دارد، لیکن برطرف کردن هر کدام هزینه کاربرد سامانه را افزایش می‌دهد. بطور مثال دوربین‌های خاصی برای این فناوری طراحی شده‌اند که در دید مستقیم نور و یا سرعت زیاد خودرو نیز عمل می‌کنند و در مقابل نویز نیز نتایج خوبی را از خود نشان می‌دهند. علاوه بر این اگر نیاز به استفاده از این فناوری در نور کم یا هنگام شب مطرح باشد، استفاده از دوربین‌هایی با قابلیت شناسایی طیف مادون قرمز (IR)<sup>۱</sup> می‌تواند مد نظر قرار گیرد. همچنین برای جلوگیری از خطای عدم عبور از مسیرهای در نظر گرفته شده، بهتر است دوربین‌ها بنحوی تنظیم شوند که با یکدیگر همپوشانی لازم را داشته باشند. در این حالت ممکن است عبور یک خودرو توسط دو دوربین ثبت شود که این تکرار در نرم‌افزارهای تشخیصی سامانه حذف می‌گردد. در نهایت این خطای ذاتی می‌تواند به مقدار زیادی کاهش یابد اما مقدار آن خیلی به صفر نزدیک نمی‌شود. این خطا در سامانه مدیریت محدوده طرح ترافیک شهر جنوای ایتالیا تا ۰.۷٪ و در رم تا ۰.۲۶٪ به ثبت رسیده است. [۹]

#### ۴-۷- فناوری RFID<sup>۲</sup>

یکی از فناوری‌های نوین برای ردیابی خودکار اشیاء، فناوری شناسایی به کمک امواج رادیویی یا RFID می‌باشد. در این فناوری به شی مورد نظر یک برچسب<sup>۳</sup> الکترونیکی با شناسه منحصر بفرد تخصیص می‌یابد تا از طریق آن ردیابی شود. تجهیزاتی بنام قرائت‌گر<sup>۴</sup> با استفاده از امواج رادیویی می‌توانند شناسه برچسب را دریافت و آنرا مورد شناسایی قرار دهند. البته

<sup>۱</sup> - Infra Red

<sup>۲</sup> - Radio Frequency Identification

<sup>۳</sup> - Tag

<sup>۴</sup> - Reader

این فرایند تا فاصله معینی قابل انجام است و میزان برد آن وابسته به نوع برچسب می‌باشد. بطور معمول در فناوری RFID از دو نوع برچسب برای شناسائی و ردیابی استفاده می‌شود که عبارتند از برچسب‌های غیرفعال (Passive) و فعال (Active). تفاوت اصلی این دو برچسب این است که برچسب‌های فعال دارای باتری داخلی هستند و لذا برد کاری آنها بیشتر است و در برخی انواع موجود به ۱۰۰ متر می‌رسد، در حالیکه برچسب‌های غیرفعال فاقد باتری داخلی بوده و انرژی مصرفی آنها از طریق القاء الکترومغناطیسی توسط قرائت‌گر تأمین می‌شود و به این دلیل برد کاری آنها به مراتب کمتر و حداکثر ۶ متر است. طی چند سال گذشته این فناوری کاربردهای متنوع و گسترده‌ای در بسیاری از زمینه‌ها بویژه صنعت حمل و نقل پیدا کرده است. ردیابی خودروها و پرداخت خودکار عوارض دو نمونه بارز از کاربردهای اصلی در این صنعت به شمار می‌آیند. در حال حاضر گونه‌های عملیاتی شناخته شده‌ای از فناوری RFID به شکل قراردادهای ارتباطی مانند DSRC و Wi-Fi به مرحله کاربرد رسیده‌اند و برای آنها استانداردهای مشخص و تثبیت شده‌ای ارائه شده است. وجه تمایز این قراردادها با سایر گونه‌های قراردادی RFID این است که برای آنها طیف گسترده‌تری از کاربردهای صنعتی و خدماتی مطرح می‌باشد. با توجه به این موضوع در بخش حاضر به معرفی قرارداد متعارف RFID و مقایسه آن با گونه‌های فوق‌الذکر می‌پردازیم.

#### ۱-۴-۷ - فناوری متعارف RFID

فناوری RFID در شکل متعارف آن شامل قراردادهای ارتباطی متنوعی به غیر از DSRC و Wi-Fi می‌باشد که براساس یک استاندارد سراسری شکل نگرفته‌اند. این قراردادها اغلب توسط شرکت‌های سازنده تجهیزات RFID بصورت انحصاری ارائه و بکار گرفته می‌شوند.

همانطور که گفته شد بدلیل محدودیت برد کاری، برچسب‌های مورد استفاده در ردیابی خودروها بیشتر از نوع برچسب‌های فعال انتخاب می‌شوند. این برچسب‌ها از باند آزاد فرکانسی در محدوده‌های UHF و میکروویو که به باند ISM<sup>۱</sup> موسوم است برای تبادل داده استفاده می‌کنند. همچنین این برچسب‌ها دارای حافظه داخلی بوده و می‌توانند اطلاعاتی از خودرو نظیر شماره پلاک آن را در خود ذخیره نمایند.

در این فناوری برای جمع‌آوری اطلاعات علاوه بر بکارگیری شبکه‌ای از قرائت‌گرهای مستقر در سطح محدوده طرح، امکان استفاده از خدمات SMS نیز فراهم است و در صورت نیاز به تبادل داده با حجم زیاد، فناوری‌های ADSL<sup>۲</sup> و GPRS<sup>۳</sup> نیز می‌توانند بکار گرفته شوند.

<sup>۱</sup> - Industrial-Scientific-Medical

<sup>۲</sup> - Asymmetric Digital Subscriber Line

<sup>۳</sup> - General Packet Radio Service

**مزایا:**

- سوابق مناسب: استفاده از RFID در بسیاری از صنایع سابقه داشته است و عموماً استفاده از تجهیزات آن در شرایط مناسب عملیاتی با درصد بالایی از صحت و اطمینان همراه می‌باشد. از جمله این موارد می‌توان به مدیریت و نظارت بر خدمات بیمارستانی، زنجیره‌های تولید، پارکینگ‌های عمومی و ردیابی قطعات و محصولات تولیدی در کارخانجات بزرگ سازنده خودرو اشاره نمود.
- ارزان بودن نسبی برچسب‌ها: بدلائل اقتصادی و فنی از جمله سابقه بیشتر، تنوع محصولات و کاربردها و همچنین پیچیدگی عملیاتی کمتر نسبت به فناوری‌های DSRC و Wi-Fi، قیمت تمام شده برخی از برچسب‌های آن می‌تواند ارزانتر باشد.

**مشکلات:**

- عدم استانداردسازی نهایی قرارداد ارتباطی در حال حاضر ممکن است توسعه‌های بعدی سامانه را بر اساس فناوری‌های آتی با برخی محدودیت‌ها و مشکلات اجرایی به لحاظ یکپارچگی با زیربخش‌های جدید مواجه سازد.
- تخلفات رانندگان به شکل عدم نصب برچسب بر روی خودرو و یا اخلاف در کارایی آن بطوریکه به قطع تبادل امواج رادیویی منجر شود.

**۲-۴-۷ - فناوری DSRC<sup>۱</sup>**

این قرارداد برای ارائه خدمات مختلف به وسایل نقلیه طراحی شده است. هرچند طیف گسترده‌ای از خدمات در حوزه حمل و نقل برای این فناوری در نظر گرفته شده است، اما تاکنون معدودی از آنها مانند ردیابی خودرو به مرحله کاربرد عملیاتی رسیده‌اند. دقت این فناوری در سامانه‌های تجربه شده برای کنترل محدوده طرح ترافیک بسیار خوب و در حد ۹۹ درصد گزارش شده است. [۴ و ۵]

تنوع خدمات فناوری DSRC می‌تواند حجم داده‌های قابل تبادل آن را افزایش دهد و این داده‌ها بسیار بیشتر از آن چیزی است که برای شناسایی خودرو باید مبادله شوند. از اینرو در DSRC علاوه بر باند فرکانسی تخصیص یافته برای تعیین شناسایی موقعیت خودرو<sup>۲</sup> یعنی باند 902-928 MHz، از باند عریضتر 5.850-5.925 GHz در طیف مایکروویو نیز استفاده می‌کنند. برای استفاده از این طیف در اغلب کشورها محدودیتی وجود ندارد و معمولاً جزو باندهای آزاد محسوب می‌شود. بسته به انتخاب نوع خدمات در این فناوری، میزان پهنای باند مورد نیاز متفاوت خواهد بود. اگر سامانه بر اساس شناسایی

<sup>۱</sup> - Dedicated Short Range Communication

<sup>۲</sup> - Locationing and Monitoring Services

خودرو سازماندهی شود، حجم داده‌های تولیدی توسط DSRC کم خواهد بود و لذا می‌توان داده‌ها را با استفاده از خدمات SMS به بخش مرکزی سامانه منتقل کرد. اما در صورت استفاده از سایر خدمات متنوع DSRC، فناوری‌های دیگر انتقال داده همچون GPRS و ADSL باید مدنظر قرار گیرند.

#### مزایا:

فناوری DSRC یک فناوری در حال توسعه برای استفاده در صنعت خودرو می‌باشد که توسط چند شرکت مهم این صنعت در آمریکا، اروپا و ژاپن پشتیبانی می‌شود. در حال حاضر این فناوری در ابتدای مسیر تکاملی خود بسر می‌برد و بصورت عملیاتی برای خدمات محدودی مانند ردیابی خودروها توسعه یافته است. برنامه‌های توسعه آتی این فناوری طیف وسیعی از خدمات خودرویی را پوشش می‌دهد که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- خدمات ایمنی عمومی که طیف متنوعی از خدمات مانند اعلام شرایط مسیر، شناسایی علائم خودروهای امدادی برای تعیین اولویت عبور از چراغ‌های راهنمایی، اعلام وقوع تصادف، دستیار تعیین سرعت در نقاط حادثه‌خیز، اخطار ورود به تقاطع جاده با خط آهن و تبادل اطلاعات ترافیکی را شامل می‌شود.
- خدمات مالی مانند پرداخت عوارض بزرگراهی، پارکینگ و انواع هزینه‌های خدمات خودرویی،
- پهنای باند انتقال داده به میزان ۲۵ Mbps - ۶ در باند 5.850 GHz و 500Kbps در باند 902MHz،
- امکان ارتباط نقطه به نقطه: علاوه بر ارتباط برچسب با قرائت‌گر، این فن‌آوری امکان ارائه خدمات ارتباط نقطه به نقطه را نیز فراهم می‌سازد. در این شیوه برچسب خودروها می‌توانند اطلاعات خود را بدون واسطه مبادله نمایند. این در حالی است که در RFID متعارف فقط ارتباط برچسب با قرائت‌گر امکان پذیر می‌باشد. توانائی ارتباط نقطه به نقطه در فن‌آوری DSRC یکی از وجوه تمایز میان آن با قراردادهای معمول در RFID است.

#### مشکلات:

این فن‌آوری نیز می‌تواند همانند موارد قبل با مشکل عدم نصب برچسب بر روی خودروها از سوی رانندگان متخلف روبرو شود. البته در آینده استفاده از بعضی قابلیت‌های این فناوری مانع از کنار گذاشتن آن توسط راننده خواهد شد. در این قابلیت روشن شدن خودرو با فعال بودن سامانه DSRC و در نتیجه قابلیت ردیابی آن ارتباط خواهد داشت و لذا حذف آن امکان‌پذیر نخواهد بود.

#### ۳-۴-۷ - فن‌آوری Wi-Fi<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> - Wireless Fidelity

هر چند ما از فناوری Wi-Fi به عنوان یکی از انواع قراردادهای RFID در حوزه ردیابی رادیویی یاد کرده‌ایم، لیکن Wi-Fi خود می‌تواند یک فناوری مستقل شامل مجموعه‌ای از قراردادهای ارتباطی برای ایجاد شبکه‌های محلی بی‌سیم به حساب آید. یکی از قابلیت‌هایی که در این فناوری وجود دارد، ردیابی و تعیین موقعیت تجهیزات شبکه بی‌سیم است که بر مبنای این قرارداد تولید شده‌اند. البته باید توجه داشت که این قابلیت یک قابلیت فرعی برای این فناوری محسوب می‌شود و جزء اهداف ایجاد آن نبوده است. نکته حائز اهمیت در گرایش به Wi-Fi برای ردیابی، ویژگی منحصر بفرد آن در تعیین مختصات مکانی اشیاء بصورت برخط<sup>۱</sup> می‌باشد که در هیچ یک از فناوری‌های خانواده RFID وجود ندارد. از این قابلیت با عنوان سامانه تعیین موقعیت برخط<sup>۲</sup> یا به اختصار RTLS نام می‌برند. این قابلیت به کاربران سامانه ردیابی امکان می‌دهد که بصورت کاملاً برخط موقعیت اشیاء مورد نظر را تحت نظارت داشته باشند. [۶ و ۷]

از مجموع چهار قرارداد ارتباطی که تا بحال برای فناوری Wi-Fi توسط IEEE استاندارد شده است، دو قرارداد 802.11b و 802.11g برای ردیابی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. باند فرکانسی مورد استفاده در این دو قرارداد در محدوده فرکانس 2.4GHz قرار دارد که از باندهای آزاد محسوب می‌شود. ردیابی در این فناوری با دو شیوه قابل انجام است:

الف- با استفاده از تجهیزات معمول شبکه Wi-Fi، برای ایجاد شبکه‌های محلی بی‌سیم از تجهیزاتی بنام Access Point یا به اختصار AP استفاده می‌شود. در این روش برچسب‌های قرار گرفته در میدان دید AP مورد شناسایی قرار می‌گیرند. عمق یا شعاع این میدان دید متاثر از برد AP هاست که بطور معمول برای کاربردهای داخل ساختمان ۶۰ متر و برای کاربرد در فضاهای باز تا ۱۰۰ متر می‌باشد. بطور معمول برای تعیین موقعیت یک برچسب باید حداقل سه AP آن را مورد شناسایی همزمان قرار دهند که در این صورت موقعیت مکانی برچسب مورد نظر توسط سامانه نرم‌افزاری براحتی تا دقت ۱ متر قابل محاسبه خواهد بود. این محاسبه طبق الگوریتمی مبتنی بر تشخیص شدت انتشار علائم دریافتی یا به عبارتی اندازه‌گیری پارامتر RSSI<sup>۳</sup> و یا تاخیر زمانی انتشار TDOA<sup>۴</sup> انجام می‌شود.

ب- استفاده از تجهیزات خاص تشخیص عبور، با استفاده از این تجهیزات که به Trigger موسومند می‌توان برچسب‌های عبوری را از فاصله‌ای معین که بطور معمول حداکثر ۶ متر می‌باشد مورد شناسایی قرار داد. شیوه کار در این روش با عملکرد سایر تجهیزات ردیابی متداول در فناوری RFID مشابه می‌باشد.

همچون فناوری DSRC، در اینجا نیز می‌توان داده‌های ردیابی را از طریق ارسال پیام کوتاه و یا بر حسب مورد با استفاده از سایر خدمات شرکت مخابرات مانند خدمات ADSL و در آینده با امکانات GPRS به بخش مرکزی سامانه منتقل کرد.

<sup>1</sup> - Online

<sup>2</sup> - Real Time Location Systems

<sup>3</sup> - Receive Signal Strength Indicator

<sup>4</sup> - Time Difference Of Arrival

**مزایا:**

- این روش می‌تواند امکان شناسایی و تعیین موقعیت مکانی تعداد زیادی از خودروهای حامل برچسب‌های Wi-Fi را بطور همزمان فراهم کند.
- با توسعه سامانه و بکارگیری تجهیزات ویژه، امکان انتقال داده از بخش مرکزی سامانه به خودروهای حامل برچسب‌های مزبور فراهم خواهد شد. این داده‌ها می‌توانند شامل اطلاعات ترافیکی و انواع اطلاعات ضروری باشند.

**مشکلات**

- این فناوری نیز می‌تواند همانند موارد قبل با مشکل عدم نصب برچسب بر روی خودروها از سوی رانندگان متخلف روبرو شود.

**۸- سوابق اجرای پروژه‌های کنترل مکانیزه طرح ترافیک**

بدلیل جدید بودن موضوع استفاده از فناوری‌های نوین ردیابی در امور کنترل مکانیزه محدوده طرح ترافیک شهرها، گزارشات محدودی از سابقه طرح‌های عملیاتی در این زمینه موجود می‌باشد و بیشتر گزارشات مربوط به طرح‌های مطالعاتی است که برای شناسایی روش‌های پیاده‌سازی فناوری‌های مختلف به اجرا در آمده‌اند. در این قسمت به بررسی اجمالی چند طرح اجرا شده می‌پردازیم.

رویکرد بکارگیری سامانه‌های کنترل مکانیزه محدوده طرح ترافیک از آنجائی آغاز گردید که نتایج عملکرد سامانه‌های الکترونیکی اخذ عوارض در بعضی از کشورها مانند سنگاپور توانست توجه مدیران شهری را بخود جلب نماید. بعد از سال ۲۰۰۰ پروژه‌های مختلفی و عمدتاً با ماهیت مطالعاتی در این زمینه به اجرا گذاشته شده است که از جمله آنها می‌توان به پروژه‌های لندن، PROGRESS و استکهلم اشاره کرد.

**۸-۱ - پروژه لندن**

شهر لندن در زمره پیشگامان استفاده از فناوری‌های جدید برای نظارت بر محدوده طرح ترافیک به حساب می‌آید. اهداف اصلی پروژه لندن، کاهش ترافیک محدوده های پرتردد مرکز شهر، بهبود حمل و نقل عمومی و درآمدزائی برای ارائه خدمات مدیریت اعلام شده است. با اجرای این پروژه و ارزیابی مقایسه‌ای بین عملکرد فناوری‌های GPS، DSRC، ANPR و GSM در نواحی مرزی محدوده طرح ترافیک، فناوری ANPR به عنوان گزینه مطلوب در این شهر انتخاب گردید. [۲]

دلایل متعددی منجر به این انتخاب شده است. برای مثال در کاربرد فناوری GPS با مشکل عدم دقت مکانیابی خودروها در نواحی مرزی محدوده مواجه بوده‌اند. برای غلبه بر این مشکل پیشنهاد شده است در کنار نواحی مرزی محدوده طرح، نواحی

میانگیر ایجاد گردد تا اگر خودرو در این نواحی مورد شناسائی قرار گیرد عوارض مربوطه بطور قطعی برای آن ثبت نشود. با بررسی‌های صورت گرفته، عرض این نواحی بطور معمول در حدود ۶۰ متر و در بعضی نقاط قدیمی شهر بدلیل مشکل دید مستقیم تا ۲۵۰ متر تعیین شده است. این پهنا عملاً جغرافیای محدوده طرح را تحت تأثیر قرار داده و به ناکارآمدی نتایج پروژه می‌انجامیده است.

کنار گذاشتن GSM نیز بدلیل عدم دقت آن در تعیین موقعیت مکانی خودروها بوده است که در بهترین شرایط به ۲۵ متر می‌رسیده است. مشکل عمومی که در فناوری‌های DSRC، GSM و GPS به چشم می‌خورد، نیاز به قراردادن برچسب یا تجهیزات ردیابی در داخل خودروها است، که در صورت تخلف رانندگان و عدم نصب این ادوات بر روی خودروها، کارائی سامانه از میان خواهد رفت. مشکل دیگر نیاز به باتری در این ادوات می‌باشد که صحت عملکرد سامانه را به مخاطره می‌اندازد. البته مشکل اخیر ممکن است در آینده با توسعه واسط‌های استاندارد تغذیه الکتریکی در خودروها بر طرف شود. خصوصاً در مورد DSRC که هم اینک کنسرسیومی از سازنده‌های بزرگ خودرو در حال بررسی نحوه استفاده از آن در خودروهای تولیدی خود هستند.

استفاده از فناوری ANPR به تنهایی مشکلات فوق را به همراه ندارد، اما با یک خطای محدود محاسباتی مواجه می‌باشد که مقدار آن در این پروژه ۲ تا ۴ درصد ارزیابی شده است (هر چند گزارشهای دیگر خصوصاً در پروژه PROGRESS این مقدار را بیشتر نشان می‌دهند). یکی از نتایج بدست آمده از پروژه لندن این است که برای کاهش میزان خطا باید از افزونگی کاربرد سایر فناوری‌های ردیابی استفاده شود. استفاده از فناوری ANPR بعنوان فناوری مکمل در کنار فناوری‌هایی که نیاز به برچسب الکترونیکی یا رادیویی دارند می‌تواند به کاهش خطای احتمالی ناشی از تخلفات رانندگان در عدم نصب برچسب‌های مزبور منجر شود.

## ۲-۸- پروژۀ PROGRESS

بزرگترین پروژه در زمینه کنترل مکانیزه محدوده طرح ترافیک پروژه PROGRESS<sup>۱</sup> می‌باشد که از طرف اتحادیه اروپا در چند شهر اروپائی مانند کپنهاگ، هلسینکی، جنوا، گوتنبرگ و . . . به اجرا گذاشته شده است. هدف از اجرای این پروژه بررسی توانایی فناوری‌های مختلف به منظور کنترل مکانیزه محدوده طرح ترافیک می‌باشد. در این پروژه از فناوری‌های GPS، DSRC، ANPR و IR استفاده شده و ماحصل آن نتایج قابل توجهی را در بر داشته است که از جمله آنها می‌توان به عملکرد مناسب DSRC و خطای نسبتاً زیاد فناوری GPS در مقابل DSRC اشاره کرد. البته اگر به دنبال دریافت هزینه برمبنای "مسیر طی شده در داخل محدوده طرح" باشیم و یا عوارض برمبنای چند لایگی محدوده محاسبه شود، در آنصورت

<sup>۱</sup> - Pricing ROad use for Greater Responsibility, Efficiency and Sustainability in cities



استفاده از GPS راه حل مناسبتری می باشد چراکه ANPR و DSRC برای اعمال سیاستهای یاد شده نیاز به نصب تجهیزات فراوانی در سطح محدوده طرح خواهند داشت. نکته مهم در مورد فناوری GPS این است که برای جبران خطاها و دقت بیشتر آن نیاز به استفاده از روشهای جدیدتر DGPS می باشد که البته گران بودن تجهیزات این روشها فعلا مانع از استفاده عمومی آن می شود. [۸ و ۹]

فناوری ANPR نیز بواسطه عدم نیاز به نصب تجهیزات ردیابی در داخل خودرو، فناوری مناسبی محسوب می شود، لیکن خطاهای تشخیصی پلاک و شناسایی خودرو باید در سامانه لحاظ شود، این خطا برخلاف پروژه لندن بین ۷ تا ۱۰ درصد در جنوای ایتالیا به ثبت رسیده است. نکته مهم در شهرهایی مانند تهران این است که عدم رعایت قوانین رانندگی مانند الزام عبور از میان خطوط راهنمایی می تواند مشکلات مختلفی را در زمان تصویر برداری ایجاد کند که استفاده از آن را در شرایط فعلی بسیار مشکل می نماید. در شهر رم بکارگیری این فناوری در کنار DSRC نتایج بسیار مطلوبی را به همراه داشته است. در مجموع نتایج حاصل از پروژه PROGRESS نشان می دهد که DSRC فناوری قابل اعتمادی است لیکن احتمال بروز خطا در نتایج آن بواسطه تخلف عوامل انسانی منتفی نیست، برای تشخیص و رفع این نوع خطاها می توان از افزونگی ANPR بعنوان فناوری مکمل استفاده نمود.

### ۳-۸ - پروژه استکهلم

پروژه تعیین محدوده طرح ترافیک و مدیریت مکانیزه آن در شهر استکهلم در ابتدای سال ۲۰۰۶ آغاز گردید. این پروژه بر مبنای مطالعات انجام گرفته از سال ۲۰۰۲ به مرحله اجرا درآمده و اهداف آن روان سازی ترافیک شهر استکهلم و بهبود حمل و نقل عمومی در این شهر عنوان شده است. [۱۰]

پس از بررسی و ارزیابی های دقیق و اعلام نتایج پروژه، و براساس سیاستهای اتخاذ شده از سوی مدیریت شهری استکهلم، میزان رضایت مندی شهروندان پس از هفت ماه اجرای آزمایشی پروژه و دریافت نظر ایشان در مورد ادامه پروژه به رای گیری عمومی گذاشته شده است. در این پروژه از دو فناوری ANPR و RFID بصورت همزمان استفاده گردیده و سامانه مکانیزه آن توسط شرکت IBM پیاده سازی شده است. دلیل استفاده همزمان از این دو فناوری احتمالا سوابق خوب ترکیب آنها در پروژه PROGRESS می باشد. ارزیابی های انجام گرفته در چند ماه اول اجرای پروژه، نشان دهنده کاهش ۲۷ درصدی ترافیک در محدوده طرح بوده است. البته همزمان در مناطق حاشیه طرح مقداری افزایش ترافیک گزارش شده است. آراء عمومی راجع به ارزیابی نتایج اجرای پروژه در جولای سال ۲۰۰۶ تمایل نسبی شهروندان استکهلم را به ادامه آن نشان می دهد. اما در حال حاضر اجرای این پروژه بمنظور ارزیابی بهتر و بازنگری سیاستها متوقف شده است و بر اساس اطلاعات موجود در نیمه دوم سال ۲۰۰۷ مجددا به اجرا در خواهد آمد.

## ۹- اشاره به برخی پروژه‌های مرتبط

همانطور که دیده شد پروژه های انجام گرفته در حوزه مکانیزاسیون کنترل طرح ترافیک، ارتباط تنگاتنگی با فناوری‌های ردیابی خصوصاً ردیابی خودروها دارند. در حال حاضر علاوه بر پروژه‌های کنترل مکانیزه محدوده طرح ترافیک پروژه‌های دیگری نیز در حوزه ردیابی در حال اجرا هستند که تجارب آنها می‌تواند در آینده راهگشا باشد. از جمله این پروژه‌ها می‌توان به پروژه پلاک الکترونیکی در انگلیس و ردیابی خودروها در محوطه کارخانه‌های بزرگ تولید کننده خودرو اشاره نمود.

### ۹-۱- پروژه پلاک الکترونیکی

پلاک الکترونیکی یا e-Plate از فناوری پیشرفته RFID بهره می‌برد. در این پروژه در لایه میانی پلاک‌های شماره‌گذاری خودروها یک تراشه الکترونیکی نصب می‌شود که همانند برچسب رادیویی عمل می‌کند. این تراشه دارای یک شناسه یکتاست و آن را مرتباً برای محیط اطراف خود ارسال می‌نماید. با نصب تجهیزات لازم شامل یک آنتن و یک قرائت‌گر در محل‌های دلخواه، می‌توان بطور خودکار بر تردد خودروها نظارت نمود. به این ترتیب تمام خودروهایی که از محل نصب تجهیزات عبور کنند، تشخیص داده می‌شوند و اطلاعات آنها شامل شماره شناسایی و زمان عبور در یک سامانه رایانه‌ای و بانک اطلاعات مرکزی ذخیره می‌شود. [۱۱]

توانائی ارتباط از راه دور امکانات زیادی را برای صاحب خودرو، ماموران انتظامی و سایر عوامل دست‌اندرکار فراهم می‌کند که برای مثال می‌توان به مواردی مانند ردیابی خودروهای مسروقه، اعتبار سنجی پلاک‌ها، اخذ عوارض و کنترل سرعت در بزرگراه‌ها اشاره نمود. همچنین قابلیت‌های دیگری نیز با توسعه فناوری RFID وجود دارد که امکان هوشمند سازی کنترل ترافیک تقاطع‌ها و مسیرهای مختلف از جمله آنهاست. در واقع استفاده از پلاک الکترونیکی می‌تواند امکان جمع‌سازی بسیاری از خدمات ترافیکی و خودرویی را در یک جا فراهم نماید. در ادامه به برخی از مزایای استفاده از پلاک الکترونیکی بطور فهرست‌وار اشاره می‌شود:

- تغییرات جوی، کثیف بودن پلاک و یا سرعت خودروی در حال حرکت بر عملکرد آن خللی ایجاد نمی‌کند. توجه شود که این عوامل کارکرد دوربین‌های کنترل سرعت و تصویربرداری را با مشکل مواجه ساخته یا مختل می‌کنند.
- با استفاده از این پلاک‌ها امکان شناسایی خودرو از فاصله ۱۰۰ متری فراهم خواهد بود.
- برای شناسایی خودروهای عبوری با استفاده از این پلاک‌ها نیاز به دید مستقیم وجود ندارد.
- در صورتی که پلاک از بدنه خودرو جدا شود دیگر عمل نمی‌کند و بنابراین نمی‌توان آن را از خودرویی جدا کرده و بر روی یک خودروی دیگر نصب نمود.
- با استفاده از تجهیزات اضافی در محل نصب قرائت‌گر، امکان تعیین سرعت خودروهای عبوری وجود دارد.

- نیروهای انتظامی براحتی می‌توانند با استفاده از قرائت‌گرهای دستی و از فاصله دور هویت خودروهای مشکوک را بررسی نمایند.
- حتی در صورت دست‌کاری ظاهری پلاک خودرو، شماره شناسه تراشه الکترونیکی، تقلبی بودن پلاک را افشاء می‌کند.

## ۹-۲ - ردیابی خودروها در کارخانه‌های تولید کننده خودرو

یکی از مسائلی که کارخانجات سازنده خودرو با آن مواجه هستند دشواری اعمال مدیریت بهینه در امور تحویل‌دهی خودروهای تولیدی به مشتریان است. راه حلی که طی چند سال گذشته توسط این کارخانه‌ها مورد توجه قرار گرفته است استفاده از فناوری RFID برای ردیابی و مکانیابی خودروها می‌باشد. در حال حاضر شرکت‌های فورد، ب.ام.و، فولکس واگن و در ایران نیز شرکت ایران خودرو پروژه‌هایی را در این زمینه به اجرا گذاشته‌اند که از این میان شرکت‌های فورد و ب.ام.و از فناوری Wi-Fi با قابلیت RTLS برای نظارت مداوم موقعیت خودروهای تولیدی خود استفاده نموده‌اند. این رویکرد توسط بسیاری از سازندگان خودرو این تصور را قوت می‌بخشد که ویژگی‌های مد نظر ایشان در فناوری DSRC می‌تواند با امکان RTLS در فناوری Wi-Fi جمع شده و در آینده قابلیت‌های بسیار ویژه‌ای را برای سامانه‌های ردیابی خودرو به همراه داشته باشد.

## ۱۰ - نتیجه‌گیری

یک سامانه مکانیزه کنترل محدوده طرح ترافیک از سه بخش عمده جمع‌آوری، انتقال و پردازش داده‌های ردیابی تشکیل می‌شود. عمده چالش پیش رو در این سامانه، فنآوری بکار رفته در بخش جمع‌آوری داده‌ها است. تعیین سیاست‌ها و روش اجرای کنترل محدوده طرح ترافیک از جمله عوامل تعیین کننده در انتخاب نوع این فنآوری محسوب می‌شوند. فنآوری‌های ANPR، DSRC، RFID و Wi-Fi، خصوصاً استفاده ترکیبی از سه فناوری اخیر همراه با ANPR می‌توانند سامانه نظارتی مناسبی را بر اساس سیاست نظارت بر حاشیه محدوده طرح ترافیک فراهم نمایند. فنآوری GPS با در نظر گرفتن تخمین‌های آن در حال حاضر می‌تواند برای سیاست محدوده چندلایه یا تعیین هزینه براساس مسافت طی شده تا حدودی ملاک عمل قرار گیرد، هر چند که نیاز به بهسازی آن کاملاً احساس می‌شود. مزیت عدم نیاز به دید مستقیم فنآوری تلفن همراه با استفاده از امکانات پیکوسل نتایج بهتری را نسبت به GPS فراهم نمی‌کند، لیکن ممکن است در آینده نزدیک شرایط مناسبی را برای ردیابی ایجاد نماید. برای اعمال سیاست‌های چند لایه، علیرغم آنکه به حجم زیادی از تجهیزات Wi-Fi برای پوشش بی‌سیم محدوده طرح نیاز خواهد بود، اما این فنآوری نیز به دلیل توانمندی انتقال حجم زیاد داده می‌تواند برای کاربردهای آینده و ارائه خدمات اطلاع رسانی دو طرفه کاملاً مورد توجه باشد.



## ۱۱ - منابع و مراجع

- [http://www.efkon.com/index.pl/congestion\\_charging](http://www.efkon.com/index.pl/congestion_charging) -۱
- London Congestion Charging Technology Trials Stage 1 Report. Version 1.0 February 2005* -۲  
[www.tfl.gov.uk/tfl/downloads/pdf/congestion-charging/technology-trials.pdf](http://www.tfl.gov.uk/tfl/downloads/pdf/congestion-charging/technology-trials.pdf)
- Spring Technology Workshop. June 11-14, 2005 Edinburgh, Scotland. Innovations in ETC Hardware. -۳  
[www.ibtta.org/files/PDFs/Bulow\\_Urban.pdf](http://www.ibtta.org/files/PDFs/Bulow_Urban.pdf)
- <http://www.leearmstrong.com/> -۴
- <http://www.dailywireless.org/modules.php?name=News&file=print&sid=2815> -۵
- <http://www.wherenet.com> -۶
- <http://www.vivato.com/downloads/Marine%20Deploy.pdf> -۷
- Congestion Pricing Technologies: Synthesis and an Evaluation Framework, 2004. -۸  
Satish V Ukkusuri , Ampol Karoonsoontawong , S Travis Waller , Kara M Kockelman  
[www.ce.utexas.edu/prof/kockelman/public\\_html/TRB05CPtecheval.pdf](http://www.ce.utexas.edu/prof/kockelman/public_html/TRB05CPtecheval.pdf)
- PROGRESS Project 2000-CM.10390, Version 1.0, July 2004. -۹  
Pricing ROad use for Greater Responsibility, Efficiency and Sustainability in cities  
Bristol . Copenhagen . Edinburgh . Genoa . Gothenburg . Helsinki . Rome . Trondheim  
[www.progress-project.org/Progress/pdf/Summary%20D6.pdf](http://www.progress-project.org/Progress/pdf/Summary%20D6.pdf)
- Facts and results from the Stockholm Trials, First version – June 2006 -۱۰  
Congestion charge secretariat, City of Stockholm  
Muriel Beser Hugosson, Ann Sjöberg  
<http://www.stockholmsforsoket.se/>
- <http://www.e-plate.com/> -۱۱