



## ارائه ساختاری جهت مدیریت فضاهای پارکینگ خیابانی با رویکرد کاهش هزینه‌های عملیاتی

مجید پورافشار<sup>(۱)</sup> – عاطفه محمدی<sup>(۲)</sup>

(۱) گروه مهندسی کامپیوتر، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

majidpourafshar@gmail.com

(۲) گروه مهندسی کامپیوتر، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

mohammadi289@yahoo.com

**خلاصه:** با افزایش روز افزون وسایل نقلیه در سطح جهانی، بطور طبیعی اولین چالشی که می‌توان پیش روی دارندگان خودروها متصور بود، کفایت و مطلوبیت امکانات پارکینگ شهری می‌باشد. تا کنون برای کاهش زمان جستجوی محل پارک مناسب در حاشیه خیابان‌ها و بویژه در اطراف مراکز پرتردد در مرکز شهرها مانند مراکز خرید و غیره تلاش‌های متعددی صورت گرفته است. اما میزان موفقیت این تلاش‌ها گاهی نیازمند وجود زیرساخت‌هایی از پیش پیاده‌سازی شده است. بعضی از آنها نیازمند تجهیزات ثابت کنار خیابانی بوده و برخی متکی بر نصب نرم افزار در تلفن همراه فرد راننده و برخی دیگر نیز با پردازش بلادرنگ داده‌ها در یک پایگاه داده مرکزی سبب تولید گلوگاهی در شبکه شده‌اند. لذا در این پژوهش تلاش شده است با معرفی یک پروتکل جدید بنام پارک یاب از ایجاد گلوگاه خودداری نموده و اطلاعات آن با تاخیر زمانی به پایگاه داده مرکزی شهر ارسال گردد که از این طریق عملیات نظارت، کنترل و تصمیم‌گیری مدیریت شهری نیز میسر خواهد بود. نتایج شبیه‌سازی صورت گرفته با استفاده از نرم افزار NS-2 نشان از برتری آن به میزان ۸,۹۱ میلی ثانیه در شاخص زمان جستجو و ۷,۸۲ متر در شاخص فاصله پیاده روی تا مقصد نهایی دارد.

**کلمات کلیدی:** پارکینگ خیابانی، پارک‌یاب، شبکه بین خودرویی، کنترل ترافیک.

### ۱ – مقدمه

شده‌اند [۱]. با افزایش روزافزون وسایل نقلیه در سطح جهانی و با توجه به آمارهای فوق، بطور طبیعی اولین چالشی که می‌توان پیش‌روی دارندگان خودروها متصور بود، کفایت و مطلوبیت امکانات پارکینگ شهری می‌باشد [۲]. آمارهای تکان دهنده فوق به وضوح نشان می‌دهد که سهم قابل توجهی از آلودگی‌های زیست محیطی در جهان متعلق به ترافیک ناشی از جستجوی محل پارک می‌باشد. این حقایق پژوهشگران مختلفی را برآن داشت تا تلاش‌های گسترده‌ای در راستای حل این مشکل آغاز نمایند. این پژوهشگران تلاش کرده‌اند از طریق کاهش زمان جستجوی محل پارک به کاهش گشت زنی‌های اضافی خودروها و

تحقیقات نشان می‌دهد که هر خودرو ۹۵ درصد از عمر خود را در وضعیت پارک سپری و تنها ۵ درصد آن را در جاده صرف می‌کند. بطور مثال به استناد تحقیقات صورت گرفته توسط "موسسه ملی مسافرت انگلستان"<sup>۱</sup> متوسط استفاده از هر خودرو در سال ۲۰۱۴ در این کشور تنها ۳۶۱ ساعت گزارش شده است. و نتیجتاً این خودروها حدود ۸۴۰۴ ساعت را در پارک بوده‌اند. اکنون سوال اساسی می‌تواند این باشد که این خودروها در این مدت طولانی دقیقاً کجا پارک

<sup>1</sup>British National Travel

در نتیجه پیامدهای ناشی از آن کمک کنند[۳].

اطلاعات خود را در شعاع حدود ۱۰۰۰ متری اطراف خود حداکثر برد DSRC منتشر می‌کند و نودهای تحت الشعاع، این اطلاعات را دریافت و به نو به خود آنها را باز پخش می‌کنند و بدین ترتیب اطلاعات ظرف چند تکرار در کل شبکه منتشر می‌شوند. بنابراین هر کدام از نودها هم در جمع‌آوری اطلاعات و هم در توزیع آنها میان نودهای اطراف، نقش خواهند داشت و به این ترتیب سیستم قائم به فرد یا سرویس خاصی نخواهد بود[۹].

## ۲- معرفی پروتکل پیشنهادی

هدف از این مقاله، معرفی یک رویکرد تشریک مساعی در یک شبکه خودسازمان‌ده میان خودروهاست که ما آن را پارک‌یاب<sup>۲</sup> نامیده‌ایم. پارک‌یاب به رانندگان کمک می‌کند، محل پارک مورد نظر خود را در حاشیه خیابان‌های شلوغ و پرتدد امروزی بویژه در مراکز شهرهای پرجمعیت، اطراف مراکز خرید و در کل، جاهایی که تقاضا برای محل پارک بیش از میزان عرضه است به روشی موثرتر نسبت به حالت عدم استفاده از آن یافته و رزرو نمایند. پارک‌یاب یک روش توزیع شده و غیرمتمرکز و مبتنی بر عامل بوده که از ارتباطات رادیویی برد کوتاه بهره می‌برد. عامل‌ها درون خودروها نصب شده‌اند و امکان گفتگو میان خودروها را فراهم می‌آورند و از این طریق خودروها می‌توانند محل‌های پارک مجاز و خالی را به یکدیگر پیشنهاد داده و به کاهش مدت زمان جستجو و در نتیجه عوارض ناشی از گشت زنی‌های غیر ضروری کمک کنند[۱۰]. در شکل (۱) نمایی از رابط کاربری سیستم پارک‌یاب نشان داده شده است.



شکل ۱: نمایی از رابط کاربری سیستم پارک‌یاب

در پارک‌یاب فرض بر این است که کلیه محل‌های مجاز برای پارک در حاشیه خیابان‌های سطح شهر، قبلاً خط‌کشی شده و موقعیت مکانی هر یک از آنها محاسبه و به هر کدام یک شناسه عددی منحصر بفرد اختصاص یافته است. شناسه مربوطه درون خود آن محل نوشته شده و

در طی سال‌های گذشته مطالعات زیادی درخصوص کاهش زمان جستجو در فرآیند گشت زنی برای پارک انجام شده است از جمله در سال ۲۰۰۹ و در ایالت سانفرانسیسکو آمریکا، پروژه ای بنام اساف پارک پیاده‌سازی شد که در آن حدود ۶۰۰۰ محل پارک خیابانی سنسور گذاری شد و هزینه تمام شده کل پروژه قریب به ۲۳ میلیون دلار شد که به نظر گران می‌آمد[۴]. یکسال بعد یعنی سال ۲۰۱۰ پروژه دیگری بنام پارک نت به اجرا درآمد و این بار ضمن حذف زیر ساخت ثابت کنار خیابان، سنسورهای اولتراسونیک روی درب‌های خودروها تعبیه شد. اما باز هم تجهیز هر ماشین به سنسورهای اولتراسونیک هزینه‌ای معادل ۴۰۰ دلار به‌همراه داشت و همچنین در این سیستم رانندگان بصورت دستی جاهای پارک خالی را به یکدیگر پیشنهاد می‌کردند[۵]. در سال ۲۰۱۲ سیستم فون پارک معرفی شد که در آن عملیات پارک و تخلیه پارک به کمک سنسورهای موجود در تلفن همراه راننده تشخیص و اطلاعات این رویدادها از طریق یک نرم افزار روی تلفن همراه و با استفاده از بستر اینترنت با پایگاه داده مرکزی مبادله می‌شد. در این روش میزان موفقیت کار ارتباط تنگاتنگی با ضریب نفوذ نرم‌افزار در میان کاربران داشته و همچنین پردازش بلادرنگ داده‌ها در یک دیتابیس مرکزی خود می‌تواند گلوگاهی برای سیستم بحساب بیاید[۶].

در سال ۲۰۱۳ آقای تورجر جیبون و همکارانش سیستمی را تحت عنوان اینتلیجنت پارکینگ اسیست را معرفی نمودند که می‌توانست با توجه به رفتار و عادات و علاقمندی‌های راننده در ساعات مختلف شبانه روز به الگویی برای منطقه مورد نظر برسد. این سیستم از GPS برای تعیین موقعیت خودرو استفاده می‌کرد[۷]. در آپریل ۲۰۱۵ آقای انتاسرون، مایتینزو و ندرهیدن در مقاله‌ای اثر تامین اطلاعات صعودی در حالت ارتباطات بین‌خودرویی V2V و حالت ارتباط خودرو با زیر ساخت V2I بر پارکینگ شهری را با هم مقایسه کردند تا ببینند در مقایسه با حالت عادی (عدم استفاده از فناوری‌های فوق) و در مقایسه با همدیگر وضعیت پارامترهایی مانند زمان جستجو، فاصله پیاده روی، نرخ نفوذ و سطح اشغال به چه شکل در خواهد آمد. نتایج کار این گروه نشان می‌دهد که زمان جستجوی ماشین‌های V2V در مقایسه با ماشین‌های عادی عملکرد بهتری داشته اما کم‌کم با افزایش ضریب نفوذ ماشین‌های مجهز به V2V و بویژه در نسبت ۶۰٪ به بالا در محیط، اوضاع به نفع ماشین‌های مجهز به V2V پیش می‌رود[۸].

گروه اخیر بار دیگر و در سال ۲۰۱۶ به مطالعه خود ادامه می‌دهد و به کمک نمونه شبیه‌سازی بر اساس عامل هوشمند، تاثیر بالقوه ارتباطات V2V را بر کاهش زمان گشت زنی پارک تحت شرایط ناهمگون مورد مطالعه قرار می‌دهد. در اینجا بر خاصیت توزیع صعودی اطلاعات در شبکه‌های و نت تاکید و بخوبی از آن استفاده شد. به گفته آنها توزیع اطلاعات توسط نودهای عضو شبکه و نت بصورت صعودی است و نه بصورت متمرکز. و این به آن معنا است که هر یک از نودها،

<sup>2</sup>Parking Locator

متقاضیان محل پارک، خودروهای پارک شده و همچنین خودروهای در حال عبور از محل می‌باشند.

در این حالت که شامل کلیه خودروها می‌باشد، هیچگونه پیامی تولید نمی‌کنند بلکه تنها اقدام به پردازش، ذخیره‌سازی و در شرایط خاصی بازپخش پیام‌های دریافت شده از اطراف می‌نمایند که برای پردازش پیام‌های دریافتی از الگوریتمی بنام الگوریتم دریافت پیام استفاده می‌کنند. کلیه پیام‌های صادره از خودروها در شعاعی معادل حداکثر برد فناوری DSRC در اطراف خودروی صادر کننده پیام که در جدیدترین نسخه آن معادل ۱۰۰۰ متر است پرتاب می‌شوند. خودروها، بصورت دوره‌ای، آخرین بروزرسانی‌های پایگاه داده سراسری که از سوی مرکز داده مدیریت و کنترل ترافیک شهری منتشر می‌شود و حاوی لیست و مشخصات محل‌های پارک مجاز موجود در سطح شهر می‌باشد را دریافت نموده و وضعیت پر یا خالی بودن این محل‌ها را به کمک پیام‌های اشغال دریافتی از محیط تعیین و درون آن ذخیره می‌کنند. این پایگاه داده پس از دریافت و بروزرسانی بعنوان پایگاه داده محلی خودرو شناخته می‌شود.

#### ۴- پارامترهای شبیه‌سازی

محیط شبیه‌سازی از چهار مولفه شبکه خیابان‌ها، ساختمان‌ها، محل‌های پارک خیابانی و تعدادی مقصد تصادفی در کنار هم تشکیل شده است. برای هریک از این مولفه‌ها تعدادی از خصوصیات در نظر گرفته شده است. عامل‌ها در طول شبیه‌سازی بطور مرتب و تصادفی بروزرسانی می‌شوند و باتوجه به سرعت هر خودرو، با احتمال P که در رابطه (۱) آمده است اقدام به حرکت خودرو به جلو می‌نمایند و ممکن است با احتمال P-1 در سلول جاری باقی مانده و به جلو حرکت نکنند. در وضعیت ترافیک زمان اشغال بودن سلول جلویی جاده، خودرو در لحظه جاری اقدام به حرکت رو به جلو نمی‌نماید [۱۲].

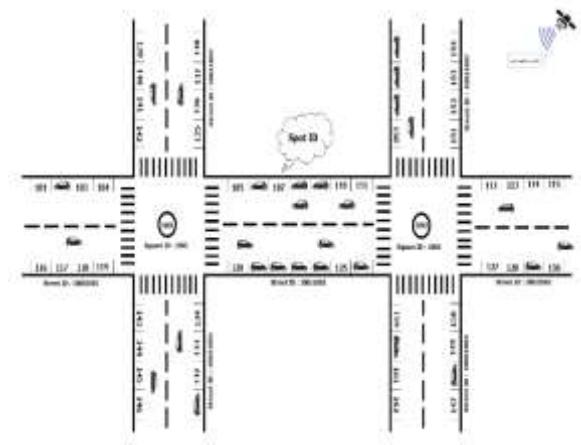
$$P = \frac{Speed \left( \frac{m}{s} \right)}{Cell Size} \quad (1)$$

که Speed برابر با سرعت خودرو و Cell Size برابر با اندازه یا طول ضلع سلول است. در جدول (۱) پارامترهای محیط شبیه‌سازی آورده شده‌اند.

جدول ۱: پارامترهای محیط شبیه‌سازی

پارامتر مورد نظر	اندازه
مشخصات شبکه خیابانی	۱۱ × ۱۱
تعداد کل مقصدها	۱۲

قابل مشاهده است. از سوی دیگر اطلاعات مربوط به کلیه این محل‌ها شامل شناسه و موقعیت مکانی آنها، درون یک پایگاه داده مرکزی، بنام پایگاه داده سراسری<sup>۳</sup> گردآوری و ثبت شده است و در عین حال این اطلاعات در قالب یک نقشه در اختیار کلیه خودروها نیز قرار داده شده است. خودروها بوسیله این نقشه، پایگاه داده محلی<sup>۴</sup> خود را بروزرسانی می‌کنند. بدین ترتیب ما همواره از تعداد و پراکندگی کلیه فضا‌های قانونی برای پارک کردن در سطح شهر مطلع بوده و می‌توانیم به دلایل مختلفی همچون احداث خیابان‌های جدید و یا تجدید نظر مقامات قانونی در خصوص محل‌های پارک و غیره، محل‌های جدیدی به شهر و پایگاه داده افزوده و یا از آنها کاسته و این بروزرسانی‌ها را به خودروها ابلاغ کنیم. شکل (۱) نمونه‌ای از خط‌کشی‌های محل پارک در خیابان را نمایش می‌دهد.



شکل ۱: نمایی از خط‌کشی خیابان‌های سطح شهر

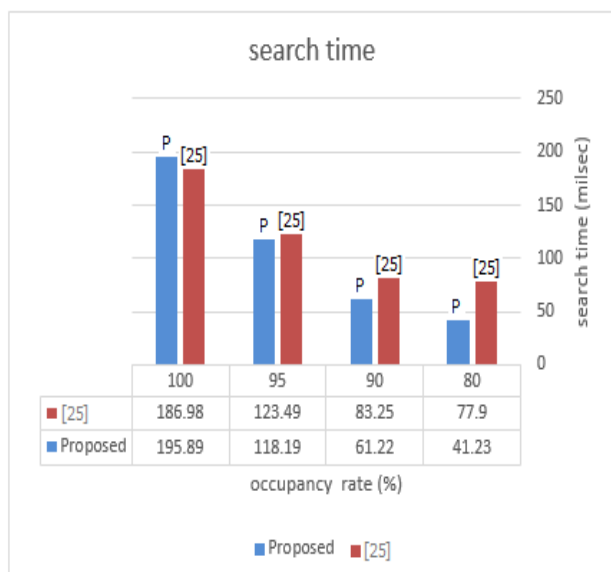
همچنین کلیه خودروها، مجهز به واحد درون خودرویی هستند. عامل‌ها از طریق فناوری DSRC با هم ارتباط دارند و در عین حال قادر به تعیین موقعیت مکانی خودرو به کمک سیستم موقعیت‌یاب جهانی تعبیه شده درون خودرو نیز می‌باشند [۱۱].

#### ۳- روش پیشنهادی

در روش پیشنهادی، برخی خودروها در جستجوی محل پارک خالی می‌باشند. این خودروها، پیام‌هایی با نام پیام تقاضای محل پارک را در محیط منتشر می‌کنند این پیام‌ها که با درخواست دستی راننده صادر می‌شوند حاوی موقعیت جغرافیایی مقصد نهایی و زمان صدور درخواست می‌باشند. برخی دیگر از خودروها در محل‌های پارک متوقف می‌باشند. در این حالت رانندگان خودرو پیام‌های اشغال را با کمک الگوریتمی با نام الگوریتم تولید پیام اشغال، تولید و منتشر می‌نمایند. اما در حالتی دیگر به گونه‌ای است که همگی خودروها، اعم از

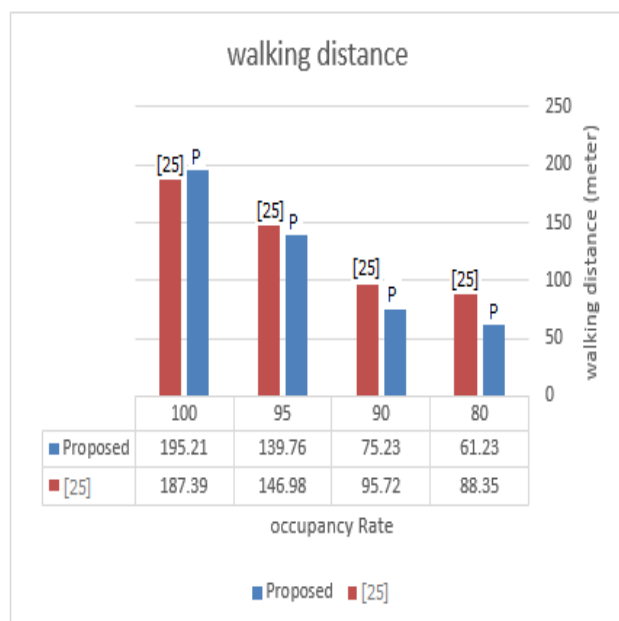
<sup>3</sup> Global Database

<sup>4</sup> Local Database



شکل ۲: نمودار زمان جستجو در نرخ اشغال بالای ۸۰ درصد

همچنین همانطور که در شکل (۳) نیز نشان داده شده است از نسبت فاصله پیاده روی پروتکل پیشنهادی به پروتکل مقاله پایه [۱۲] می‌توان دریافت که پروتکل پیشنهادی در نرخ اشغال ۸۰ درصد به برتری رسیده است. این شرایط با شیب ملایمی تا سطح ۹۵ درصد حفظ می‌شود اما در نرخ اشغال صد درصد برتری خود را نسبت به پروتکل مقاله پایه از دست می‌دهد. زیرا در الگوریتم پیشنهادی برای بعد از حالتی که کلیه محل‌های پارک اشغال شده باشند پیش بینی عملکرد قابل ملاحظه‌ای ارائه نشده است در این حالت، الگوریتم پیشنهادی از ابتدا برای خیابان جدید دوباره اجرا خواهد شد.



شکل ۳: نمودار فاصله پیاده روی در نرخ اشغال بالای ۸۰ درصد.

یکنواخت	نحوه توزیع مقصدها در فضا
۹۶	تعداد محل‌های پارک خیابانی
یکنواخت	نحوه توزیع محل‌های پارک در محیط
۵ × ۵ مرکزی	منطقه مورد ارزیابی
زمان جستجو	پارامتر مورد مطالعه اول
فاصله پیاده روی	پارامتر مورد مطالعه دوم
28 Km/h	متوسط سرعت خودروها
14 Km/h	متوسط سرعت خودروهای در حال جستجوی پارک
۱ ثانیه	طول گام
۸۰٪ الی ۱۰۰٪	نرخ اشغال
۱	نسبت ورودی به خروجی
۱۵۰۰	تعداد عامل‌های محیط

## ۵- بررسی کارایی سیستم پیشنهادی

در شکل (۲) نتایج بدست آمده از پیاده‌سازی روش پیشنهادی نشان داده شده است. همانطور که نشان داده شده است عملکرد الگوریتم پیشنهادی زمانی که ۸۰ درصد از محل‌های پارک مجاز، در وضعیت اشغال قرار داشته باشند نسبت به پروتکل مقاله پایه [۱۲] به میزان ۳۶٫۶۷ میلی ثانیه بهبود نشان می‌دهد که تا سطح اشغال ۹۵ درصد این بهبود ادامه پیدا کرده است اما کم‌کم فاصله و برتری خود را کاهش داده و در نهایت در نرخ اشغال صد درصد برتری خود را کاملاً از دست می‌دهد زیرا در پروتکل پیشنهادی یک پایگاه داده مرکزی وجود ندارد و عامل‌ها مجبور به انجام مبادلات داده‌ای زیاد جهت همگام‌سازی اطلاعات خود با یکدیگر هستند که با افزایش تعداد خودروها در محیط سبب افزایش تبادل داده و همچنین افزایش پیچیدگی زمانی اجرای الگوریتم شده و در نهایت منجر به افزایش سربار داده‌ای می‌گردد.

communication in urban parking". IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, 2015. 7(2): p. 22-33.

- [9] Tasseran, G., K. Martens, and R. van der Heijden, "The potential impact of vehicle-to-vehicle communication on on-street parking under heterogeneous conditions". IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, 2016. 8(2): p. 33-42.
- [10] Vaghela, V.B. and D. Shah. Vehicular parking space discovery with agent approach. in Proceedings of the International Conference & Workshop on Emerging Trends in Technology. 2011. ACM.
- [11] Ahwazi, A.Z. and M. NooriMehr, MOSIC: mobility-aware single-hop clustering scheme for vehicular ad hoc networks on highways. IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 2016. 7(9): p. 424-431.
- [12] Tasseran, G., K. Martens, and R. van der Heijden, "The potential impact of vehicle-to-vehicle and sensor-to-vehicle communication in urban parking". IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, 2015. 7(2): p. 22-33.

## ۶- نتیجه گیری

استفاده وسیع از وسائل نقلیه، دشواری یافتن محل پارک در حاشیه خیابان‌ها بویژه در مراکز شهرهای بزرگ و پرجمعیت را دو چندان کرده است. گشت زنی با هدف یافتن محل پارک در خیابان، پیامدهایی همچون هدر رفت سوخت و زمان، تولید آلودگی هوا، انتشار گازهای گلخانه‌ای، افزایش ترافیک و احتمال تصادف را بدنبال دارد. بر همین اساس مقالات مختلفی، توجه خود را به طراحی مدل‌هایی برای کاهش مدت زمان جستجوی محل پارک در خیابان معطوف داشته‌اند. بنابراین ارائه یک راه حل مناسب برای این امر بسیار حائز اهمیت بوده و می‌تواند علاوه بر کاهش ترافیک به صرفه‌جویی در زمان، مصرف سوخت و همچنین موجب کاهش آلاینده‌های هوا و کاهش سطح گازهای گلخانه‌ای گردد. بنابراین در این مقاله با استفاده از فناوری ارتباطات رادیویی برد کوتاه راهکاری ارائه شد که با کمترین زیرساخت توانسته است اطلاعات مورد نظر را بطور مناسب در اختیار متقاضیان قرار داده و برای آنها نزدیکترین محل خالی پارک به مقصد نهایی را رزرو نماید.

## مراجع

- [1] Kotb, A.O., et al., iParker—A New Smart Car-Parking System Based on Dynamic Resource Allocation and Pricing. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2016. 17(9): p. 2637-2647.
- [2] Tsiaras, C., et al. parkitsmart: Minimization of cruising for parking. in Computer Communication and Networks (ICCCN), 2015 24th International Conference on. 2015. IEEE.
- [3] Geng, Y. and C.G. Cassandras. A new "smart parking" system based on optimal resource allocation and reservations. in Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2011 14th International IEEE Conference on. 2011. IEEE.
- [4] Lu, R., et al. "SPARK: A new VANET-based smart parking scheme for large parking lots". in INFOCOM 2009, IEEE. 2009. IEEE.
- [5] Mathur, S., et al. "Parknet: drive-by sensing of road-side parking statistic"s. in Proceedings of the 8th international conference on Mobile systems, applications, and services. 2010. ACM
- [6] Stenneth, L., et al. "PhonePark: Street parking using mobile phones". in Mobile Data Management (MDM), 2012 IEEE 13th International Conference on. 2012. IEEE
- [7] Rajabioun, T., B. Foster, and P. Ioannou. "Intelligent parking assist. in Control & Automation (MED)", 2013 21st Mediterranean Conference on. 2013. IEEE.
- [8] Tasseran, G., K. Martens, and R. van der Heijden, "The potential impact of vehicle-to-vehicle and sensor-to-vehicle