Archive of SID

یک روش پیشنهاددهنده جای پارک خالی کنار خیابان چند معیاره مبتنی بر الگوریتم PSO

سعیده زینلیان [۱] نازبانو فرزانه بهالگردی [۲]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد- گروه مهندسی کامپیوتر- دانشگاه بین المللی امام رضا (ع)- مشهد- ایران
sa.zeinalian@gmail.com

۲- فارغ التحصیل دکتری- گروه مهندسی کامپیوتر- دانشگاه بین المللی امام رضا (ع)- مشهد- ایران
nazbanou.farzaneh@imamreza.ac.ir

چکیده: در سال‌های اخیر، روند شهرنشینی بر لزوم توجه به کاهش انتشار دی اکسید کربن و افزایش ذخیره انرژی تأکید دارد. گسترش تعداد وسایل‌نقلیه در جاده همراه با سوء مدیریت فضای پارکینگ در دسترس باعث ایجاد مشکلات مرتبط با پارکینگ‌ها و افزایش ازدحام ترافیک در مناطق شهری شده است. بنابراین، لازم است یک سیستم مدیریت پارکینگ هوشمند خودکار ایجاد شود که نه‌تنها به راننده برای پیدا کردن فضای پارکینگ مناسب کمک کند، بلکه مصرف سوخت را نیز کاهش دهد. امروزه بیشترین چالش متوجه گروه پارکینگ‌های کنار خیابان می‌باشد. زمانیکه رانندگان قصد دارند در کنار خیابان پارک کنند معیارهای زیادی را مد نظر دارند از قبیل فاصله از مقصد مورد نظر، هزینه پرداختی، یافتن سریعتر جای پارک و .... در مقالات کمی به مساله یافتن جای پارک براساس معیارهای متعدد رانندگان توجه شده است. هدف در این مقاله یافتن جای پارک مطلوب رانندگان بر اساس معیارهای مشخص‌شده‌شان و پیشنهاد مناسب‌ترین موارد ممکن می باشد. در روش پیشنهادی فرض می‌شود جای پارک‌های موجود در سطح شهر در یک پایگاه‌داده ذخیره‌شده است و مدام در حال به‌روزرسانی می‌باشد، بنابراین بااستفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات PSO، به رانندگان مناسب‌ترین جای پارک‌ها بر اساس معیارهای مختلف شان، پیشنهاد شده است. همچنین با پیاده‌سازی این روش مشخص شد که هنگام استفاده از الگوریتم پیشنهادی باوجوداینکه اندکی زمان بیشتری صرف می‌گردد، ولی تعداد درخواست-های بیشتری پاسخ داده می‌شود، مسافت کمتری پیموده شده و راننده هزینه کمتری را میپردازد.

واژه‌های کلیدی: اینترنت اشیاء، شهر هوشمند، سیستم پیشنهاد دهنده پارکینگ کنار خیابان، الگوریتم PSO

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.29252/jiaeee.18.3.1116

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۹/۰۱/۳۰
تاریخ پذیرش مشروط مقاله: ۱۳۹۹/۱۰/۰۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۱/۲۸
نام نویسنده‌ی مسئول: دکتر نازبانو فرزانه بهالگردی
نشانی نویسنده‌ی مسئول: ایران – مشهد – خیابان دانشگاه – خیابان اسرار – دانشگاه بین المللی امام رضا (ع) – گروه کامپیوتر

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

ایده پارکینگ هوشمند برای حل مشکل فضای پارکینگ و مدیریت پارکینگ در شهرهای بزرگ مطرح شد. با افزایش تعداد وسایل نقلیه در جاده ها و تعداد محدود فضای پارک، ازدحام وسایل نقلیه در جستجوی جای پارک اجتناب ناپذیر است. این ازدحام منجر به عدم رضایت راننده و همچنین آلودگی محیط زیست می شود. این عوامل ممکن است به ویژه در ساعات اوج ترافیک که تراکم جریان در بیشترین حد است، بدتر شود. با در نظر گرفتن میزان سوخت مصرف شده در این مدت، انتظار می رود سطح قابل توجهی از میزان انتشار و گازهای مضر ظاهر شود. شناسایی این مشکلات و تلاش برای حل آنها با روشی موثر و در عین حال پایدار یک کار چالش برانگیز است. عدم آگاهی از در مورد اشغال پارکینگ‌های خیابانی باعث می‌شود که وسایل نقلیه برای یافتن جای پارک خالی، در اطراف خیابان‌های شهر بیهوده حرکت کنند [۱-۳]

سیستم های پارکینگ هوشمند در دسته های مختلفی دسته بندی می شوند که هر یک از آنها دارای اهداف مختلفی هستند و از فناوری های مختلفی در تشخیص وسایل نقلیه و جای خالی استفاده می کنند. سیستم های پارکینگ هوشمند برای رانندگان و اپراتورها مفید هستند. رانندگان از سیستم برای یافتن نزدیکترین جای خالی استفاده می کنند و اپراتورهای پارکینگ می توانند از سیستم و اطلاعات جمع آوری شده برای توافق الگوهای بهتر تقاضای پارکینگ و استراتژی قیمت گذاری بهتر استفاده کنند. به عنوان مثال، از آنجا که تقاضا برای یک پارکینگ پایدار نیست، با استفاده از یک روش قیمت گذاری پویا، که به زمان و نوع مشتری توجه میکند، به مسئولین پارکینگ کمک می کند درآمد خود را افزایش دهند [۴, ۵]

ظرفیت کافی پارکینگ امروزه تقریباً در هر شهر مشکل ایجاد می کند. تقاضا برای فضای پارکینگ بطور قابل توجهی بیشتر از میزان عرضه است و از آنجا که ایجاد پارکینگ جدید از نظر اقتصادی بسیار چالش برانگیز است، جستجوی راه هایی برای استفاده بهینه از فضای پارکینگ موجود ، خصوصاً در پارکینگ کنار خیابان بسیار مهم است. بنابراین هدف بهره گیری از سیستم هایی برای استفاده کارآمد از فضای پارکینگ موجود است.[۴-۶]

امروزه بیشترین چالش و اهمیت متوجه گروه پارکینگ‌های کنار خیابان می‌باشد که از دو بخش؛ شناسایی جای پارک‌های خالی موجود در سطح شهر، و پیشنهاد جای پارک‌های مطلوب رانندگان بر اساس معیارهایشان به آن‌ها، تشکیل شده است. اکثر برنامه‌های کاربردی پارکینگ هوشمند که پیش‌ازاین ارائه شده‌اند، معیارهای مختلف جستجو را در نظر نمیگیرند. بعنوان مثال اگر هر شخصی مدت زمان تخمینی استفاده از جای پارک را اعلام کند الگوریتم می‌داند که این جای پارک چه زمانی خالی می‌شود و آن‌را در اختیار راننده دیگری قرار می‌دهد. در نظر گرفتن معیارهای مورد نظر رانندگان میزان رضایت مندی آنها را از جای پارک افزایش داده و از جستجوی زیاد و تکراری آن‌ها برای یافتن جای پارک مورد نظرشان جلوگیری می‌کند. از مهمترین علل جستجوی زیاد راننده برای یافتن جای پارک می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- رانندگان به دنبال مکان‌هایی هستند که ترجیح می‌دهند جای پارک، نزدیک‌ترین مکان به یک مقصد خاص باشد.
- زمانی که همه جای پارک‌های ایده آل اشغال‌شده باشد، رانندگان یا انتظار می‌کشند و یا به دنبال مکان‌های جایگزین هستند. این مسأله باعث اتلاف وقت راننده می‌شود که باعث افزایش تراکم ترافیک و ایجاد مشکلات سلامتی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط وسایل نقلیه می‌شود [۷].

بنابراین یک سیتم پارکینگ هوشمند لازم است، تا رانندگان بتوانند اطلاعات موجود در دسترس بودن پارکینگ را در اختیار داشته باشند و بدون صرف زمان برای گشت زدن در شهر، جای پارک مناسب خود را پیدا کنند [۸, ۹]

در این مقاله رانندگان می‌توانند معیارهایی مانند فاصله جای پارک از محل مورد نظر، هزینه پرداختی برای جای پارک، فاصله زمانی مورد نیاز تا رسیدن به جای پارک، میزان زمان استفاده از جای پارک، اندازه ماشین را مشخص کنند تا الگوریتم براساس موارد مورد نظر راننده مناسب ترین محل را به او پیشنهاد دهد. از آنجائیکه این یک مساله بهینه سازی است از الگوریتم PSO برای حل این مساله استفاده شده است. به علت وجود مزایایی همچون بهره‌مندی از حافظه، مفهوم ساده، پیاده‌سازی آسان و همگرایی سریع نسبت به سایر الگوریتم‌های بهینه-سازی، امروزه الگوریتم PSO توجه زیادی را به خود جلب کرده است و کاربردهای وسیعی در زمینه‌های مختلف دارد. [۱۰, ۱۱]. PSO می-تواند در زمان کمی به جواب نسبتا بهینه همگرا شود. زمان جستجو پارامتر مهمی است که یکی از دلایل استفاده از تکنیک PSO سرعت همگرایی آن است. بنابراین ما سعی داریم به یافتن جای پارک مطلوب رانندگان بر اساس معیارهای مشخص‌شده‌شان و پیشنهاد شبیه‌ترین موارد ممکن به آن‌ها بپردازیم.

سایر قسمت های مقاله به این شرح می‌باشد. در بخش دوم مروری بر روش‌های مشابهی که اخیراً ارائه شده است یا پیشینه تحقیق خواهیم پرداخت. سپس در بخش سوم مقاله توضیح مختصر روش PSO ارائه می‌شود. در بخش چهارم روش پیشنهادی به‌صورت مفصل همراه با جزئیات کامل شرح داده می‌شود و در بخش پنجم روش پیشنهادی مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. در انتها، در بخش ششم، جمع‌بندی و نتیجه‌گیری گنجانده می‌شود.

۲- مطالعات پیشین

پروژه‌های پارکینگ هوشمند موجود عمدتاً از سه نوع تشکیل‌شده‌اند؛

۱. پارکینگ خصوصی، که شامل پارکینگ ساختمان‌های خصوصی و

www.SID.ir

Archive of SID

شخصی می‌باشد. ۲. پارکینگ خارج از خیابان، پارکینگ‌های بزرگ شهری یا زمین‌های بزرگ که می‌توانند صدها وسیله نقلیه را در خود جای دهند. ۳. پارکینگ کنار خیابان، که شامل فضاهای پارکینگ در امتداد خیابان‌های عمومی می‌باشد[۳]. امروزه بیشترین چالش و اهمیت متوجه گروه پارکینگ‌های کنار خیابان می‌باشد که از دو بخش؛ شناسایی جای پارک‌های خالی موجود در سطح شهر و پیشنهاد جای پارک‌های مطلوب رانندگان بر اساس معیارهایشان به آن‌ها، تشکیل شده است.

پارکینگ‌ها استفاده و حمل‌ونقل را در مناطق شهری هماهنگ می‌کنند و همچنین یکی از مهم‌ترین دارایی‌ها است که درآمد حاصل از آن به شهرها می‌رسد. شهرها، سرویس‌های پارکینگ هوشمند را بر اساس یک طرح ابتکاری اقتصادی مستقر می کنند. اول اینکه، رانندگان می توانند زمان جستجوی پارکینگ خود را کوتاه کنند، آلودگی محیط زیست را کاهش دهند، هزینه ها را با مصرف سوخت کمتری کاهش دهند و تراکم ترافیک را از طریق اطلاعات از برنامه‌های پارکینگ هوشمند کاهش دهند. این امر همچنین نرخ استفاده از حمل‌ونقل عمومی و درآمد شهرها را نیز افزایش می‌دهد. دوم اینکه، اگر رانندگان به سرعت یک جای پارک پیدا کنند، زمان بیکاری برای پارکینگ‌های خیابانی کوتاه‌تر و درآمد پارکینگ‌ها افزایش می‌یابد. نصب حس گرهایی بر روی نواحی غیرمجاز که در آن افراد اغلب خودرو خود را پارک می‌کنند، می‌تواند به ردیابی پارکینگ غیرقانونی کمک کند. سوم، زمانی که ترافیک روان است، تحرک شهری را افزایش داده و ظرفیت‌های شهرها را گسترش می‌دهد. این کار جمعیت، فعالیت‌ها و فرصت‌های تجاری بیشتری را به ارمغان می‌آورد [۸]. manville و Shoup درصد مناطق پارکینگ شهرهای مختلف را موردبررسی قراردادند[۱۲]. Idris و همکارانش و Revathi و Dhulipala ، روش هایی برای پارکینگ هوشمند، سیستم‌های پرداخت، سیستم‌های رزرو و سیستم‌های هدایت و تشخیص پلاک خودرو با استفاده از حسگرهای مختلف و سیستم‌های ذخیره‌سازی اطلاعات متمرکز یا اقتضایی، ارائه کرده اند [۱۳, ۱۴]. Polycarpou و همکارانش به بررسی نیازهای رانندگان برای زیرساخت‌های پارکینگ، پارکینگ، پارکینگ عمومی، رفتارهای رانندگان، پایش دسترسی به پارکینگ، نظارت و سیستم‌های اطلاعاتی، سیستم‌های رزرو، قیمت‌گذاری پویا و استقرار شهرداری می‌پردازند[۱۵]. Delot و همکارانش چندین سیستم توزیع اطلاعات پارکینگ موجود را معرفی کردند، به‌عنوان‌مثال، crowdsensing، سیستم‌های چندعاملی، مشکل فروشنده دوره‌گرد، شبکه‌های پارکینگ، انتشار اطلاعات پارکینگ، استفاده فرصت‌طلبانه با استفاده از واحدهای جاده‌ای[۱۶] .فهیم و همکاران سیستم‌های پارکینگ هوشمند فعلی را دسته‌بندی کردند و ویژگی‌های آن‌ها را توضیح دادند[۱۷]. مقاله[۸] به بررسی راه‌حل پارکینگ در طول سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ با تمرکز بر توسعه و تکامل پارکینگ هوشمند پرداخته است. مقاله[۱۸] یک الگوریتم جدید ارائه می‌دهد که کارایی سیستم پارکینگ مبتنی بر ابر را افزایش می‌دهد و یک معماری شبکه مبتنی بر فناوری اینترنت اشیاء را توسعه می‌دهد. مقاله[۱۹] مفهوم کلی استفاده از سرویس پارکینگ هوشمند مبتنی بر ابر در شهرهای هوشمند را به‌عنوان یک برنامه مهم در پارادایم اینترنت اشیاء ارائه می‌دهد. مقاله[۹] یک روش راهنمای پارک با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه پیشرفته ارائه می کند. این روش کوتاه‌ترین و کم‌ترین قیمت را در نظر می‌گیرد، بنابراین می‌تواند مسیر بهینه برای یک خودرو را مشخص کند. مقاله[۲۰] یک سیستم پارکینگ هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء ارائه می‌دهد که یک جز یکپارچه به نام پارکینگ متر (PM[۱]) را برای رسیدگی به مسائل؛ ۱- تشخیص بلادرنگ پارک نامناسب، ۲- برآورد مدت‌زمان استفاده از پارکینگ و ۳- مجموعه اتومات از هزینه‌های پارک، به کار می‌گیرد. سیستم پیشنهادی[۲۱] از حس‌گرهای فراصوت برای محوطه‌های پارکینگ داخلی و یک حس‌گر مغناطیسی برای محوطه‌های پارکینگ خارجی استفاده می‌کند. به‌منظور کاهش مصرف انرژی و سرمایه گذاری، و پرداخت هزینه پارکینگ آسان‌تر برای رانندگان، ماژول‌های NB-IoT[۲] و سیستم‌عامل‌های شخص ثالث معرفی می‌شوند. سیستم پیشنهادی[۲۲] شامل گره حس‌گر، سرویس‌دهنده‌ی فضای پارکینگ هوشمند، برنامه کاربردی برای تلفن‌همراه و پلت فرم پرداخت شخص ثالث می‌باشد. در[۲۳] استفاده از اینترنت IoT در طرف مصرف‌کننده به‌عنوان اینترنت وسایل نقلیه و یا IoV[۳] شناخته می‌شود و بر یکپارچه‌سازی پارکینگ کنتور هوشمند (SPM[۴]) تمرکز دارد. اکثر برنامه‌های پارکینگ هوشمند پیش‌از این یا فضای پارکینگ کنار خیابان را در نظر نمی‌گیرند و یا استقرار گسترده حس‌گرها را در نظر می‌گیرند تا ورود / خروج خودروها را شناسایی کنند. اگرچه این راه‌حل اطلاعات دقیقی از پارکینگ موجود فراهم می‌کند، ولی استقرار و نگهداری زیرساخت آن هزینه‌بر است. در راستای پیشنهاد جای پارک-های مطلوب رانندگان بر اساس معیارهایشان به آن‌ها، مقاله[۲۴] یک سیستم پارکینگ کنار خیابان هوشمند همراه، با نام ParkCar را طراحی و اجرا کرده است. MagnoPark یک راه‌حل سنجش مبتنی بر گوشی هوشمند است که حس‌گر مغناطیس‌سنج را بر روی گوشی-های هوشمند کنترل می‌کند تا نقاط پارکینگ خالی را شناسایی کند.[۷] سیستم تشخیص تلفن‌همراه با استفاده از حس‌گرهای مافوق صوت بر روی یک وسیله نقلیه جهت اندازه‌گیری فاصله وسیله نقلیه تا کنار خیابان و تشخیص جای پارک استفاده می‌شود[۱۴] در[۲۵] با استفاده از Raspberry-pi نمونه‌ای از یک چارچوب جدید پارکینگ هوشمند برای یک حوزه شهری در سایه رزرو با استفاده از اینترنت اشیاء (IoT) ارائه میکند. در ابتدا کاربر باید جزئیات و مشخصات خودش را در برنامه تلفن همراهش ثبت کند تا اطلاعات موردنیاز در سرور ذخیره شود. پس از ثبت اطلاعات به کاربر اجازه داده می‌شود که وارد حساب کاربری خود شود و برای اتومبیل خود یک جای پارک رزرو کند. برای هر رزرو پارکینگ ۱۵ دقیقه فرصت داده می شود که کاربر موظف است در این بازه زمانی، وارد آن پارکینگ شود. زمانیکه

www.SID.ir

Archive of SID

وسیله نقلیه وارد جای پارک می شود، شماره پلاک آن به شماره پلاکی که هنگام رزرو ثبت برنامه شده است، تطبیق داده می شود. این عمل با استفاده از دوربین Raspberry pi3 انجام می شود، به منظور پیشگیری از سرقت وسیله نقیله و سایر موارد امنیتی است. زمانیکه وسیله نقلیه در پارکینگ پارک می شود، زمان استفاده از پارکینگ برای آن شروع می شود. (برای محاسبه هزینه پارک) و زمانیکه کاربر وسیله نقلیه خود را از پارکینگ خارج می کند، زمان پارک او به اتمام می رسد، و صورتحساب او برای تلفن همراهش ارسال می گردد. و کاربر می تواند بصورت آنلاین از طریق کیف پول الکترونیکی خود، هزینه پارک را پرداخت کند. سپس هنگام خروج از پارک هویت چهره راننده مجدداً تأیید می شود که اگر با استفاده از تشخیص چهره با تصاویر قبلی مطابقت داشت، به کاربر اجازه داده می شود از پارکینگ خارج شود. در این مقاله از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه (KNN [۵]) استفاده شده است.

در [۲۶]، اطلاعات جمع آوری شده از دو شهر بزرگ ، سانفرانسیسکو برای استخراج یک تعداد ویژگی های کلیدی استفاده شده است. سپس از سه الگوریتم غیر پارامتری برای مدل سازی میزان اشغال پارکینگ که شامل، یعنی درخت رگرسیون ، شبکه عصبی و رگرسیون بردار پشتیبان است استفاده شده است.

سیستم پیشنهادی مقاله [۲۷] شامل دو بخش است؛ بخش ۱، که از ماژول سخت‌افزاری تشکیل شده است و بخش ۲، که شامل تکنیک پیش‌بینی با استفاده از الگوریتم KNN است.؛ بخش ۱، که از ماژول سخت‌افزاری تشکیل شده است و شامل حسگرهایی است که فضاهای پارک خالی را تشخیص میدهند سپس داده های تشخیص داده شده به بستر ابری می رود. بخش ۲، که شامل تکنیک پیش‌بینی با استفاده از الگوریتم KNN است. سیستم پارکینگ هوشمند با استفاده از الگوریتم KNN تعداد خودروهای وارد و خارج‌شده و فضای خالی پارکینگ را که از طریق حس‌گرها تعیین شده است را به برنامه می‌دهد و اگر راننده پارکینگی را رزرو کند، آن جای پارک در google map پُر می-شود. این الگوریتم نزدیکترین همسایه ها را به درخواست داده شده، پیدا می کند. مکان راننده توسط ماژولGPS ، شناسایی می شود. هنگامی که مکان شناسایی شد، سیستم داده های به دست آمده از واحد حسی سیستم پارکینگ هوشمند را تجزیه و تحلیل می کند و سپس نزدیکترین پارکینگ را پیدا می کند. و آن مکان را بر روی نقشه نشان می دهد. پس از کلیک بر روی "پارکینگ خود را ببینید"، مکان های خالی پارکینگ کامل نشان داده می شوند. پس از نمایش پارکینگ ها، راننده می تواند جای پارک خود را رزرو کند.

این روش به طور معمول در تحلیل پیش بینی برای تخمین و طبقه بندی یک نقطه بر اساس پذیرش همسایگان آن استفاده می شود. الگوریتم KNN برای داده‌های بزرگ و تعداد درخواست‌های بالا دچار مشکل می‌شود.

الگوریتم SPA [۲۸] بر اساس سوابق قبلی پارکینگ ، رفتار راننده را در آینده نزدیک پیش بینی می کند. این پیش بینی ها به SPA کمک می کند تا تقاضای پارکینگ و منبع شبکه های پارکینگ موجود را بهتر مطابقت دهد. ASPIRE [۲۹] سیستمی سبک ، مقیاس پذیر و قابل انعطاف است که باعث می شود رزرو بهترین مکان های پارک به صورت خودکار انجام شود. این روش از اطلاعات سایر خدمات اطلاعات ترافیک استفاده می کند و با به حداقل رساندن نیاز افراد به تعامل با تلفن های هوشمند یا واحدهای داخلی، باعث ایمنی جاده می شود، بنابراین انحرافات رانندگی را کاهش می دهد. در [۳۰]چهار الگوریتم پیش بینی پارکینگ در خیابان با استفاده از داده های واقعی توصیف، تحلیل و مقایسه شده است. مورد اول فقط از میانگین و انحراف معیار در دسترس بودن استفاده می کند و فرضی در توزیع آن ندارد. دوم فرض می کند که در دسترس بودن به طور نرمال توزیع می‌شود. مورد سوم از اطلاعات زمان واقعی استفاده می کند و تغییرات در دسترس بودن را به عنوان یک متغیر تصادفی نرمال مدل می‌کند. چهارم نیز از اطلاعات زمان واقعی استفاده می‌کند اما ورود و خروج وسایل نقلیه را به عنوان فرایندهای غیر همگن پواسون مدل سازی می‌کند. IoTRec [۳۱] در مرحله اول، به کاربر کمک می‌کند تا یک مکان پارک رایگان بر اساس معیارهای مختلف (مانند نزدیکترین نقطه پارک) پیدا کند. در مرحله دوم، مسیری را پیشنهاد می‌کند (کمترین شلوغی یا کمترین فاصله) که از مکان فعلی کاربر به پارکینگ توصیه می‌شود.

۳- الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات PSO و مزایای آن

الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات PSO یک الگوریتم بهینه‌سازی فرا اکتشافی است که از حرکت گروهی پرندگان (و دیگر حیواناتی که به شکل گروهی زندگی می‌کنند) الگو گرفته است[۳۲]. در این الگوریتم هر پاسخ مسأله به‌صورت یک ذره که دارای یک مقدار و همچنین میزان تناسب است، مدل می‌شود. الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات PSO بر مبنای حرکت و هوش ذرات کار می‌کند. [۳۲, ۳۳]

از مزایای الگوریتم PSO می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:[۳۲-۳۴]

- بهره‌مندی از حافظه:

الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات PSO دارای حافظه است، به‌گونه‌ای که دانش راه‌حل‌های خوب توسط همه‌ی ذرات حفظ می‌شود. به‌عبارتی در الگوریتم PSO هر ذره از اطلاعات گذشته خود سود می‌برد.

- همکاری و اشتراک‌گذاری اطلاعات در بین ذرات:

در الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات PSO هر عضو جامعه موقعیت خود را با توجه به تجربیات شخصی و تجربیات کل جامعه تغییر می-دهد. درنتیجه همکاری سودمند بین ذرات وجود دارد و ذرات، در گروه اطلاعاتشان را با همدیگر به اشتراک می‌گذارند.

- سرعت همگرایی بالا:

www.SID.ir

Archive of SID

در الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات PSO اعضای جمعیت با یکدیگر ارتباط دارند و از طریق تبادل اطلاعات، به حل مسئله می‌رسند. از سرعت همگرایی بالایی برخوردار می‌باشد.

- انعطاف‌پذیری بهتر در برابر مشکل بهینه محلی:

الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات PSO نسبت به استراتژی‌های بهینه‌سازی دیگر با بهره‌گیری از تعداد فراوان ذرات ازدحام‌کننده در برابر مشکل بهینه محلی انعطاف بیشتری نشان می‌دهد.

- راحتی پیاده‌سازی و اجرا:

الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات PSO از الگوریتم‌های ژنتیک و بهینه‌سازی کلونی مورچه ساده‌تر می‌باشد. همچنین اندازه جمعیت الگوریتم PSO کمتر از الگوریتم ژنتیک می‌باشد، بنابراین مقداردهی اولیه جمعیت در به‌کارگیری این الگوریتم، ساده‌تر از سایر الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوشمند است. الگوریتم PSO به‌آسانی قابل‌اجراست و در حل بسیاری از مسائل بهینه‌سازی گسسته و غیرخطی پیوسته مورداستفاده قرار گرفته است. به همین دلیل درروش پیشنهادی ارائه‌شده در این مقاله برای سیستم پیشنهاددهنده پارکینگ هوشمند کنار خیابان از الگوریتم PSO بهره گرفته شده است.

۴- روش پیشنهادی

۴-۱- فرضیات و تعریف مساله

در این مقاله فرض شده است که پایگاه داده‌ای وجود دارد شامل تمام جای پارک‌های تشخیص داده‌شده توسط پروژه‌های پارکینگ موجود، که وظیفه شناسایی و تشخیص جای پارک‌های خالی در سطح شهر را به عهده دارند؛ یعنی؛ این پایگاه داده شامل تمامی جای پارک‌های خالی موجود در هرلحظه از سطح شهر بوده و مدام به‌روزرسانی می‌گردد. وظیفه سیستم پیشنهادی، دریافت خواسته‌ها و نیازمندی‌های رانندگان و ارائه جای پارک‌های مطلوب، مطابق با درخواستشان به آن‌ها است. به این صورت که سیستم جستجوی جای پارک هوشمندی طراحی شده است، و برای اینکه الگوریتم بتواند جای پارک مطلوب کاربر را به آن پیشنهاد دهد، لازم است راننده برخی از پارامترهای مطلوب و مدنظر خود را مشخص کند. این پارامترها عبارت‌اند از:

۱. محل فعلی راننده،

۲. مقصد راننده،

۳. حداکثر فاصله مطلوب جای پارک تا مقصد (برحسب متر)،

۴. حداکثر قیمت مورد نظر برای جای پارک (برحسب تومان)،

۵. مدت‌زمان تخمینی توقف و استفاده از جای پارک (برحسب دقیقه)،

۶. مقدار فرصت راننده (آیا راننده عجله دارد یا خیر؟ اگر راننده عجله داشته باشد، نرم‌افزار از پیشنهاد جای پارک‌های دورتر به او صرف‌نظر می‌کند.)،

۷. تعیین مدل ماشین (راننده موظف است که مدل ماشین خود را تعیین کند تا سیستم پیشنهادی بر اساس اندازه‌های موجود در پایگاه داده خود، جای پارکی را به وی پیشنهاد دهد)

راننده می‌تواند فقط پارامترهایی که برایش حائز اهمیت است را مشخص کند و مابقی آیتم‌ها را مشخص نکند. در این صورت سیستم برای جستجو و پیشنهاد جای پارک مطلوب به راننده اختیارات و گزینه‌های پیشنهادی بیشتری خواهد داشت.

۴-۲- روش پیشنهادی مبتنی بر بهینه‌سازی ازدحام ذرات PSO در کنترل هوشمند پارکینگ

کارهایی که سیستم پیشنهادی ارائه شده لازم است انجام دهد، عبارت‌اند از؛

۱. دریافت اطلاعات و خواسته‌های راننده (پارامترهای مطلوب و مدنظر راننده)

۲. در نظر گرفتن گروهی از تقاضاها باهم (یکی از ویژگی‌های مهم سیستم پیشنهادی ارائه‌شده این است که تنها به یک تقاضا پاسخ نمی‌دهد.)

۳. اولویت ترتیب تقاضاها (کاربری که زودتر تقاضا داده است، زودتر سرویس می‌گیرد.)،

۴. تعیین قیمت جای پارک‌ها (هرچه جای پارک درخواستی راننده نزدیک‌تر به مقصد موردنظر باشد، هزینه بیشتر خواهد بود.)

۵. دسته‌بندی کردن تقاضاها بر اساس محل پارک درخواستی.

۶. اطلاع یافتن از وضعیت ترافیک خیابان‌ها در هرلحظه برای محاسبه زمان تخمینی رسیدن راننده به مکان مورد نظر

۷. جستجو در پایگاه داده بر اساس پارامترهای دریافت شده از راننده (یک جستجوی چند پارامتری سختگیرانه و دقیق براساس تمامی معیارهای اعلامی از طرف راننده)

۸. جستجوی جای پارک‌های مشابه و نزدیک به درخواست راننده در پایگاه داده (همچون گوگل که به هنگام جستجوی یک عبارت تمامی مواردی که مرتبط با آن بوده و یا شباهتی هرچند کوچک با آن عبارت دارند را نیز به کاربر نمایش می‌دهد،)

۹. بررسی کردن اینکه آیا جای پارک پیداشده به شخص دیگری پیشنهاد شده است یا خیر. در صورت پیشنهاد شدن به شخص دیگری آنرا از لیست حذف می‌کنیم.

۱۰. نمایش و پیشنهاد جای پارک‌های مناسب و مرتبط با معیارهای راننده و...

با استفاده از مدت زمان تخمینی رسیدن راننده به محل مورد نظر میتوان علاوه بر جای پارک های خالی فعلی، جای پارک هایی که احتمالا (بنا به اعلام کاربران) خالی خواهد شد نیز در نظر گرفته می‌شود. بنابراین در هر دور جستجو در پایگاه داده، موارد متعددی را می‌توان یافت.

فلوچارت روش پیشنهادی پارکینگ هوشمند در شکل ۱ نمایش داده شده است.

همان‌طور که پیش‌ازاین گفته شد، الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات بر مبنای حرکت و هوش ذرات کار می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID

در این مقاله به این دلیل از الگوریتم تکاملی PSO استفاده شده است، که بتوان گروهی از درخواست‌ها را پاسخ داد. برای پاسخ به یک درخواست ساده نیازی نیست از الگوریتم‌های تکاملی استفاده شود، چراکه یک درخواست وجود دارد و می‌توان به صورت خطی جستجو کرد و بهترین پاسخ را به درخواست کاربر داد. درواقع زمانی از الگوریتم‌های تکاملی استفاده می‌شود که با گروهی از درخواست‌ها سروکار داشته و با روش‌های ساده خطی نتوان به جواب رسید. بنابراین، با استفاده از الگوریتم تکاملی PSO به گروهی از درخواست‌ها باهم پاسخ داده می‌شود. مراحل الگوریتم پیشنهادی در ادامه توضیح داده خواهند شد.

۴-۲-۱- دریافت اطلاعات خودروها و پارکینگ‌ها

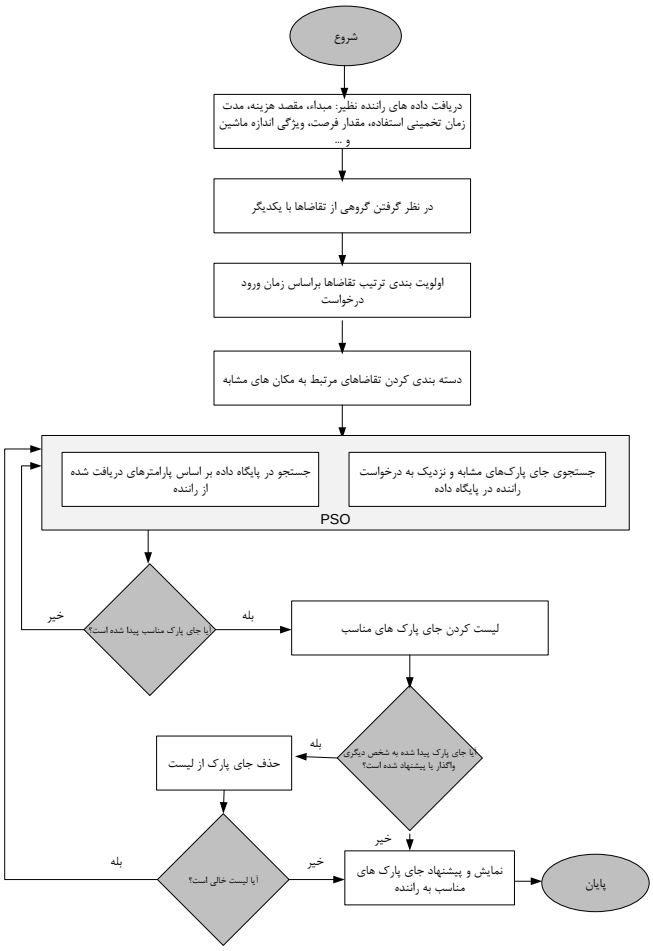
در این مقاله، اطلاعات ظرفیت پارکینگ‌های موجود، اطلاعات تعداد خودروهای پارک شده در پارکینگ‌ها و شماره پارکینگی که خودرو در آن پارک است، تعداد خودروهای در حال حرکت و تعداد خودروهایی که قصد پارک در پارکینگ را دارند جمع‌آوری می‌شود. این اطلاعات از طریق ارتباط خودروها با واحدهای کنار جاده‌ای و ارتباط آن با رایانش مه و ابر به‌دست‌آمده و جمع‌آوری می‌شوند.

در این مقاله برخی از مناطق شهری به‌عنوان پارکینگ کنار خیابان در نظر گرفته شده، سپس این مناطق تجهیز گردیده و شماره‌گذاری شده‌اند. در هر پارکینگ (خیابان)، ظرفیت آن، تعداد جای پارک رزرو (پُر) شده و تعداد جای پارک آزاد مشخص شده است. به‌طور مثال:

- خیابان ۱ (پارکینگ ۱) =======> ظرفیت: ۳۲، تعداد رزرو شده‌ها: ۲۳، تعداد جاهای خالی: ۹
- خیابان ۲ (پارکینگ ۲) =======> ظرفیت: ۲۰، تعداد رزرو شده‌ها: ۵، تعداد جاهای خالی: ۱۵

در مدل پیشنهادی از الگوریتم تکاملی PSO استفاده شده است که نشان می‌دهد هر جمعیتی دارای تعدادی ویژگی است و ویژگی‌های درنظر گرفته شده برای هر ذره، برابر است با تعداد درخواست‌ها. به عنوان مثال؛ تعداد ۱۰۰ درخواست وجود دارد که باید پاسخ داده شوند. بنابراین جمعیت ۱۰۰ بوده و مقادیری که در این ۱۰۰ خانه قرار می‌گیرد به صورت تصادفی انتخاب شده که همان شماره پارکینگ‌ها می‌باشد (مثلاً درخواست شماره ۱ روی پارکینگ شماره ۵، درخواست شماره ۲ روی پارکینگ شماره ۳، درخواست شماره ۳ روی پارکینگ شماره ۷، درخواست شماره ۴ روی پارکینگ شماره ۷ و... چون به صورت تصادفی انتخاب می‌شود). اکنون با استفاده از الگوریتم PSO پاسخ‌ها را بهینه کرده تا بتوان بهترین شماره پارکینگ را به یک درخواست اختصاص داد. به همین دلیل است که باید به گروهی از درخواست‌ها باهم پاسخ داده شود. به عبارت دیگر، مقدار تابع هدف، مقدار همان ۱۰۰ درخواست را داده و مجموع این ۱۰۰ درخواست باید در یک زمان کوتاه پاسخگو باشد و بهترین پاسخ را از نظر مسافت، هزینه و... محاسبه کند.

هر خودرو، مختصات مکانی خود در جاده (مبدأ)، مختصات مکانی پارکینگ (مقصد)، هزینه پارکینگ، مدت‌زمان استفاده از پارکینگ را برحسب نیاز راننده مشخص می‌نماید.



شکل(۱): فلوچارت الگوریتم پیشنهادی پارکینگ

۴-۲-۲- اولویت‌دهی به تقاضاها

هدف اصلی این مقاله آن است که بتوان پاسخگوی گروهی از تقاضاها بود. چنانچه زمان تخصیص پارکینگ به همه تقاضاها مناسب باشد هدف اصلی محقق شده است. اولویت به درخواست‌ها بر اساس زمان درخواست و میزان فرصت راننده تا رسیدن به جای پارک است. به عبارتی هر درخواستی که زودتر توسط راننده ارسال شود زودتر بررسی خواهد شد و همچنین زمانی که درخواست‌ها ارسال می‌شوند، راننده چقدر با جای پارک فاصله دارد و چه مدتی طول می‌کشد تا به آن جای پارک برسد. چنانچه سیستم پیشنهادی نتواند به درخواستی پاسخگو باشد، آن درخواست را به صف انتظار منتقل می‌کند تا در فرصت دیگری به آن بپردازد. به‌طور کل سه نوع اختصاص محل پارک به کاربر در سیستم پارکینگ هوشمند وجود دارد که عبارتنداز؛

۱. اگر سیستم پاسخ منفی نسبت به اختصاص محل پارک به راننده ارسال نماید، به همراه آن پیامی با مضمون " لطفاً

www.SID.ir

Archive of SID

صبر کنید تا محل پارک مناسبی دریافت نمایید. " مشاهده خواهد شد.

۲. اگر سیستم محل پارک خودرو را به راننده اختصاص دهد، اما راننده یا کاربر نسبت به محل پارک پیشنهادی رضایت نداشته باشد، راننده می‌تواند محل پارک پیشنهادی را قبول نکند و درخواست محل پارک دیگری نماید. این درحالی است که با رد محل پارک پیشنهادی توسط راننده، امکان ریسک بالایی نسبت به پیدا نکردن محل پارک پیشنهادی مناسب‌تر در تلاش‌های دیگر سیستم به وجود می‌آید.

۳. اگر راننده نسبت به محل پارک پیشنهادی سیستم رضایت داشته باشد، نسبت به رزرو آن از طریق تلفن‌همراه خود اقدام می‌کند.

پس از پارک خودرو وقتی‌که راننده قصد خروج از محل پارک دارد، فاکتور صورت هزینه‌های پارک توسط سیستم هوشمند پیشنهادی برای راننده از طریق تلفن‌همراه ارسال می‌شود.

۴-۲-۳- جستجو در پایگاه دانش

با توجه به مراحل قبل، تعدادی پارکینگ به تقاضاها پیشنهاد شده است. اما بهینه‌ترین پیشنهاد با توجه به نیازهای متقاضی با الگوریتم PSO به دست می‌آید. در روش پیشنهادی، هر ذره به تعداد درخواست‌ها، ویژگی دارد. و هر درخواست می‌تواند از ۱ تا n را به‌عنوان محتوای ذره داشته باشد. به‌طور مثال جدول ۱ مقادیر اولیه ذرات را نشان می‌دهد که به‌صورت تصادفی انتخاب شده‌اند. در این مثال ۱۰ درخواست هم‌زمان وجود دارد. چنانچه تعداد ۷ پارکینگ وجود داشته باشد مقادیر هر ذره به‌صورت زیر خواهد شد.

جدول (۱): ایجاد ذرات اولیه مسئله به‌صورت تصادفی

نام ذره	1	2	3	4	5	6		7	8	9	10
P_1	1	3	5	4	2	3		6	6	7	1
P_2	2	7	1	2	3	7		4	4	5	7
P_3	5	1	1	2	4	6		5	3	1	6
P_4	3	4	5	1	4	2		6	3	7	7

۴-۲-۴- محاسبه تابع هدف، تابع هزینه یا برازندگی

در این مرحله باید هر یک از ذرات را که نشان‌دهنده یک حل برای مسئله موردبررسی است، ارزیابی کنیم. مثلاً با جایگذاری پارامترهای ورودی که از بردار موقعیت ذره استخراج شده‌اند (پارامترهای ورودی همان خواسته‌ها و معیارهای راننده می‌باشد) در این تابع ریاضی، به‌راحتی مقدار هزینه این ذره محاسبه خواهد شد.

مقدار تابع هدف مشخص می‌کند که آیا ذره‌ای خوب حرکت می‌کند یا خیر؟ ذره‌ای خوب حرکت خواهد کرد که به هدف نزدیک‌تر شود. در سیستم پیشنهادی ارائه‌شده، فضای شهر و خیابان‌ها یک فضای d بُعدی، خودروها و رانندگان ذرات، و هدف، جای پارک‌های خالی می‌باشد. تابع هدف به‌صورت رابطه ۱ تعریف می‌گردد:

$$F = min\ (w_1 \times \sum_{i=1}^{n} x_i + w_2 \times \sum_{i=1}^{n} y_i + w_3 \times \sum_{i=1}^{n} z_i) \quad (۱)$$

در تابع هدف فوق، x زمان درخواست جای پارک، y میزان فرصت راننده تا رسیدن به جای پارک، z فاصله‌ی جای پارک تا مقصد و n تعداد خودروهای متقاضی پارک می‌باشد.

w1، w2 و w3 ضرایب ثابت اثر هستند که به ترتیب اهمیت و اولویت پارامترها مقدار می‌گیرند. w1 ضریب ثابت زمان درخواست جای پارک است و w2 ضریب ثابت میزان فرصت راننده تا رسیدن به جای پارک که به دلیل داشتن اهمیت بالا، اولویت اول و مقدار ۰/۴ و w3 ضریب ثابت فاصله‌ی جای پارک تا مقصد است که دارای اولویت دوم و مقدار ۰/۲ می‌باشند.

الگوریتم PSO ابتدا یکسری ذرات تصادفی به‌عنوان خودروها یا کاربران (رانندگان) در فضای شهر و خیابان‌ها تولید می‌کند که هرکدام دارای موقعیت‌های تصادفی و متفاوتی خواهند بود، و چون در فضای شهری هستند، دارای حداقل سرعت ۳۰ کیلومتر بر ساعت و حداکثر سرعت ۶۰ کیلومتر بر ساعت می‌باشند. سپس برای تمامی کاربران، تابع هدف را محاسبه کرده، و با توجه به پارامترهای درخواستی و ثبت‌شده کاربر، بهترین حالت و جای پارک برای هر کاربر یا خودرو و بهترین حالت و جای پارک کاربر در بین سایرین را مشخص می‌کند. بدین ترتیب الگوریتم PSO موقعیت جدید هر کاربر را تعیین می‌نماید. این فرآیند به تعداد دور مشخصی تکرار می‌شود و درنهایت یا هدف (بهترین جای پارک موجود) مشخص می‌شود.

الگوریتم پیشنهادی در حقیقت یک جواب بهینه به کاربر می‌دهد، ولی می‌توان با استفاده از تعریف یک آرایه، کاری کرد که تا ۵ یا بیشتر، پیشنهاد مطلوب را ارائه دهد. به این صورت که یک پیشنهاد را به‌عنوان بهترین پاسخ نگه می‌دارد و مابقی را به‌عنوان پیشنهادهای بعدی ارائه می‌دهد که این مهم‌ترین تفاوت سیستم پیشنهادی این مقاله با کارهای قبلی در این زمینه می‌باشد. الگوریتم پیشنهادی می‌تواند تعدادی درخواست را به‌صورت یکجا دریافت کند؛ یعنی؛ همه درخواست‌های آن‌واحد را می‌تواند دریافت و پردازش کند و یک جواب مطلوب و بهینه ارائه دهد. مسئله مهم این است که به‌نوبت و یکی‌یکی به درخواست‌ها پاسخ می‌دهد. به‌عبارت‌دیگر، اولاً، کسی که زودتر درخواست داده است، زودتر سرویس می‌گیرد. دوماً، کسی که فاصله کمتری تا جای پارک مطلوب دارد، زودتر سرویس می‌گیرد.

در این مقاله به دلیل این‌که الگوریتم PSO پاسخ‌ها را بهینه می‌کند، یعنی؛ هدف این است که به همه درخواست‌ها پاسخ خوب و بهینه داده

www.SID.ir

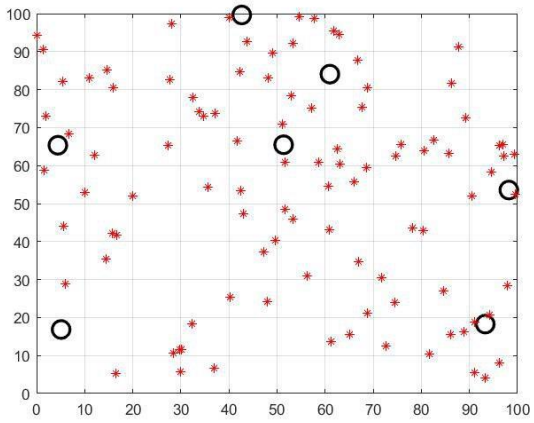
Archive of SID

شود (نه اینکه به درخواستی پاسخ خوب داده شود و به درخواست دیگر پاسخ بد) از الگوریتم PSO استفاده شده است. بنابراین، به هر درخواستی به‌صورت مستقل پاسخ داده نمی‌شود. زیرا همان‌طور که در تابع هدف گفته شد، با مجموع هزینه‌ها، مسافت‌ها و...، یعنی؛ با همه‌ی درخواست‌ها سروکار دارد.

۵- ارزیابی روش پیشنهادی

فرض می‌شود تعداد ۱۰۰ عدد درخواست و ۷ عدد پارکینگ در سطح شهر وجود دارد (به‌عنوان‌مثال، در سطح شهر ۷ منطقه به‌عنوان پارکینگ کنار خیابان در نظر گرفته و تجهیز شده است.) که مختصات پارکینگ‌ها مشخص است و مختصات خودروها به‌صورت تصادفی می‌باشد. نمایی از پارکینگ‌های موجود در یک شهر و خودروهای درحال تردد در آن شهر، در شکل ۲ نمایش داده شده است. به این صورت که دایره‌های مشکی نشان‌دهنده پارکینگ‌ها و ستاره‌های قرمز، خودروها هستند. خودروها به‌صورت تصادفی در شهر قرار دارند.

برای ارزیابی و مقایسه روش پیشنهادی الگوریتم پیشنهادی در کنترل هوشمند پارکینگ ، روش پیشنهادی را با روش‌های KNN[27] و Raspberry-pi[۲۵] مقایسه شده است. شایان ذکر است که روش KNN شامل روش سخت افزاری تشخیص فضای خالی نیز میباشد که مورد مقایسه با روش پیشنهادی قرار نگرفته است و صرفا الگوریتم یافتن جای پارک مناسب راننده مقایسه شده است. همچنین روش Raspberry-pi علاوه بر الگوریتم تشخیص جای پارک مناسب شامل روشهایی برای تشخیص پلاک خودرو و چهره راننده برای مسائل امنیتی نیز میباشد که عملکرد این قسمت از الگوریتم مورد مقایسه قرار نگرفته شده است.



شکل (۲): نمایی از پارکینگ‌ها و خودروهای موجود در یک شهر

معیارهای روش پیشنهادی برای اختصاص بهینه جای پارک ها به درخواست های کاربران شامل: زمان درخواست جای پارک، میزان فرصت راننده تا رسیدن به جای پارک، فاصله‌ی جای پارک تا مقصد و هزینه استفاده شده است.

به منظور ارزیابی سه روش فوق با یکدیگر، فرضیات درنظر گرفته شده برای شرایط پیاده سازی و عملکرد الگوریتم ها یکسان درنظر گرفته شده است و نتایج مختلف به دلیل عملکرد متفاوت این روشها است. شرایط اجرا بصورت زیر در نظر گرفته شده است:

الف) منطقه جغرافیایی ثابت برای هر سه روش درنظر گرفته شده است. (یک پارکینگ کنار خیابانی ثابت درنظر گرفته شده است.)

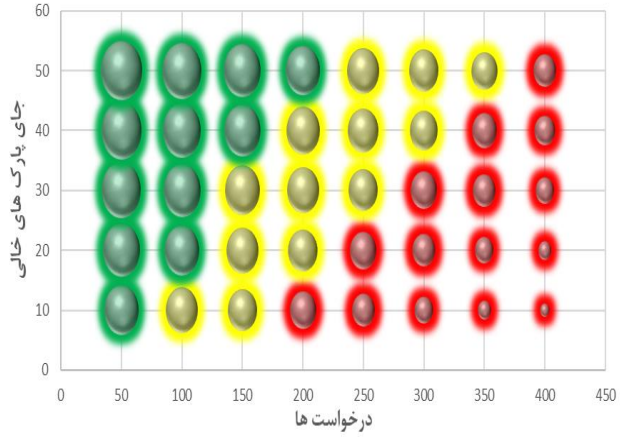
ب) زمان اجرای الگوریتم در طول شبانه روز برای هر سه روش یکسان درنظر گرفته شده است. (به دلیل اینکه ممکن است بعضی از ساعات در طول شبانه روز، جزو ساعات پر تردد و ترافیک باشد و بعضی از ساعات دیگر، جزو ساعات خلوتی خیابان به شمار آید، یک بازه زمانی یکسان برای همه درنظر گرفته شده است.)

ج) بازه ی تعداد درخواست کاربران از ۵۰ تا ۴۰۰ درنظر گرفته شده است.

د) تعداد بازه ی جای پارک های خالی از ۱۰ تا ۵۰ درنظر گرفته شده است.

ه) سخت افزار مورداستفاده برای هرسه روش CPU:ARM Cortex-A53 و ram: 1Gb درنظر گرفته شده است. این بردهای سخت افزاری مانند برد اصلی تلفن هوشمند می باشد که قابلیت نصب سیستم عامل های مختلف را دارا می باشد.

شکل ۳ میزان درصد تطابق درخواست‌ها و جای پارک‌های پیدا-شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود؛ ناحیه قرمز، نشان‌دهنده‌ی زمانی است که تعداد درخواست‌ها (خودروها) بسیار بیشتر از تعداد جای پارک‌های خالی می‌باشد. بنابراین، درصد موفقیت تطابق درخواست‌ها و جای پارک‌های پیداشده کمتر است. ناحیه زرد، نشان‌دهنده‌ی زمانی است که تعداد درخواست‌ها و تعداد جای پارک‌ها تقریباً باهم برابری می‌کنند.



شکل (۳): میزان درصد تطابق درخواست‌ها و جای پارک‌های پیداشده

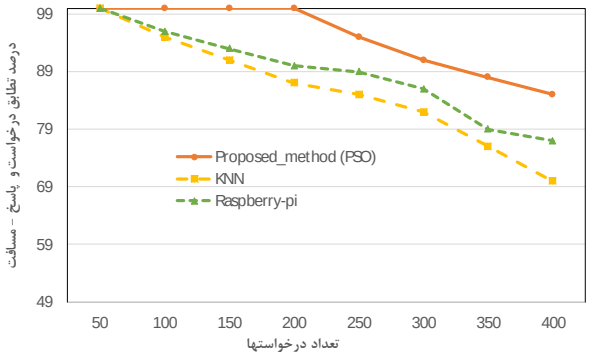
بنابراین، درصد موفقیت تطابق درخواست‌ها و جای پارک‌های پیداشده نیز باهم برابری می‌کنند. و ناحیه سبز، نشان‌دهنده‌ی زمانی است که تعداد درخواست‌ها کمتر از تعداد جای پارک‌های خالی می-باشد. بنابراین، درصد موفقیت تطابق درخواست‌ها و جای پارک‌های

www.SID.ir

Archive of SID

پیداشده بیشتر است (شعاع دایره‌ها، درصد موفقیت تطابق درخواست‌ها و جای پارک‌های پیداشده را نشان می‌دهد.).

شکل ۴ درصد تطابق درخواست‌ها و جای پارک پیداشده بر اساس مسافت را نمایش می‌دهد.

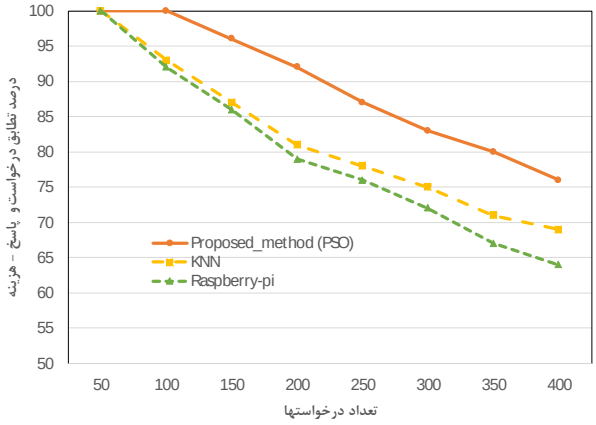


شکل (۴): درصد تطابق درخواست‌ها و جای پارک پیدا شده بر اساس مسافت

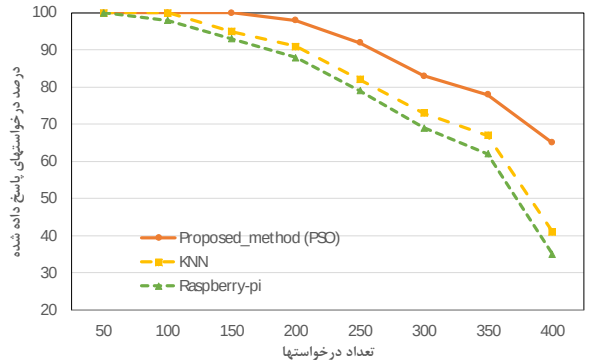
مشاهده می‌شود که در این نمودار به دلیل اینکه ضریب مسافت را بیشتر (۰/۴) در نظر گرفتیم، الگوریتم پیشنهادی (الگوریتم PSO) میزان اولویت بالاتر و دقت بیشتری بُعد مسافت را درنظر می گیرد و خیلی خوب پاسخ می‌دهد ولی الگوریتم KNN و روش Raspberry-pi به‌تنهایی، تمامی پارامترها را با اولویت یکسان بررسی می‌کند، بنابراین ضعیف‌تر عمل می‌کند. این الگوریتم صرفا نزدیکترین همسایه ها را به درخواست داده شده، پیدا می کند.

شکل ۵ درصد تطابق درخواست‌ها و جای پارک پیداشده بر اساس هزینه را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود در الگوریتم پیشنهادی (الگوریتم PSO) به دلیل اینکه طبق تابع هدف تعریف‌شده، تنها مقدار تعیین‌شده محاسبه می‌گردد، نسبت به الگوریتم KNN و یا روش Raspberry-pi (زیرا همه پارامترها، مثل هزینه، مسافت و مدت‌زمان استفاده محاسبه می‌گردد) پاسخ بهتری دریافت می‌شود.

درشکل ۶ به بررسی میزان درصد کاربرانی (رانندگان) که به درخواستشان پاسخ داده شده است، پرداخته خواهد شد.



شکل(۵): درصد تطابق درخواست‌ها و جای پارک پیداشده بر اساس هزینه

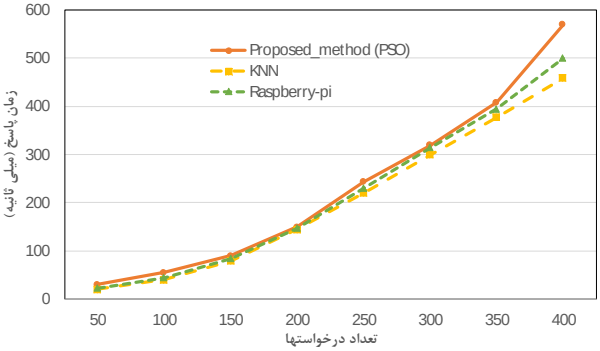


شکل (۶): میزان درصد کاربرانی (رانندگان) که به درخواستشان پاسخ داده شده است

مشاهده می‌شود که در حالت استفاده از الگوریتم پیشنهادی به دلیل بهینه‌بودن، تعداد درخواست‌های بیشتری نسبت به حالت استفاده از الگوریتم KNN و یا روش Raspberry-pi پاسخ داده می‌شود حدوداً تا ۱۰۰ درخواست اول هر سه الگوریتم به یک میزان به درخواست‌ها پاسخ می‌دهند، ولی از آن‌جا به بعد اختلاف پاسخ‌ها بیشتر می‌شود و الگوریتمی که از PSO استفاده نمی‌کند، مسیر بهینه را در نظر نمی‌گیرد و همه درخواست‌ها را باهم بررسی نمی‌کند، در پاسخ‌دهی به درخواست‌ها دچار اُفت می‌شود. رفته‌رفته هرچه تعداد درخواست‌ها بیشتر می‌شود، میزان اختلاف پاسخ‌دهی به درخواست‌ها نیز بیشتر می‌گردد. زیرا، الگوریتم پیشنهادی مکان‌ها و منابع را به‌صورت بهینه تقسیم می‌کند ولی KNN و یا روش Raspberry-pi قادر به این کار نمی باشد. پیچیدگی طبقه بندی در KNN با افزایش نمونه ها افزایش می یابد زیرا این امر مستقیماً با محاسبه فاصله متناسب است. از این رو این الگوریتم در مورد یک مجموعه داده بزرگ، خوب عمل نمیکند و کارائی کمی دارد.

شکل ۷ به بررسی مدت‌زمانی که طول می‌کشد که کاربر (راننده) به درخواستش پاسخ داده شود، می‌پردازد.

مشاهده می‌شود که هنگام استفاده از الگوریتم PSO مدت‌زمانی که طول می‌کشد به یک درخواست پاسخ داده شود، کمی بیشتر از زمانی است که از این الگوریتم استفاده نمی‌شود. این به دلیل وجود تکرار تعداد مراحلی در الگوریتم PSO است.



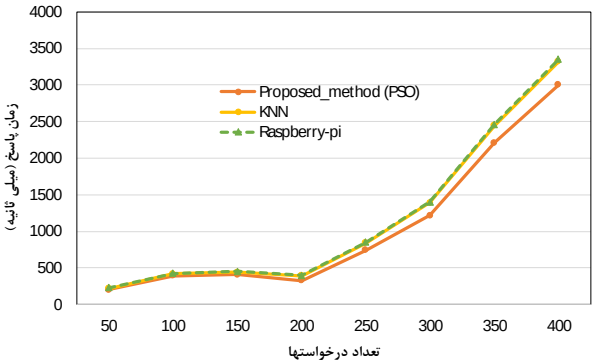
شکل (۷): زمان پاسخ به درخواست راننده

www.SID.ir

Archive of SID

در مراحل اولیه و درخواست‌های کم‌تر تفاوت زیادی مشاهده نمی‌شود، ولی با افزایش تعداد درخواست‌ها به دلیل افزایش تعداد پاسخ‌ها، اختلاف‌زمانی بیشتری نیز خواهیم داشت.

شکل ۸ به بررسی میزان فاصله‌ی پاسخی که الگوریتم ها داده اند با پاسخ بهینه‌ای را نشان می‌دهد.



شکل (۸): میزان اختلاف زمانی روش با جواب بهینه

در این نمودار برحسب کل مسافت طی شده بررسی‌ها انجام می‌شود. مشاهده می‌شود که در تعداد درخواست‌های پایین مسافتی که با استفاده از الگوریتم پیشنهادی طی می‌شود در مقایسه با الگوریتم دیگر تفاوتی ندارد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در درخواست‌های پایین، مطلوب است که بجای استفاده از الگوریتم پیشنهادی از الگوریتم‌های دیگری استفاده کنیم، زیرا به‌دلیل عدم وجود تکرار تعداد مراحلی در الگوریتم پیشنهادی، زمان کمتری صرف می‌شود. ولی با افزایش تعداد درخواست‌ها، مسافتی که با استفاده از الگوریتم پیشنهادی طی می‌شود، کاهش می‌یابد.

درنتیجه هنگام استفاده از الگوریتم پیشنهادی باوجوداینکه زمان بیشتری صرف می‌گردد، ولی درصد تطابق درخواست‌ها با جای پارک پیداشده بر اساس مسافت و هزینه افزایش‌یافته، همچنین تعداد درخواست‌های بیشتری پاسخ داده می‌شود و مسافت کمتری پیموده می‌شود. بنابراین مطلوب است که از الگوریتم پیشنهادی استفاده شود.

۶- نتیجه‌گیری

ازجمله خدمات موجود در یک شهر هوشمند می‌توان به مدیریت ترافیک و پارکینگ هوشمند اشاره کرد که با استفاده از حس‌گرهای ویژه مبتنی بر IoT، به‌طور اتوماتیک درحال انجام است. ازدحام را می‌توان با استفاده از برنامه مدیریت ترافیک کنترل کرد. به‌طوری‌که پارکینگ هوشمند خودرو، مردم را از وضعیت جاهای خالی پارکینگ، برای پیشرفت و کنترل از راه‌دور برنامه IoT آگاه می‌کند.

در این مقاله یک سیستم پیشنهاددهنده پارکینگ هوشمند کنار خیابان با استفاده از الگوریتم PSO ارائه شد. با استفاده از الگوریتم پیشنهادی کاربران (رانندگان) میتوانند به‌راحتی و در کوتاه‌ترین زمان ممکن جای پارک مطلوب خود را بر اساس معیارها و خواسته‌های خود پیدا کنند، و و در نتیجه باعث صرفه‌جویی در زمان، کاهش مصرف سوخت، ترافیک شهری، انتشار CO2 و افزایش ذخیره انرژی می شود. در این مقاله کاربر (راننده)، هزینه‌ی جای پارک، مسافت (فاصله) جای پارک تا مقصد، مدت‌زمان استفاده و رزرو جای پارک و... را به‌عنوان مشخصات و پارامترهای ورودی به سیستم می‌دهد، و سیستم این ورودی‌ها را با استفاده از روش PSO با یکدیگر ترکیب کرده و خروجی بهترین جای پارک موجود با توجه به معیارهای درخواست‌شده کاربر خواهد بود. طبق ارزیابی‌ها و مقایسه‌های انجام شده هنگام استفاده از الگوریتم پیشنهادی باوجوداینکه زمان بیشتری صرف می‌گردد، ولی درصد تطابق درخواست‌ها با جای پارک پیداشده بر اساس مسافت و هزینه افزایش‌یافته، همچنین تعداد درخواست‌های بیشتری پاسخ داده می‌شود و مسافت کمتری پیموده می‌شود.

مراجع

[1] S. Mukherjee and G. Biswas, "Networking for IoT and applications using existing communication technology," Egyptian Informatics Journal, vol. 19, pp. 107-127, 2018.

[2] I. Khajenasiri, A. Estebsari, M. Verhelst, and G. Gielen, "A review on Internet of Things solutions for intelligent energy control in buildings for smart city applications," Energy Procedia, vol. 111, pp. 770-779, 2017.

[3] C. Roman, R. Liao, P. Ball, S. Ou, and M. de Heaver, "Detecting on-street parking spaces in smart cities: performance evaluation of fixed and mobile sensing systems," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 19, pp. 2234-2245, 2018.

[4] F. Al-Turjman and A. Malekloo, "Smart parking in IoT-enabled cities: A survey," Sustainable Cities and Society, vol. 49, p. 101608, 2019.

[5] V. Paidi, H. Fleyeh, J. Håkansson, and R. G. Nyberg, "Smart parking sensors, technologies and applications for open parking lots: a review," IET Intelligent Transport Systems, vol. 12, pp. 735-741, 2018.

[6] J. J. Barriga, J. Sulca, J. L. León, A. Ulloa, D. Portero, R. Andrade, et al., "Smart parking: a literature review from the technological perspective," Applied Sciences, vol. 9, p. 4569, 2019.

[7] M. Arab and T. Nadeem, "Magnopark-locating on-street parking spaces using magnetometer-based pedestrians' smartphones," in 2017 14th Annual IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking (SECON), 2017, pp. 1-9.

[8] T. Lin, H. Rivano, and F. Le Mouël, "A survey of smart parking solutions," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 18, pp. 3229-3253, 2017.

[9] M. Wang, H. Dong, X. Li, L. Song, and D. Pang, "A novel parking system designed for smart cities," in 2017 Chinese Automation Congress (CAC), 2017, pp. 3429-3434.

[10] D. Gharavian and A. Rahdar, "Energy and Delay Optimization for Wireless Sensor Network Routing," Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers, vol. 17, pp. 91-102, 2020.

[11] A. Gholamrezaee, H. Farrokhi, and J. Zeraatkar Moghaddam, "Fairness Resource Allocation for MIMO OFDM-based Multicast System using GA/PSO," Journal

www.SID.ir

Archive of SID

of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers, vol. 17, pp. 69-77, 2020.
[12] M. Chester, A. Fraser, J. Matute, C. Flower, and R. Pendyala, "Parking infrastructure: A constraint on or opportunity for urban redevelopment? A study of Los Angeles County parking supply and growth," Journal of the American Planning Association, vol. 81, pp. 268-286, 2015.
[13] G. Revathi and V. S. Dhulipala, "Smart parking systems and sensors: A survey," in 2012 International Conference on Computing, Communication and Applications, 2012, pp. 1-5.
[14] M. Idris, Y. Leng, E. Tamil, N. Noor, and Z. Razak, "Car park system: a review of smart parking system and its technology," Information Technology Journal, vol. 8, pp. 101-113, 2009.
[15] E. Polycarpou, L. Lambrinos, and E. Protopapadakis, "Smart parking solutions for urban areas," in 2013 IEEE 14th International Symposium on" A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks"(WoWMoM), 2013, pp. 1-6.
[16] T. Delot, S. Ilarri, S. Lecomte, and N. Cenerario, "Sharing with caution: Managing parking spaces in vehicular networks," Mobile Information Systems, vol. 9, pp. 69-98, 2013.
[17] S. Mahmud, G. Khan, M. Rahman, and H. Zafar, "A survey of intelligent car parking system," Journal of applied research and technology, vol. 11, pp. 714-726, 2013.
[18] T. N. Pham, M.-F. Tsai, D. B. Nguyen, C.-R. Dow, and D.-J. Deng, "A cloud-based smart-parking system based on Internet-of-Things technologies," IEEE Access, vol. 3, pp. 1581-1591, 2015.
[19] Z. Ji, I. Ganchev, M. O'Droma, and X. Zhang, "A cloud-based intelligent car parking services for smart cities," in 2014 XXXIth URSI General Assembly and Scientific Symposium (URSI GASS), 2014, pp. 1-4.
[20] P. Sadhukhan, "An IoT-based E-parking system for smart cities," in 2017 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), 2017, pp. 1062-1066.
[21] C. Lee, Y. Han, S. Jeon, D. Seo, and I. Jung, "Smart parking system for Internet of Things," in 2016 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), 2016, pp. 263-264.
[22] J. Shi, L. Jin, J. Li, and Z. Fang, "A smart parking system based on NB-IoT and third-party payment platform," in 2017 17th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT), 2017, pp. 1-5.
[23] O. Olumolade, H. Jiang, A. Forde, Y. Almania, B. Alsahli, Y. Zhang, et al., "The design and implementation of a smart parking meter for Internet of Vehicle (IoV)," in 2017 IEEE 8th Annual Ubiquitous Computing, Electronics and Mobile Communication Conference (UEMCON), 2017, pp. 488-493.
[24] K. Banti, M. Louta, and G. Karetsos, "ParkCar: a smart roadside parking application exploiting the mobile crowdsensing paradigm," in 2017 8th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA), 2017, pp. 1-6.
[25] E. C. Thangam, M. Mohan, J. Ganesh, and C. Sukesh, "Internet of Things (IoT) based Smart Parking Reservation System using Raspberry-pi," International Journal of Applied Engineering Research, vol. 13, pp. 5759-5765, 2018.
[26] M. Kulkarni and S. S, "Prediction of Parking Availability by Sensor-Enabled Car Parking Slots," International Journal of Computer Applications, vol. 181, pp. 36-39, 07/16 2018.
[27] D. Bhavani and M. R. Ghalib, "Internet of Things Based Smart Car Parking System Using K-Nearest Neighbour Algorithm to Find the Nearest Slot," Journal of Computational and Theoretical Nanoscience, vol. 15, pp. 2040-2045, 2018.
[28] J. Lin, S.-Y. Chen, C.-Y. Chang, and G. Chen, "SPA: Smart parking algorithm based on driver behavior and parking traffic predictions," IEEE Access, vol. 7, pp. 34275-34288, 2019.
[29] S. R. Rizvi, S. Zehra, and S. Olariu, "Aspire: An agent-oriented smart parking recommendation system for smart cities," IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, vol. 11, pp. 48-61, 2018.
[30] F. V. Monteiro and P. Ioannou, "On-street parking prediction using real-time data," in 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2018, pp. 2478-2483.
[31] Y. Saleem, P. Sotres, S. Fricker, C. L. de la Torre, N. Crespi, G. M. Lee, et al., "IoTRec: The IoT Recommender for Smart Parking System," IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing, 2020.
[32] F. Marini and B. Walczak, "Particle swarm optimization (PSO). A tutorial," Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, vol. 149, pp. 153-165, 2015.
[33] M. Clerc, Particle swarm optimization vol. 93: John Wiley & Sons, 2010.
[34] D. P. Rini, S. M. Shamsuddin, and S. S. Yuhaniz, "Particle swarm optimization: technique, system and challenges," International journal of computer applications, vol. 14, pp. 19-26, 2011.

[1] Parking Meter
[2] Narrowband Internet of Things
[3] Internet of Vehicles
[4] Smart Parking Meter
[5] K-Nearest Neighbors

www.SID.ir