پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۹
ص. ۱۵۰۹- ۱۴۹۳
DOI: 10.22059/jhgr.2020.292755.1008036

سامانهٔ پارکینگ‌یاب شهروندمحور مبتنی بر تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ مکان‌آگاه

محمدرضا جلوخانی نیارکی* ـ دانشیار گروه سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران
علیرضا سرسنگی علی‌آباد ـ دانشجوی دکتری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران
نرجس محمودی وانعلیا ـ کارشناس‌ارشد سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۱۳

چکیده

مشکل پارکینگ یکی از موضوعات مهم در زندگی شهری است؛ زیرا بسیاری از شهروندان مقدار زیادی از انرژی و زمان خود را برای یافتن پارکینگ مناسب از دست می‌دهند. علاوه بر این، افزایش مصرف سوخت، حجم ترافیک، و رانندگی‌های غیرضروری مشکلات اجتماعی، اقتصادی، و زیست‌محیطی فراوانی برای شهروندان به‌وجود می‌آورد. در همین راستا، در این مقاله یک سامانهٔ شهروندمحور مبتنی بر تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ مکان‌آگاه و GIS برای جست‌وجو و مسیریابی پارکینگ‌ها ارائه شده است. این برنامهٔ کاربردی از سه بخش اصلی تشکیل شده که شامل دو بخش مدیریت پارکینگ محلی و مدیریت جامع پارکینگ‌ها در بستر وب و یک بخش پارکینگ‌یاب مبتنی بر تلفن همراه است. بخش‌های کاربردی مدیریت پارکینگ محلی و مدیریت جامع پارکینگ‌ها اطلاعات مربوط به هر پارکینگ را جمع‌آوری و به بخش کاربردی پارکینگ‌یاب منتقل می‌کنند. شهروندان می‌توانند با تعیین اولویت معیارهای موجود در بخش پارکینگ‌یاب مناسب‌ترین پارکینگ و مسیر دست‌یابی به آن را دریافت کنند. از این برنامه به‌منظور بهبود مسیریابی جای پارک در شهر یزد استفاده شد. در ادامه، به‌منظور ارزیابی برنامه، از ۵۵ نفر از شهروندانی که از آن استفاده کرده‌اند نظرسنجی شد. نتایج نشان می‌دهد ۳۶/۴ درصد از افراد شرکت‌کننده بیشتر از ۱۰ بار در ماه و بیشتر در ساعات بعد از ظهر (۶۳/۶ درصد) و روزهای تعطیل (۲۰ درصد) از این برنامه استفاده کرده‌اند. همچنین، این برنامه سبب کاهش زمان جست‌وجو (۵۴/۵ درصد به میزان کمتر از ۱۰ دقیقه و ۱۶/۴ درصد بیش از ۱۵ دقیقه) و افزایش کارایی استفاده از سیستم‌های پارکینگ شده است.

کلیدواژه‌ها: پارکینگ‌یاب، تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ مکان‌آگاه، سامانهٔ شهروندمحور، مسیریابی، یزد، GIS.

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۴۵۰۰۰۸۶ Email: mrjelokhani@ut.ac.ir

مقدمه

یافتن پارکینگ عمومی مناسب به‌منظور پارک خودروها یکی از مشکلات مهم شهروندان به‌شمار می‌آید. رانندگان زمان و مسافت زیادی را صرف یافتن پارکینگ عمومی مناسب می‌کنند که این امر سبب افزایش ترافیک، آلودگی هوا، مصرف سوخت و خستگی و سردرگمی رانندگان می‌شود. از طرفی، افزایش رو به رشد جمعیت شهرها و وسایل نقلیه به‌خصوص در مناطق توریستی سبب شده تا مسئلهٔ به دنبال جای پارک گشتن و یافتن پارکینگ مناسب مورد توجه و اهمیت فراوانی قرار گیرد که با توجه به فقدان تعداد پارکینگ مناسب و همچنین نبود اطلاعات کافی از پارکینگ‌های موجود در سطح شهرها این مسئله با مشکلات فراوانی روبه‌روست. این امر به‌خصوص در ساعات اوج شلوغی که بسیاری از شهروندان هم‌زمان به دنبال جای پارک هستند سبب رانندگی‌های غیرضروری و افزایش حجم ترافیک و راهبندان در مراکز شهری می‌شود (لیو و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۴۶۱۳). همهٔ این موارد در کنار سر و صدای ناشی از تعداد فراوان خودروها و آلودگی ناشی از دود اگزوز آن‌ها موجب سلب آرامش شهروندان می‌شود و مشکلات اجتماعی و اقتصادی فراوانی نیز برای آن‌ها به دنبال دارد.

در حال حاضر، بسیاری از شهرها با استفاده از فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات و به‌منظور سهولت تحرک و جابه‌جایی‌های روزانهٔ شهری، سامانه‌های پارکینگ‌یاب مکان‌آگاه را توسعه داده‌اند. این سامانه‌ها با ترکیب ارتباطات مخابراتی، سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)[1] و سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS)[2] دسترسی به اطلاعات پارکینگ‌ها را در زمان مورد نیاز رانندگان امکان‌پذیر می‌کنند و مؤثرترین راه را برای هدایت به فضاهای خالی پارکینگ‌ها نشان می‌دهند (شین و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۶). طراحی این سامانه‌ها به‌صورت برنامه‌های کاربردی تحت وب بوده و از طریق دستگاه‌های تلفن همراه یا رایانه‌های شخصی (لپتاپ) در دسترس می‌باشند. وظیفهٔ اصلی این برنامه‌های کاربردی مسیریابی و انتخاب مناسب‌ترین پارکینگ براساس ارزیابی پارکینگ‌های موجود است. برای این منظور، این سامانه‌ها با به‌کارگیری تحلیل‌های تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ مکانی (GIS-MCDA)[3] مجموعه‌ای از معیارهای مؤثر بر انتخاب یک پارکینگ را با اعمال وزن هر یک از آن‌ها با یکدیگر ترکیب و مناسب‌ترین پارکینگ را معرفی می‌کنند.

تاکنون مطالعات متعددی در زمینهٔ مدیریت پارکینگ‌های شهری به‌عنوان بخشی از سیستم حمل و نقل مکان‌آگاه انجام شده است. مثلاً، رادیر و شاهن (۲۰۱۰) در پژوهش خود به ارزیابی اولین پروژهٔ پارکینگ‌یابی مکان‌آگاه در ایالات متحده پرداخته‌اند. نتایج حاصل از ارزیابی نشان داد به‌کارگیری پروژهٔ پارکینگ‌یابی مکان‌آگاه سبب کاهش زمان رفت‌وآمد و کاهش مسافت طی‌شده توسط رانندگان می‌شود. کینیانجوی و کوهانگ (۲۰۱۳) در مقالهٔ خود به‌کارگیری تلفن همراه را در طراحی و توسعهٔ سامانه‌های مدیریت فضاهای پارک بررسی و آزمایش کردند. هدف اصلی از این پژوهش کاهش یا از بین بردن فسادهای پرداختی هزینه‌های پارک و بهبود درآمد اقتصادی حاصل از آن از طریق حذف پول نقد و کاهش زمان صرف‌شده برای یافتن جای پارک مناسب است. بچینی و همکاران (۲۰۱۳) در مقالهٔ خود یک برنامهٔ تلفن همراه و یک سامانهٔ اطلاعاتی مربوطه را برای تعیین موقعیت و انتخاب پارکینگ‌های مناسب معرفی کردند. این برنامه همچنین قادر است تا پس از ثبت ماشین توسط کاربر از طریق اسکن کد QR[4]، که در مقابل پارکینگ قرار دارد، وضعیت جدید را به‌طور خودکار به‌روز و در سامانه ثبت کند. گرازیالی و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهش خود سامانه‌ای را به‌صورت برنامهٔ کاربردی تلفن همراه، برای کاربران و ناظران پارکینگ ارائه کردند. این سامانهٔ پیشنهادی با نقشه‌های

1. Geographic Information System
2. Global Positioning System
3. GIS-based Multi-Criteria Decision Analysis
4. Quick response

گوگل ترکیب می‌شود و، ضمن نمایش پارکینگ‌های موجود در شهر و جزئیات آن‌ها، به کاربران اجازه می‌دهد تا دانش خود را درمورد استفاده از پارکینگ به اشتراک بگذارند. این سامانه کاربران را به پارکینگ مورد نظر خود هدایت می‌کند و ناظر پارکینگ نیز می‌تواند ماشین‌های پارک‌شده در محدوده را کنترل کند. الخدر و همکاران (۲۰۱۶)، در پژوهش خود، با طراحی یک سامانهٔ پیشنهادی، مشکل کمبود پارکینگ را در شهر ابوظبی امارات بررسی کردند. این پژوهش بر دو جنبهٔ اصلی تمرکز دارد: ابتدا برای ارزیابی مقیاس مشکل پارکینگ در ابوظبی، یک نظرسنجی تهیه و بین ۵۰۰ شرکت‌کننده توزیع شد. سپس، یک چارچوب فنی برای توسعهٔ نرم‌افزار هوشمند تلفن همراه جهت بهبود مدیریت پارکینگ در ابوظبی توسعه یافت. نتایج نشان می‌دهد که برنامهٔ تلفن همراه پیشنهادشده به کاهش زمان صرف‌شده برای جست‌وجوی پارکینگ و افزایش کارایی سامانهٔ پارکینگ در ابوظبی کمک می‌کند. آنیتا و همکاران (۲۰۱۷) پژوهشی با نام «سامانهٔ پارکینگ‌یاب هوشمند با استفاده از برنامهٔ اندروید» به انجام رساندند. در این مطالعه، با استفاده از قابلیت‌های برنامهٔ طراحی‌شده، مدت زمان لازم برای رزرو فضای پارکینگ در مناطق متراکم تجاری کاهش می‌یابد. همچنین، در این برنامه کاربر قادر به دیدن فضا و تراکم پارکینگ است و می‌تواند با استفاده از کارت اعتباری فضای پارکینگ مورد نظر خود را رزرو کند. شین و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهش خود با طراحی یک سامانهٔ پارکینگ‌یاب هوشمند یک روش کنترل‌کنندهٔ مبتنی بر شبکهٔ عصبی پیشنهاد کردند که قادر است وزن‌های مناسب را برای معیارهای موجود در سامانه به‌طور پویا تعیین کند. روش پیشنهادی می‌تواند عملکرد سامانهٔ هدایت پارکینگ هوشمند را از طریق کنترل پویا در انتخاب بهترین پارکینگ افزایش دهد.

بررسی پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهد در بیشتر موارد شناسایی فضاهای خالی موجود در پارکینگ‌ها براساس سنسورهای تعبیه‌شده در پارکینگ انجام می‌گیرد و برنامه‌هایی که مبتنی بر تلفن همراه طراحی و پیشنهاد شده‌اند نقش مهمی در مدیریت مؤثر پارکینگ‌ها ایفا می‌کنند. ولی در همهٔ این پژوهش‌ها علایق تمام رانندگان یکسان درنظر گرفته شده است و به نظر شخصی هر راننده در انتخاب پارکینگ مناسب توجهی نمی‌شود. بدین منظور، در این پژوهش، برنامه‌ای طراحی شده که با درنظرگرفتن معیارهای ثابت و وزن‌های متغیر مناسب‌ترین پارکینگ و مسیر دست‌یابی به آن را برای رانندگان فراهم می‌کند. در این برنامهٔ پیشنهادی، رانندگان می‌توانند، با اختصاص وزن به هر یک از معیارهای موجود در سامانه، میزان تأثیر هر یک از آن‌ها را در شناسایی پارکینگ مناسب تعیین کنند.

هدف اصلی از این پژوهش ارائهٔ یک برنامهٔ مکان‌آگاه مبتنی بر تلفن همراه جهت تعیین مناسب‌ترین پارکینگ با توجه به معیارهای فاصله، هزینهٔ پارک، و تعداد فضاهای خالی پارکینگ به‌منظور کاهش پارک غیرمجاز ماشین، بهبود سرعت حمل‌ونقل و جریان ترافیک و ایجاد آرامش نسبی برای شهروندان است. همچنین، امکان مسیریابی بهینه و ارائهٔ زمان تقریبی رسیدن به پارکینگ انتخاب‌شده نیز برای رانندگان فراهم شده است. در ادامه به‌منظور ارزیابی کیفیت برنامهٔ پیشنهادی نظرسنجی‌ای در قالب پرسش‌نامه از کاربران برنامه انجام گرفته شده است. در این پژوهش، شهر یزد، به‌دلیل اولین قطب میراث فرهنگی و گردشگری کشور و داشتن جاذبه‌های توریستی فراوان، منطقهٔ مورد مطالعه برای اجرای برنامهٔ پیشنهادی انتخاب شده است.

مبانی نظری

امروزه، زندگی در شهرها، با توجه به ساختارهای پیچیدهٔ فضایی- کالبدی، فعالیت‌های اقتصادی، صنعتی، اجتماعی، و نیازهای فزایندهٔ فرهنگی- فراغتی شهروندان، بیش از هر دورهٔ دیگری وابسته به سفرهای درون‌شهری و بنابراین خدمات و زیرساخت‌های حمل و نقل است (جمشیدزاده، ۱۳۸۷: ۲۴). حمل و نقل از ضرورت‌های جامعهٔ انسانی است و در کنار

مسکن، کار، و گذران اوقات فراغت، یکی از چهار عملکـرد اساسی شهر قلمداد شده است؛ به گونه‌ای که زندگی شهری امروز را بدون آن نمی‌توان تـصور کرد (جهانشاهلو و امینی، ۱۳۸۵: ۱). یک سیستم حمل‌ونقل شهری پایدار در جوامع شهری به دنبال فراهم‌کردن مؤثرترین روش جابه‌جایی مسافر و کالا با حداقل میزان مصرف انرژی، مسافت، ترافیک، و اثرهای زیست‌محیطی نظیر آلودگی هوا و صداست.

پارک خودرو در محیط شهری یکی از رایج‌ترین و مهم‌ترین مشکلات جوامع انسانی در شهرهاست. با رشد جمعیت و توسعهٔ شهرنشینی، افزایش تعداد خودروهای شخصی، کمبود فضای پارک و همچنین تقاضای بالای پارکینگ در کنار مراکز تجاری، ادارات، مؤسسات، مدارس، واحدهای صنفی، و مشاغل پُرمخاطب، پیداکردن جای پارک مناسب در خیابان‌های اصلی شهر به یکی از چالش‌های مهم شهری تبدیل شده است (داو و همکاران، ۲۰۱۹: ۱۵۳؛ هورنگ، ۲۰۱۹: ۳۴۹). پارکینگ‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های شهری اگر به‌درستی در دسترس شهروندان قرار نگیرند، سبب توقف‌های بیجا و افزایش ترافیک معابر خواهند شد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۱۴).

روش‌های مختلف کمی و کیفی جغرافیایی به‌ویژه جغرافیای حمل و نقل با بررسی اثرهای متقابل انسان و سیستم فضایی/ مکانی حمل و نقل بر روی یکدیگر نقش مهمی در بررسی و ارزیابی اثرهای جست‌وجوی فضاهای پارک و پارکینگ‌های عمومی در محیط شهری ایفا می‌کنند. مطالعات جغرافیایی نشان می‌دهد معمولاً جست‌وجوی پارکینگ‌های عمومی یا پارک‌های حاشیه‌ای در خیابان‌ها به‌ویژه در مراکز پُرتراکم شهری به اتلاف وقت، خستگی راننده و سرنشینان، طی مسافت‌های طولانی، ایجاد ترافیک، آلودگی هوا و محیط زیست، تصادفات، و مصرف بالای سوخت منجر می‌شود (شاپ، ۲۰۰۶: ۴۷۹؛ میلارد- بال و همکاران، ۲۰۱۴: ۷۶؛ رودس و همکاران، ۲۰۱۴: ۱۱۹؛ ماکوسکی و همکاران، ۲۰۱۵: ۶۶؛ تاسرون و همکاران، ۲۰۱۶: ۳۴؛ گریج و همکاران، ۲۰۱۶: ۱۴۲۸؛ عالمی و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۸۷؛ کائو و منندز، ۲۰۱۸: ۱۵۱).

علم جغرافیای حمل و نقل با تلفیق مفاهیم، روش‌ها، مدل‌ها، و فناوری‌های دو شاخهٔ علمی و مستقل جغرافیا و حمل و نقل راهکارهای مناسبی به‌منظور حل مشکلات جغرافیایی در حوزهٔ حمل و نقل فراهم می‌کند. از آنجا که بسیاری از مشکلات حمل و نقل شهری دارای ماهیت مکانی یا فضایی است، به‌کارگیری ابزارهای جغرافیایی مانند GIS می‌تواند نقش مهمی در مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل این مشکلات ایفا کند.

از این رو، در این مقاله سعی شده تا با ارائهٔ یک سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی یا GIS شهروندمحور مبتنی بر تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ مکان‌آگاه، فرایند جست‌وجوی پارکینگ‌ها برای شهروندان بهبود داده شود. هدف اصلی این سامانهٔ پارکینگ‌یاب مکان‌آگاه حل مشکلات پارک خودروها با بهبود جست‌وجو و مسیریابی پارکینگ‌های موجود در شهرهاست. GIS شهروندمحور به دنبال مفاهیم، مکانیزم‌ها، فناوری‌ها، سیاست‌گذاری‌ها، و استانداردهای ساختاریافتهٔ مکان‌مبنایی است که بتواند امکان ارائهٔ خدمات به شهروندان و تعامل با آن‌ها را فراهم کند (جلوخانی نیارکی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۱۸؛ جلوخانی نیارکی و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۴۴). سامانه‌های وب GIS مجموعه‌ای از ابزارهای نمایش و تحلیل مکانی لازم را برای شهروندان در راستای حل مشکلات، برنامه‌ریزی، و تصمیم‌گیری‌های شهری فراهم می‌نمایند (جلوخانی نیارکی و همکاران، ۱۳۹۵: ۴). تلفیق قابلیت‌های وب (تولید و دسترسی به داده‌ها در هر مکان و زمان و توسط هر شبکه و وسیله‌ای) و GIS (جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، پردازش، و تولید اطلاعات مکانی) ابزارهای قدرتمندی برای توسعهٔ سامانه‌های مکان‌آگاه و GIS شهروندمحور به‌وجود می‌آورد (فرجی سبکبار و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۳؛ حسین‌پور و ملک، ۱۳۹۳: ۵۲؛ عزیزخانی و ملک، ۱۳۹۷: ۱۲).

دستگاه‌های تلفن همراه، به‌دلیل داشتن GPS، مکان‌های مورد نظر کاربران را به‌راحتی شناسایی می‌کند و در هر مکان و زمان در دسترس شهروندان قرار دارد. در دسترس بودن و قیمت مناسب تلفن همراه به پذیرش آن به‌عنوان یک

ابزار اصلی در جامعه منجر و موجب می‌شود تا از این فناوری نه‌تنها در کشورهای در حال توسعه بلکه در کشورهای توسعه‌یافته برای توسعهٔ فناوری‌ها استفاده شود (کینیانجوی و کوهانگ، ۲۰۱۳: ۲۳). خوشبختانه، در سال‌های اخیر، بیشتر شهروندان به فناوری‌های تلفن همراه هوشمند با امکان اتصال به اینترنت و سیستم GPS دسترسی دارند و با این ابزارها روز به روز آشناتر می‌شوند (جلوخانی نیارکی و همکاران، ۱۳۹۵: ۴). در نتیجه، به‌کارگیری یک سیستم عامل هوشمند برای ایجاد و توسعهٔ پارکینگ‌های جدید عملی و مقرون به صرفه است (لیو و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۲).

روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره در پاسخ به ناتوانی انسان در تجزیه و تحلیل مشکلات پیچیدهٔ تصمیم‌گیری ارائه شده‌اند. هدف کلی این روش‌ها کمک به فرایند تصمیم‌گیری و انتخاب بهترین گزینه از میان گزینه‌های موجود است. در ابتدایی‌ترین سطح، تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره فرایندی است که طی آن از طریق یک قانون تصمیم‌گیری مقادیر معیارهای گزینه‌های مختلف و ارجحیت مشخص‌شده توسط تصمیم‌گیران با یکدیگر ترکیب می‌شود و اولویت نهایی هر یک از گزینه‌ها تعیین می‌شود. این فرایند از طریق ترکیب قابلیت‌های GIS و روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام می‌گیرد. منطق اصلی در یک‌پارچه‌سازی GIS و روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره این است که این دو زمینهٔ علمی مجزا می‌توانند یکدیگر را تکمیل کنند (بروشکی و مالچسکی، ۲۰۱۰: ۲۳). در حالی که GIS به‌عنوان یک ابزار قدرتمند و یک‌پارچه با قابلیت‌های منحصربه‌فرد برای ذخیره‌سازی، دستکاری، تجزیه و تحلیل و نمایش اطلاعات جغرافیایی به رسمیت شناخته شده است، تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره یک مجموعهٔ غنی از روش‌ها و الگوریتم‌های ساختاری را برای تصمیم‌گیری، طراحی، ارزیابی، و اولویت‌بندی گزینه‌ها فراهم می‌کند (جلوخانی نیارکی و مالچسکی، ۲۰۱۵: ۴۹۳؛ جلوخانی نیارکی، ۲۰۱۳: ۲۰).

برنامه‌های شهروندمحور مبتنی بر روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ مکانی همراه امکانات متعدد مکانی را برای کاربران تلفن همراه فراهم می‌کند و از اطلاعات مربوط به مکان فعلی کاربران به‌عنوان ورودی آنالیزهای پشتیبان تصمیم‌گیری استفاده می‌کند. تاکنون بیشتر برنامه‌های کاربردی تلفن همراه در راستای تصمیم‌گیری‌های فردی طراحی شده و اغلب در مسیریابی‌ها و فعالیت‌های اجتماعی- اوقات فراغت از آن استفاده می‌شود (مالچسکی و رینر، ۲۰۱۵: ۳۲۱). امروزه نیز بعضی از این برنامه‌ها مانند سامانه‌های پارکینگ‌یاب مکان‌آگاه با رویکرد خدمات مبتنی بر مکان[1] توسعه یافته‌اند (جلوخانی نیارکی و مالچسکی، ۲۰۱۲: ۱۰).

این تحقیق با بهره‌گیری از مفاهیم، نظریه‌ها، و فناوری‌های موجود در جغرافیای حمل و نقل (سیستم‌های جغرافیایی حمل و نقل) به طراحی و توسعهٔ یک سامانهٔ پارکینگ‌یاب شهروندمحور مبتنی بر تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ مکان‌آگاه می‌پردازد. شکل ۱ چارچوب مفهومی سامانهٔ شهروندمحور مکان‌آگاه طراحی‌شده در این پژوهش را نشان می‌دهد. مطابق شکل ۱، این سامانه از چهار بخش اصلی تشکیل شده است. همهٔ داده‌ها و اطلاعات مکانی مورد نیاز این سامانه در پایگاه داده‌مکانی آن ذخیره شده‌اند. این داده‌ها از طریق GIS تجزیه و تحلیل و به کاربران نمایش داده می‌شوند. در بخش تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره، اولویت‌های اختصاص‌داده‌شده به معیارهای موجود در سامانه توسط شهروندان با داده‌های مکانی موجود در سامانه ترکیب می‌شود و مناسب‌ترین پارکینگ را شناسایی می‌نماید. در بخش سرور، داده‌های مکانی مربوط به پارکینگ‌های سطح شهر مدیریت می‌شود. در پایان، با استفاده از قابلیت‌های GPS موجود در تلفن همراه و تشخیص مکان فعلی کاربران، مناسب‌ترین پارکینگ و مسیر دست‌یابی به آن در اختیار کاربران قرار می‌گیرد.

1. Location-based service

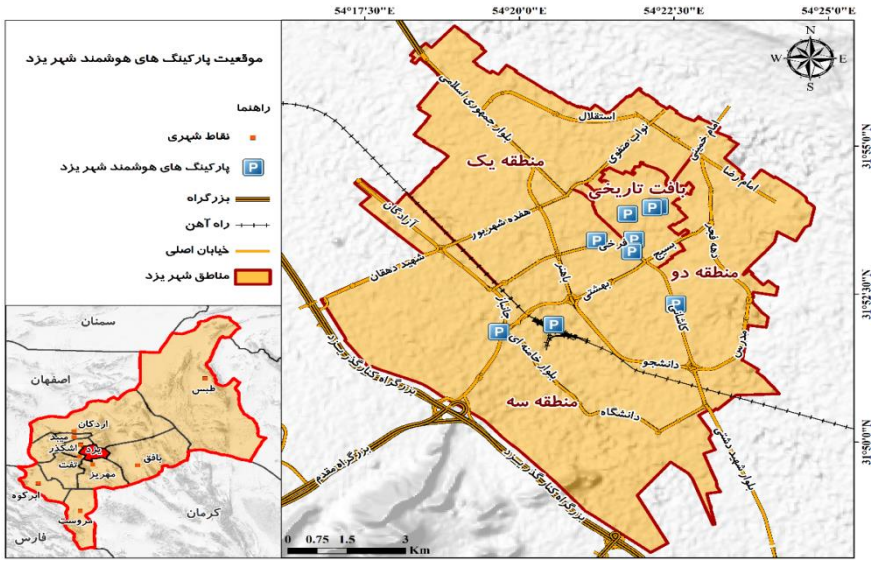
شکل ۱. چارچوب مفهومی سامانهٔ پارکینگ‌یاب شهروندمحور مکان‌آگاه

منبع: نگارندگان

روش پژوهش

محدودهٔ مورد مطالعه

شهر یزد در مرکز استان یزد واقع شده و با مساحت حدود ۱۱۰ کیلومتر مربع هفتمین شهر بزرگ ایران است. این شهر در سال ۱۳۹۵ به سه منطقه و یک ناحیهٔ تاریخی تقسیم شد و جمعیتی حدود ۵۰۰ هزار نفر را تحت پوشش قرار می‌دهد. جمعیت منطقهٔ یک شامل ۱۵۵۰۷۳ نفر، منطقهٔ دو ۱۴۴۱۵۱ نفر، منطقهٔ سه ۱۹۵۳۷۴ نفر و ناحیهٔ تاریخی شامل ۲۲۳۵۷ نفر است. شهر یزد از جمله شهرهای تاریخی و منحصربه‌فرد و یکی از زیباترین شهرهای خشتی دنیاست که با داشتن جاذبه‌های زیبا و کم‌نظیر همه‌ساله گردشگران و مسافران زیادی را به‌سوی خود جلب می‌کند. از این رو، در شهر یزد برای فراهم‌کردن شرایط رفاهی مسافرانی که با خودروهای شخصی سفر می‌کنند، پارکینگ‌های مطلوبی درنظر گرفته شده است. اهمیت مدیریت این پارکینگ‌ها با توجه به ثبت جهانی شهر یزد در یونسکو بسیار حائز اهمیت است؛ زیرا میزان ورود مسافران و گردشگران با افزایش چشم‌گیری روبه‌روست. در حال حاضر، بیش از ۱۰۰ پارکینگ عمومی در شهر یزد شناسایی شده است؛ در حالی که فقط در ۹ پارکینگ اقدامات لازم برای مکانیزه‌شدن و هوشمندسازی انجام گرفته است. شکل ۲ مناطق شهر یزد و پارکینگ‌های مورد استفاده در برنامهٔ پیشنهادی تلفن همراه را نمایش می‌دهد.

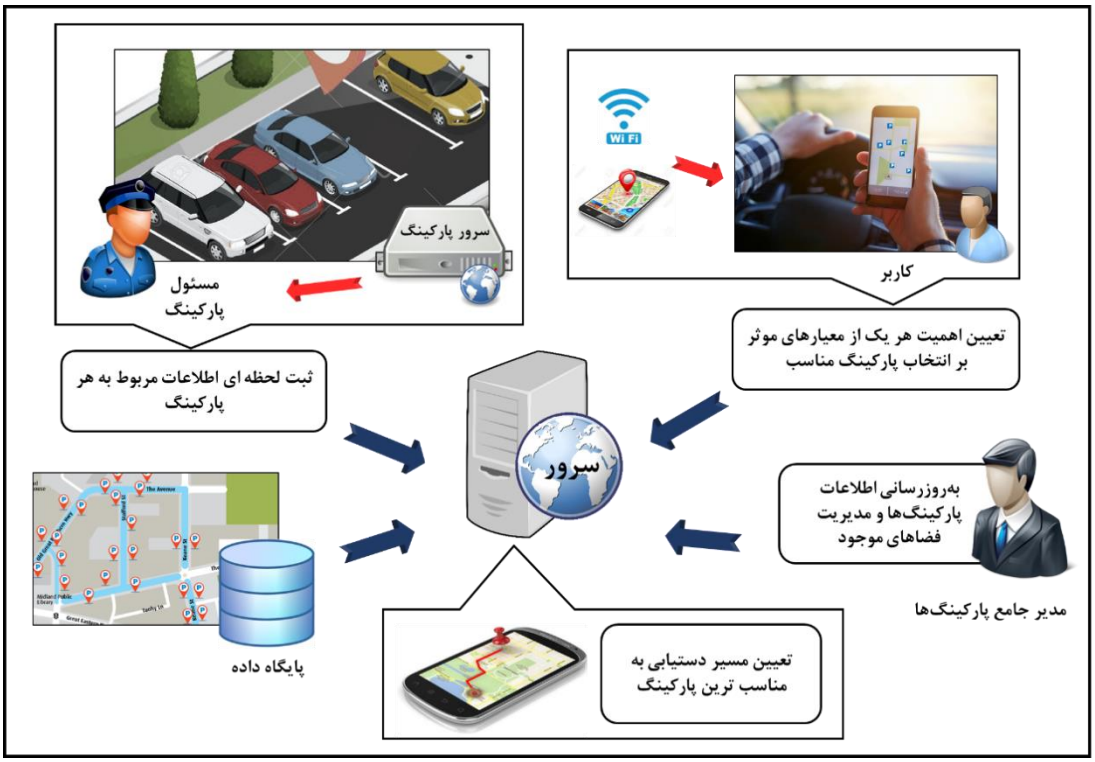


شکل ۲. موقعیت مناطق و پارکینگ‌های هوشمند شهر یزد

منبع: نگارندگان

سامانهٔ پارکینگ‌یاب شهروندمحور

سامانهٔ پیشنهادی پارکینگ‌یاب شهروندمحور از سه بخش کاربردی اصلی شامل مدیریت پارکینگ محلی، مدیریت جامع پارکینگ‌ها، و بخش کاربردی پارکینگ‌یاب تشکیل شده است. اطلاعات ثبت‌شده در پایگاه دادهٔ پارکینگ محلی به‌صورت آنلاین به پایگاه دادهٔ سامانهٔ مدیریت جامع پارکینگ‌ها منتقل می‌شود و این اطلاعات برای ارائهٔ خدمات مکانی و توصیفی از طریق وب‌سرویس‌های تعبیه‌شده به بخش کاربردی پارکینگ‌یاب ارائه می‌شود. شکل ۳ ساختار سامانهٔ پیشنهادی را نشان می‌دهد.



شکل ۳. ساختار سامانهٔ پیشنهادی

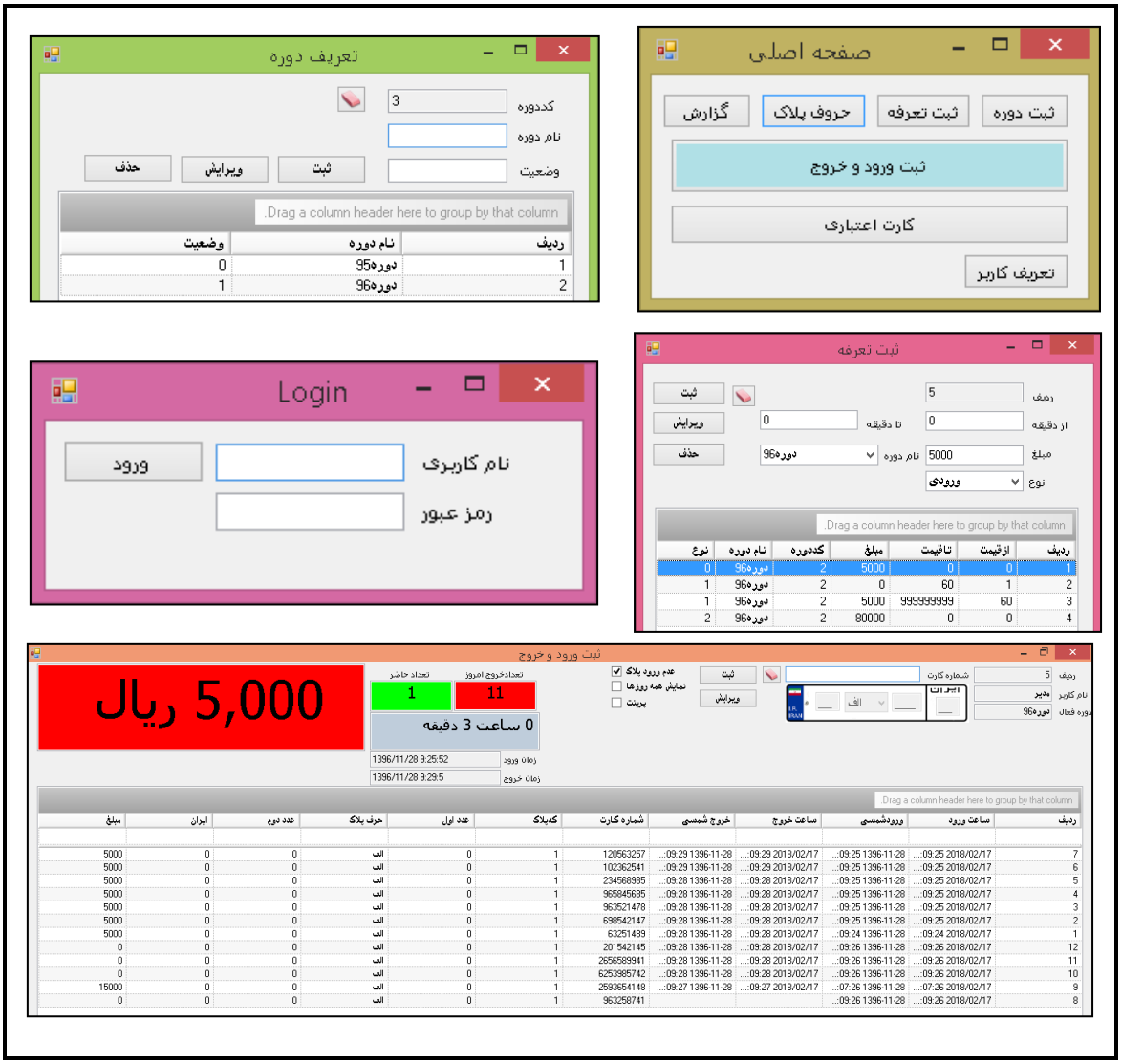
منبع: نگارندگان

بخش کاربردی مدیریت پارکینگ محلی

این بخش با استفاده از زبان برنامه‌نویسی سی‌شارپ و پایگاه دادهٔ میکروسافت اس‌کیوال (MSSQL)[1] طراحی شده است. وظایف اصلی این قسمت از برنامه شامل تعریف دوره، تعریف کاربر، تعریف پلاک، تعریف تعرفه، ثبت ورود و خروج، و بخش کارت اعتباری است که برخی از وظایف اصلی آن در شکل ۴ نشان داده شده است. تعرفه‌های پارکینگ موارد مختلفی است، مانند تعرفهٔ ورودی به پارکینگ؛ تعرفهٔ دقیقه‌ای خاص تا دقیقهٔ دیگر؛ تعرفه به ازای هر m دقیقه؛ و تعرفه به ازای یک روز. با توجه به اینکه اتخاذ قیمت تعرفهٔ پارکینگ یکی از معیارهای مورد استفاده جهت تعیین مناسب‌ترین پارکینگ است، به‌روزبودن اطلاعات این بخش لازم و ضروری است. کاربران هر پارکینگ شامل دو دسته مسئولان پارکینگ و مدیر[2] می‌باشند که مدیر قابلیت گزارش‌گیری و انجام‌دادن تنظیمات هر پارکینگ را در اختیار دارد. با ارائهٔ شمارهٔ کارت (از طریق کارت‌خوان RFID[3]) مواردی مانند پلاک خودرو (از طریق دوربین پلاک‌خوان)، تاریخ و ساعت

1. Microsoft Structured Query Language
2. Admin
3. Radio Frequency Identification

ورود و خروج و مبلغ محاسبه‌شده برای مدت زمان حضور در پارکینگ در سامانه ثبت می‌شود. این بخش کاربردی درنهایت اطلاعاتی مانند مدت زمان‌های حضور هر خودرو، تعداد خودروهای موجود در پارکینگ، تعداد خودروهای خارج‌شده از پارکینگ، اطلاعات مربوط به ظرفیت هر پارکینگ، و ظرفیت موجود در هر پارکینگ را نشان می‌دهد.



شکل ۴. وظایف اصلی بخش کاربردی مدیریت پارکینگ محلی

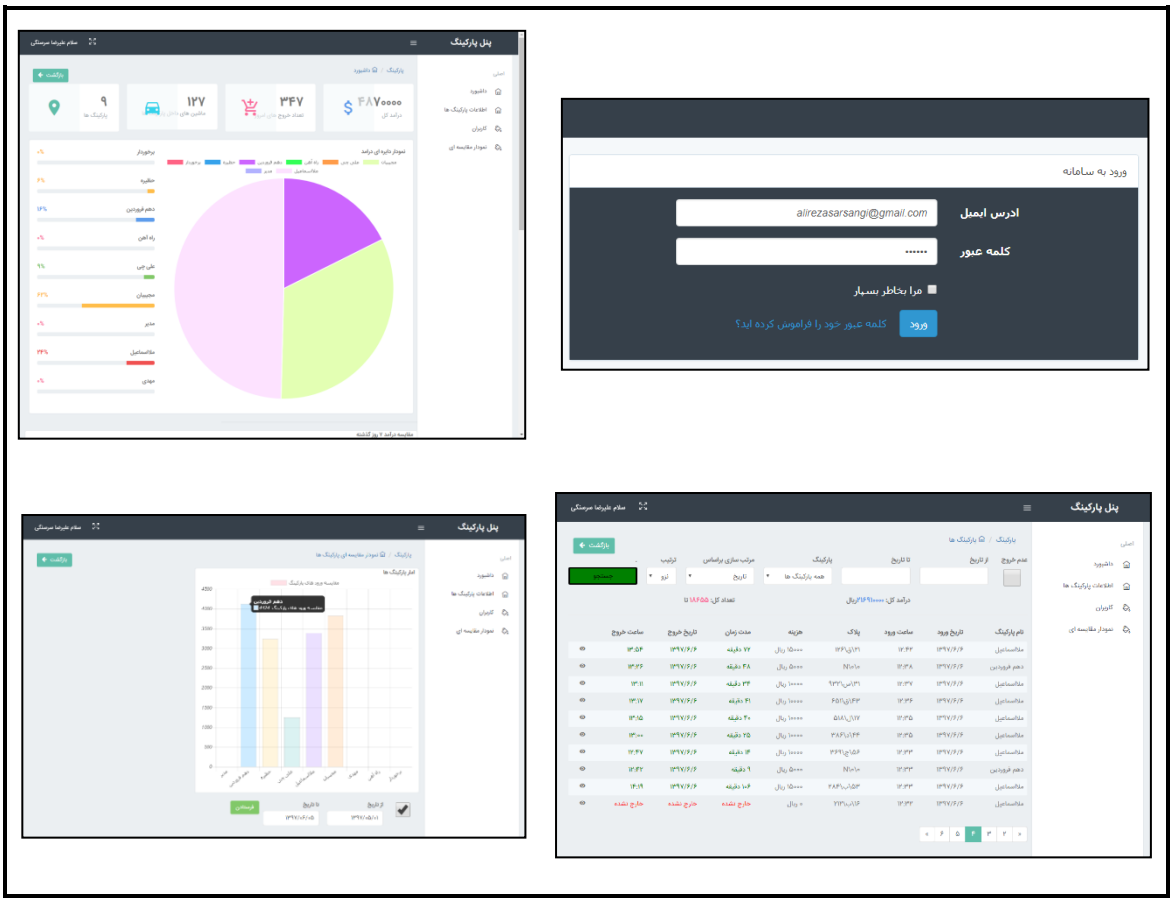
منبع: یافته‌های پژوهش

بخش کاربردی مدیریت جامع پارکینگ‌ها

این بخش از برنامه با استفاده از زبان برنامه‌نویسی پی‌اچ‌پی (PHP)[1] و پایگاه دادهٔ مای‌اس‌کیوال (MYSQL)[2] و همچنین چارچوب لاراول[3] طراحی شده است. دلیل استفاده از چارچوب لاراول برخی از قابلیت‌های خوب آن مانند استفاده از معماری ام‌وی‌سی (MVC)[4]، سهولت استفاده از پایگاه داده، ایجاد پکیج‌ها، امنیت، و مسیریابی است. بخش کاربردی

1. PHypertext Preprocessor
2. My Structured Query Language
3. Laravel
4. Model View Controller

مدیریت جامع پارکینگ‌ها درواقع ابزاری است که مدیر سامانه برای مدیریت اطلاعات پارکینگ‌ها از آن استفاده می‌کند. با استفاده از این ابزار، مدیر قادر به مشاهده و به‌روزرسانی اطلاعات پارکینگ‌ها و مدیریت فضاهای موجود در هر پارکینگ است. همهٔ اطلاعات مربوط به بخش کاربردی پارکینگ‌های محلی به‌صورت آنلاین به پایگاه دادهٔ بخش کاربردی مدیریت جامع پارکینگ‌ها ارسال و ذخیره می‌شود. وظیفهٔ اصلی این بخش تجمیع اطلاعات پارکینگ‌ها بر روی سرور مرکزی و دریافت گزارش‌های مدیریتی است که در شکل ۵ نشان داده شده است. درواقع سرور در هر لحظه اطلاعات مربوط به همهٔ پارکینگ‌ها را در دیتابیس خود ذخیره و تنظیمات مربوط به هر کاربر را نیز از طریق سرور پارکینگ به‌روزرسانی می‌کند. سرویس‌های قابل ارائه توسط این سرور شامل سرویس اعلام ظرفیت موجود در هر پارکینگ با اعلام مختصات مکانی هر پارکینگ، ظرفیت کل (اسمی) هر پارکینگ، قیمت تمام‌شدهٔ (درآمد) هر پارکینگ در هر لحظه، اطلاعات مربوط به ورود و خروج با ارائهٔ شمارهٔ پلاک خودرو یا شمارهٔ کارت و ارائهٔ گزارش‌ها یا سرویس‌های آماری ظرفیت پارکینگ‌ها براساس زمان است.



شکل ۵. وظایف اصلی بخش کاربردی مدیریت جامع پارکینگ‌ها
منبع: یافته‌های پژوهش

بخش کاربردی پارکینگ‌یاب برای رانندگان

این بخش از موقعیت‌یاب تلفن همراه برای تعیین مسیر حرکت و موقعیت هر لحظهٔ رانندگان استفاده می‌شود (راننده باید قبل از استفاده از برنامه، موقعیت‌یاب تلفن همراه خود را فعال کند). در این بخش کاربردی، از زبان برنامه‌نویسی جاوا با

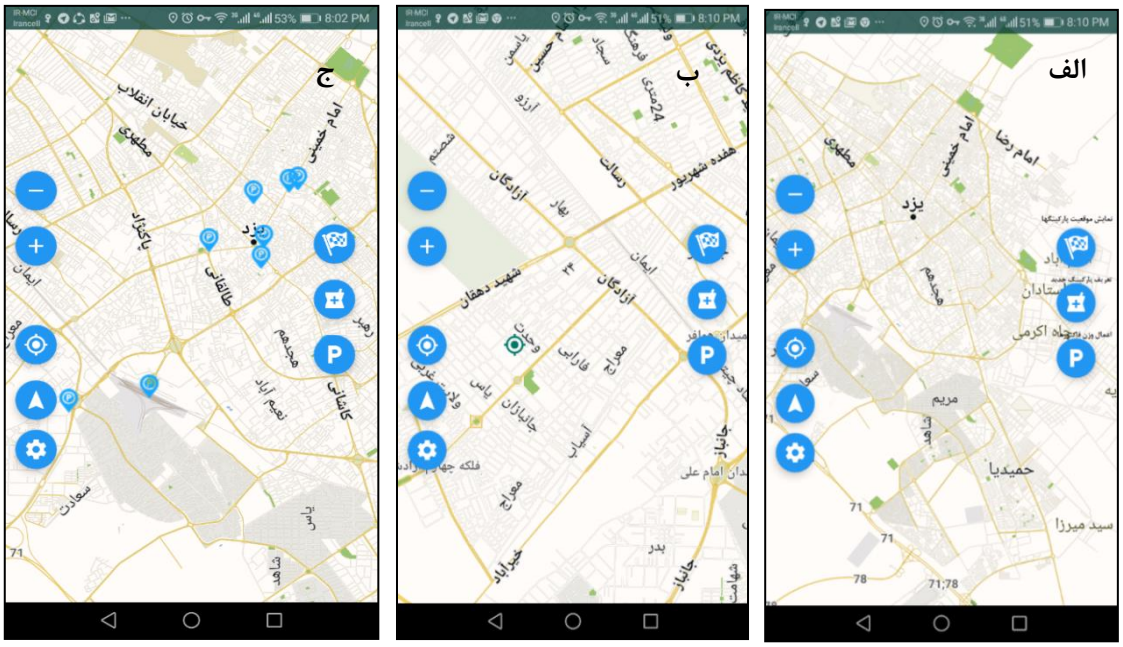
تکنولوژی اندروید استفاده شده است. برای کار با داده‌ها از دیتابیس اس‌کیولایت[1] بهره گرفته شده است و چارچوب اصلی سامانه کامپوننت‌های MapsForge است. همچنین، نقشهٔ OSM[2] به‌عنوان نقشهٔ پایهٔ سامانه معرفی شده است. برای مباحث پیچیدهٔ مسیریابی نیز از کامپوننت مسیریابی GraphHopper و الگوریتم دایجسترا[3] استفاده شده است. این برنامه فقط زمانی قابل استفاده است که به اینترنت متصل شود.

وظیفهٔ اصلی این بخش کاربردی دریافت وزن هر یک از معیارهای موجود در برنامه از رانندگان است. معیارهای مورد استفاده در این برنامه شامل کوتاه‌ترین مسیر، تعداد فضاهای خالی، و هزینهٔ استفاده از پارکینگ است که معیارهای کوتاه‌ترین مسیر و تعداد فضاهای خالی با رابطهٔ مستقیم و معیار هزینهٔ استفاده از پارکینگ با رابطهٔ معکوس برای تعیین مناسب‌ترین پارکینگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. این معیارها و وزن‌های اختصاص‌داده‌شده توسط کاربران با استفاده از روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC)[4] با یکدیگر ترکیب می‌شود و درنهایت مناسب‌ترین پارکینگ معرفی می‌شود. هر یک از رانندگان قادر خواهند بود با تغییر وزن هر یک از معیارهای موجود مناسب‌ترین پارکینگ را براساس اولویت‌های موردنظر خود انتخاب کنند. این بخش از برنامه همهٔ اطلاعات مورد نیاز خود را به‌صورت لحظه‌ای از سامانهٔ مدیریت جامع پارکینگ‌ها دریافت و مناسب‌ترین مسیر را تا پارکینگ مورد نظر ارائه می‌دهد. اطلاعات دریافتی شامل اطلاعات مربوط به ظرفیت خالی هر پارکینگ، اطلاعات مربوط به قیمت ساعتی هر پارکینگ، اجرای محاسبات وزن‌های اعمال‌شده توسط کاربر، و مقادیر ارسال‌شده از سامانهٔ مدیریت جامع پارکینگ‌ها و ترسیم بهینه‌ترین مسیر بر روی نقشه همراه قابلیت راهنمایی صوتی تا مقصد مورد نظر می‌باشند.

یافته‌ها و بحث

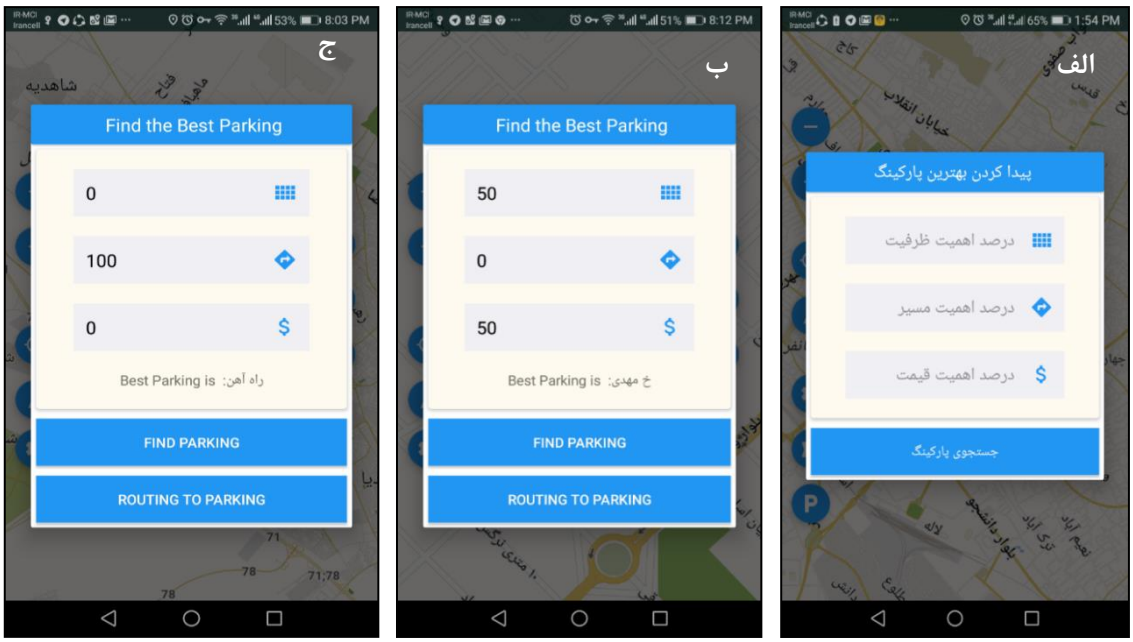
در این مقاله سامانه‌ای به‌عنوان یک برنامهٔ کاربردی مبتنی بر تلفن همراه برای خدمات‌دهی به رانندگان جهت تعیین مناسب‌ترین پارکینگ و مسیر دسترسی به آن طراحی و اجرا شده است. این برنامه از سه بخش کاربردی اصلی تشکیل شده و با به‌کارگیری تکنولوژی تعیین موقعیت دستگاه‌های تلفن همراه مکان فعلی هر یک از کاربران را شناسایی می‌کند و با ترکیب اولویت‌های اختصاص‌دادهشدهٔ کاربران به هر یک از معیارهای موجود در برنامه مناسب‌ترین پارکینگ را ارائه می‌دهد. شکل ۶ (الف تا ج) بخش کاربردی پارکینگ‌یاب مربوط به رانندگان را برای انتخاب پارکینگ مناسب در سطح شهر یزد نمایش می‌دهد. شکل ۶- الف برنامهٔ پیشنهادی نمای کلی شهر یزد برای کاربران را نمایش می‌دهد. کاربر قادر خواهد بود با استفاده از قابلیت دستگاه GPS موجود در تلفن همراه خود موقعیت فعلی خود را در شهر شناسایی کند (شکل ۶- ب). همچنین، موقعیت مکانی هر یک از پارکینگ‌های هوشمند مورد استفاده در این برنامه نیز قابل نمایش است (شکل ۶- ج).

1. SQLite
2. OpenStreetMap
3. Dijkstra
4. Weighted Linear Combination



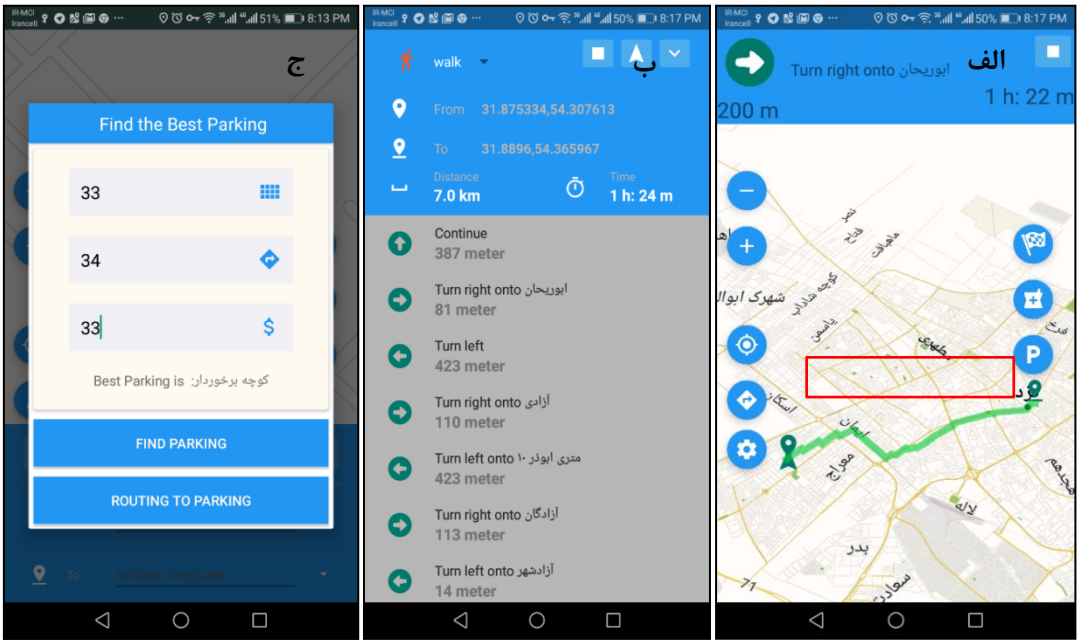
شکل ۶. الف) نمای کلی برنامهٔ پارکینگ‌یاب؛ ب) نمایش موقعیت کاربر بر روی نقشه؛ ج) نمایش موقعیت پارکینگ‌های هوشمند بر روی نقشه، منبع: یافته‌های پژوهش

شکل ۷- الف بخش مربوط به تعیین اولویت‌های هر یک از معیارهای موجود در برنامه را توسط رانندگان نشان می‌دهد. این اولویت‌ها برای هر معیار به‌صورت وزن‌های صفر تا ۱۰۰ تعیین می‌شود و در ادامه به مقادیر صفر تا یک تبدیل می‌شود. مجموع کل وزن‌های اختصاص‌یافته به همهٔ معیارها باید ۱۰۰ شود. معیاری که از نظر کاربر دارای اهمیت بیشتری باشد وزن بیشتری را به خود اختصاص خواهد داد. با اختصاص عدد صفر به وزن یک معیار تأثیر آن معیار در تصمیم‌گیری حذف می‌شود و مقادیر آن در تعیین پارکینگ مناسب استفاده نمی‌شود (شکل ۷- ب). همچنین، می‌توان با اختصاص عدد ۱۰۰ به یک معیار فقط از تأثیر یک معیار در تعیین پارکینگ مناسب استفاده کرد (شکل ۷- ج).



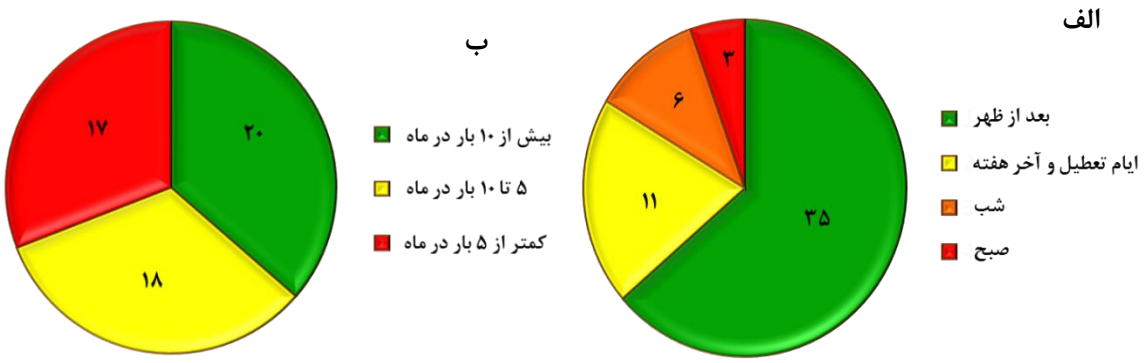
شکل ۷. الف) نمایش و تعیین وزن معیارها؛ ب) امکان حذف تأثیر یک معیار از تصمیم‌گیری؛ ج) امکان به‌کارگیری اثر تنها یک معیار در تصمیم‌گیری، منبع: یافته‌های پژوهش

پس از اعمال وزن و تعیین اهمیت هر یک از معیارهای موجود توسط رانندگان، برنامهٔ پیشنهادی با استفاده از تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ WLC مناسب‌ترین پارکینگ را از میان پارکینگ‌های موجود معرفی می‌کند (شکل ۸- الف). در ادامه مسیر دست‌یابی به پارکینگ مورد نظر به‌صورت متن و صوتی (شکل ۸- ب) و همچنین به‌صورت گراف بر روی نقشه نمایش داده می‌شود (شکل ۸- ج). نمایش کوتاه‌ترین مسیر دست‌یابی به پارکینگ می‌تواند در ساعات ترافیک و پُر رفت و آمد برای رانندگان بسیار مفید باشد و از طی‌شدن مسیرهای اضافی و افزایش ترافیک جلوگیری به‌عمل آورد.



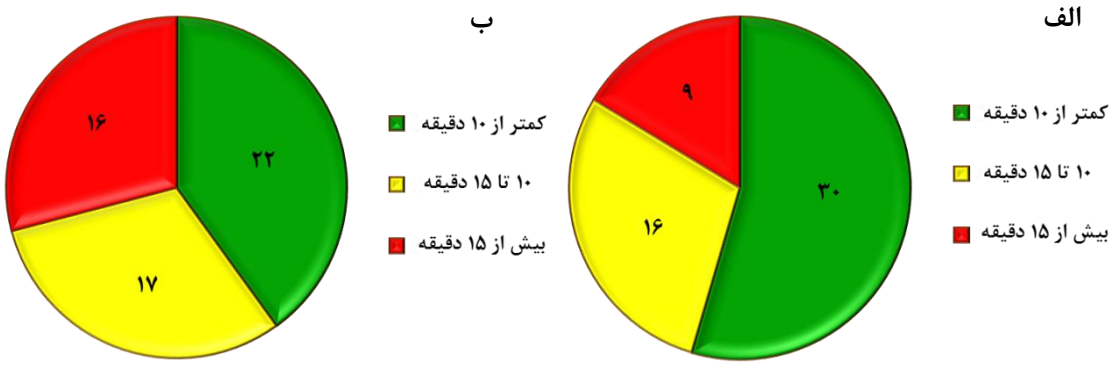
شکل ۸. الف) اعمال وزن یکسان به معیارها و انتخاب مناسب‌ترین پارکینگ؛ ب) نمایش مسیر انتخابی به‌صورت متن و صوتی؛ ج) نمایش مسیر انتخابی به‌صورت گراف بر روی نقشه، منبع: یافته‌های پژوهش

در ادامه به‌منظور ارزیابی برنامهٔ پیشنهادی، از ۵۵ نفر از کاربران برنامه پرسش‌نامه‌ای در قالب پنج سؤال تهیه شد. پرسش اول مربوط به تعداد دفعات استفاده از برنامه در طول یک ماه است. با توجه به شکل ۹- الف، تعداد ۲۰ نفر از شرکت‌کنندگان (۳۶/۴ درصد)، بیش از ۱۰ بار در ماه و بیشتر در ساعات بعدازظهر (۳۵ نفر، ۶۳/۶ درصد) و روزهای تعطیل (۱۱ نفر، ۲۰درصد) از این برنامه برای یافتن پارکینگ (شکل ۹- ب) استفاده کرده‌اند. این نشان می‌دهد که مردم شهر یزد در ساعات خاصی از شبانه‌روز به‌دلیل افزایش ترافیک و رفت و آمدهای درون‌شهری با مشکل شدید پارکینگ روبه‌رو هستند و استفاده از این برنامه می‌تواند در یافتن پارکینگ مناسب بسیار مفید و مؤثر باشد.



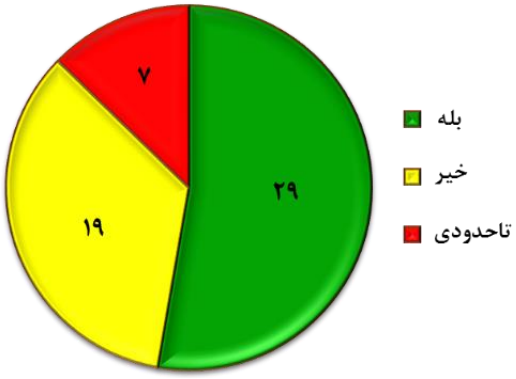
شکل ۹. الف) تعداد دفعات استفاده از برنامه در طول یک ماه؛ ب) بیشترین زمان استفاده از برنامه در یک شبانه‌روز منبع: یافته‌های پژوهش

سؤال دیگری که در این نظرسنجی مطرح شد مدت زمان صرفه‌جویی‌شده در جست‌وجوی پارکینگ مناسب است. همان‌طورکه در شکل ۱۰- الف نشان داده شده است، برای تعداد ۳۰ نفر (۵۴/۵ درصد) به میزان کمتر از ۱۰ دقیقه و برای ۹ نفر (۱۶/۴ درصد) بیشتر از ۱۵ دقیقه در مدت زمان جست‌وجوی پارکینگ صرفه‌جویی به عمل آمده است. این میزان وقت صرفه‌جویی‌شده می‌تواند در ساعات اداری یا آخر هفته‌ها که یافتن فضای پارکینگ نسبت به روزهای هفته به زمان بیشتری نیاز دارد بسیار مفید باشد. شکل ۱۰- ب تفاوت زمان رسیدن به پارکینگ را با استفاده از مسیر معرفی‌شده توسط برنامه و بدون استفاده از آن نشان می‌دهد. برای ۲۲ نفر (۴۰درصد) از شرکت‌کنندگان کمتر از ۱۰ دقیقه و برای ۱۶ نفر (۲۹درصد) بیشتر از ۱۵ دقیقه در زمان رسیدن به پارکینگ مورد نظر خود با استفاده از مسیر معرفی‌شده توسط برنامه و بدون استفاده از آن تفاوت وجود دارد. این نشان می‌دهد که معرفی کوتاه‌ترین مسیر دسترسی به پارکینگ با استفاده از برنامهٔ پیشنهادی می‌تواند سبب کاهش زمان مورد استفاده برای رسیدن به پارکینگ مورد نظر، کاهش مسیر طی‌شده، و حجم ترافیک شود.



شکل ۱۰. الف) مدت زمان صرفه‌جویی‌شده در جست‌وجوی پارکینگ مناسب با استفاده از سیستم؛ ب) تفاوت زمان رسیدن به پارکینگ با استفاده از مسیر معرفی‌شده توسط برنامه و بدون استفاده از آن
منبع: یافته‌های پژوهش

شکل ۱۱ نشان می‌دهد که بیشتر شرکت‌کنندگان (۳۶ نفر، ۶۵/۴ درصد) بدون استفاده از این برنامه برای یافتن پارکینگ مناسب خود با مشکل مواجه شده‌اند. استفاده از قابلیت‌های این برنامه می‌تواند رانندگان را از فضای خالی پارکینگ‌های موجود در سطح شهر مطلع کند و با درنظرگرفتن میزان اهمیت معیارهای موردنظر رانندگان مناسب‌ترین پارکینگ را به آن‌ها معرفی و از ایجاد راه‌بندان و توقف اضافی برای یافتن جای پارک در حاشیهٔ خیابان‌ها جلوگیری کند.



شکل ۱۱. مشکل یافتن پارکینگ بدون استفاده از برنامه
منبع: یافته‌های پژوهش

نتیجه‌گیری

این مقاله یک سامانهٔ پارکینگ‌یاب شهروندمحور مکان‌آگاه را برای بهبود جست‌وجو و مسیریابی پارکینگ‌ها در شهر یزد پیشنهاد می‌کند. برنامهٔ پیشنهادی به‌صورت نوآورانه و با استفاده از امکانات تلفن همراه اطلاعات لحظه‌ای پارکینگ‌ها را با سلایق شخصی رانندگان ادغام می‌کند و به ارائهٔ مناسب‌ترین پارکینگ و مسیر دست‌یابی به آن اقدام می‌نماید. این برنامه از سه بخش کاربردی اصلی تشکیل شده که دو بخش کاربردی آن به‌صورت تحت وب و یک بخش کاربردی آن تحت برنامهٔ تلفن همراه است. بخش کاربردی‌های تحت وب توسط مسئولان پارکینگ و مدیر کلی پارکینگ‌ها استفاده می‌شود و اطلاعات مربوط به هر پارکینگ در هر لحظه ذخیره و ثبت می‌شود. بخش کاربردی تحت تلفن همراه توسط رانندگان استفاده می‌شود و به‌صورت آنلاین اطلاعات لحظه‌ای مربوط به همهٔ پارکینگ‌ها را دریافت می‌کند. در ادامه، این بخش با دریافت اولویت معیارهای موجود در برنامه از طریق هر راننده مناسب‌ترین پارکینگ و مسیر دست‌یابی به آن را نمایش می‌دهد. اجرای این برنامهٔ پیشنهادی در سطح شهر نشان داد که زمان صرف‌شده برای جست‌وجوی مکان پارکینگ به‌طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد و موجب صرفه‌جویی در زمان و هزینهٔ رانندگان می‌شود که با نتایج پژوهش‌های الخدر و همکاران (۲۰۱۶)، آنیتا و همکاران (۲۰۱۷)، رادیر و شاهن (۲۰۱۰)، و لیو و همکاران (۲۰۱۲) همخوانی دارد. همچنین، استفاده از این برنامه سبب شد تا مشابه نتایج پژوهش‌های انجام‌شده توسط لیو و همکاران (۲۰۱۲) و شین و همکاران (۲۰۱۸) رانندگان با ثبت حداقل اطلاعات در تلفن همراه خود قادر به یافتن بهترین پارکینگ از نظر مسافت، هزینه، و تعداد جای خالی شوند. ارائهٔ موقعیت و مسیر دست‌یابی به پارکینگ نیز می‌تواند در ساعات پُرترافیک شهر کمک شایانی به رانندگان کند.

از جمله محدودیت‌های این پژوهش، می‌توان به عدم درک و به‌کارگیری این برنامه توسط همهٔ کاربران اشاره کرد. با توجه به اینکه بیشتر کاربران برنامه شهروندان عادی‌اند، ممکن است همهٔ آن‌ها قادر به استفاده از آن نباشند. هر شرکت‌کننده‌ای اعم از فرد متخصص یا غیرمتخصص باید بتواند معیارها و اهمیت اختصاص‌داده‌شده به آن‌ها را درک کند. اما در بسیاری از مطالعات مبتنی بر GIS تعیین وزن معیارها توسط افراد بدون درک کامل از معنی آن‌ها انجام می‌گیرد. کارور (۱۹۹۹) بر آن است که شرکت‌کنندگان در صورتی که نتوانند روش‌ها، فناوری، و منطق پشت سامانه‌های GIS مبتنی بر وب را درک کنند، اعتماد به نفس خود را از دست می‌دهند و نمی‌توانند به‌طور مؤثر از این سامانه‌ها استفاده کنند. در نتیجه، می‌توان با استفاده از آنالیزهای ارزیابی قابلیت استفاده‌پذیری[1] رفتار کاربران در حین استفاده از سامانه را بررسی کرد تا میزان کارایی این سامانه‌ها برای کاربران تعیین شود.

پیشنهادها

به‌منظور بهبود عملکرد سامانه‌های مکان‌آگاه، پیشنهاد می‌شود طراحی این سامانه‌ها به‌صورت سامانه‌های بافت‌آگاه[2] نیز انجام گیرد. بافت‌آگاهی یعنی داشتن اطلاعات دربارهٔ وضعیت کنونی مردم، قواعد، فعالیت‌ها، زمان‌ها، مکان‌ها، تجهیزات، یا نرم‌افزارها که می‌توانیم با استفاده از این اطلاعات وضعیت هر موجودیت را تعریف و درک کنیم (رجبی و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۳۵). در این صورت یک سامانهٔ پارکینگ‌یاب بافت‌آگاه، علاوه بر معیارهای تعبیه‌شده در برنامه، شرایط حاضر و موجود (مانند وجود یک ترافیک سنگین پیش‌بینی‌نشده یا وضعیت نامناسب هوا) را نیز برای تعیین پارکینگ‌های مناسب درنظر می‌گیرد.

1. Usability evaluation
2. Context-aware system

همچنین، با توجه به اینکه امروزه شبکه‌های اجتماعی محبوبیت بالایی دارند و تعداد بسیار زیادی از شهروندان وقت بسیاری را در این شبکه‌ها صرف می‌کنند، پیشنهاد می‌شود، در مطالعات بعدی، سامانهٔ پارکینگ‌یاب شهروندمحور در بستر شبکه‌های اجتماعی[1] اجرا شود. شبکه‌های اجتماعی به‌دلیل تعداد زیاد کاربران ابزارهای مناسبی برای معرفی سامانه‌های مکان‌آگاه‌اند و می‌توانند روند توسعه و ترویج این سامانه‌ها را تسریع بخشند. با توجه به اینکه کاربران سامانه‌های شهروندمحور شهروندان عادی‌اند، در این تحقیق به‌منظور کاهش پیچیدگی این سامانه‌ها از معیارها یا پارامترهای محدودی در پارکینگ‌یابی استفاده شد. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده سامانهٔ مذکور با پارامترهای بیشتری توسعه داده شود و سپس کارایی و استفاده‌پذیری سامانه ارزیابی شود.

1. Social network

منابع

۱. جلوخانی نیارکی، محمدرضا؛ حاجیلو، فخرالدین و بسطامی مفرد، رامین ۱۳۹۷، توسعهٔ سیستم اطلاعات مکانی شهروندمحور به‌منظور پایش و تحلیل جرائم شهری، *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، دورهٔ ۵۰، ش ۱، صص ۲۳۳-۲۴۷.

۲. جلوخانی نیارکی، محمدرضا؛ رستمی، حسین و مدیری، مهدی، ۱۳۹۵، توسعهٔ سامانهٔ مدیریت بحران شهروندمحور مبتنی بر وب GIS، *اولین کنفرانس ملی فناوری اطلاعات و مدیریت شهری*، تهران، ۱۸-۱۷ اسفند.

۳. جلوخانی نیارکی، محمدرضا؛ فاضلیان، منصوره و علی‌اکبر نواحی، فاطمه، ۱۳۹۸، ارزیابی نگرش شهروندان نسبت به سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) شهروندمحور (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۶ تهران)، نشریهٔ علمی- پژوهشی *علوم و فنون نقشه‌برداری*، دورهٔ ۹، ش ۲، صص ۱۱۷-۱۲۹.

۴. جمشیدزاده، ابراهیم، ۱۳۸۷، مدیریت خدمات شهری و موانع پیش رو، ماهنامهٔ *شوراها*، ش ۲۳.

۵. جهانشاهلو، لعلا و امینی، الهام ۱۳۸۵، برنامه‌ریزی شهری و نقش آن در دست‌یابی به حمل و نقل پایدار شهری، *هفتمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران*، تهران: سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، ۷ اسفند.

۶. حسین‌پور، محمد و ملک، محمدرضا، ۱۳۹۳، شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا: فرصت‌ها و چالش‌ها، نشریهٔ علمی- ترویجی *مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی*، دورهٔ ۶، ش ۱، صص ۵۱-۶۲.

۷. رجبی، عباس؛ معین آزاد طهرانی، متینه‌السادات و درخوش، ملیجه، ۱۳۹۳، نظام‌های بافت‌آگاه: مفهوم، کارکردها، و کاربردهای آن در کتابخانه‌های دیجیتال، *تعامل انسان و اطلاعات*، ج ۱، ش ۳، صص ۲۳۵-۲۴۵.

۸. عزیزخانی، مصطفی و ملک، محمدرضا، ۱۳۹۷، طراحی و پیاده‌سازی سیستم مکان‌مبنا برای تبلیغات هدفمند، نشریهٔ علمی- ترویجی *مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی*، دورهٔ ۹، ش ۲، صص ۱۱-۱۶.

۹. فرجی سبکبار، حسن‌علی؛ آزادی قطار، سعید و رضایی، عبدالعلی، ۱۳۹۱، خدمات مکان‌مبنا (LBS) در خدمت مدیریت بازاریابی گردشگری (مطالعهٔ موردی: شهر بابلسر)، فصل‌نامهٔ علمی- پژوهشی *اطلاعات جغرافیایی*، دورهٔ ۲۱، ش ۸۱، صص ۲۲-۲۹.

۱۰. محمدی، جمال؛ پورقیومی، حسین و زارع، یاسر، ۱۳۹۱، مکان‌یابی پارکینگ‌های عمومی شهر کازرون، فصل‌نامهٔ علمی- پژوهشی *انجمن جغرافیایی ایران*، دورهٔ جدید، س ۱۰، ش ۳۴، صص ۲۱۳-۲۳۲.

11. Alemi, F.; Rodier, C. and Drake, C., 2018, Cruising and on-street parking pricing: A difference-in-difference analysis of measured parking search time and distance in San Francisco. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 111, 187-198.

12. Alkheder, S. A.; Al Rajab, M. M. and Alzoubi, K., 2016, Parking problems in Abu Dhabi, UAE toward an intelligent parking management system "ADIP: Abu Dhabi Intelligent Parking". *Alexandria Engineering Journal*, Vol. 55, No. 3, PP. 2679-2687.

13. Anitha, J.; Thoyajakshi, Y.; Ramya, A.; Sravani, V. and Kumar, P., 2017, Intelligent Parking System Using Android Application. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, Vol. 114, No. 7, PP. 165-174.

14. Bechini, A.; Marcelloni, F. and Segatori, A., 2013, A mobile application leveraging QR-codes to support efficient urban parking. *In 2013 Sustainable Internet and ICT for Sustainability (SustainIT)*, PP. 1-3. IEEE.

15. Boroushaki, S. and Malczewski, J., 2010, ParticipatoryGIS: a web-based collaborative GIS and multicriteria decision analysis. *Urisa Journal*, Vol. 22, No. 1, PP. 23-32.

16. Cao, J. and Menendez, M., 2018, Quantification of potential cruising time savings through intelligent parking services. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 116. PP. 151-165.

17. Carver, S., 1999, Developing Web-based GIS/MCE: Improving access to data and spatial decision support tools. *Multicriteria decision-making and analysis: A geographic information sciences approach*. Ashgate, New York, PP. 49-76.

18. Dave, S. M.; Joshi, G. J.; Ravinder, K. and Gore, N., 2019, Data monitoring for the assessment of on-street parking demand in CBD areas of developing countries. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 126, PP. 152-171.

19. Grazioli, A.; Picone, M.; Zanichelli, F. and Amoretti, M., 2013, Collaborative mobile application and advanced services for smart parking. In *2013 IEEE 14th International Conference on Mobile Data Management*, Vol. 2, PP. 39-44. IEEE.

20. Griggs, W.; Yu, J. Y.; Wirth, F.; Häusler, F. and Shorten, R., 2016, On the design of campus parking systems with QoS guarantees. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 17, No. 5. PP. 1428-1437.

21. Horng, G.-J., 2019, The cooperative on-street parking space searching mechanism in city environments. *Computers & Electrical Engineering*, Vol. 74, PP. 349-361.

22. Jelokhani-Niaraki, M. and Malczewski, J., 2015, A group multicriteria spatial decision support system for parking site selection problem: A case study. *Land Use Policy*, Vol. 42. PP. 492-508.

23. Jelokhani-Niaraki, M., 2013, *Web 2.0-based collaborative multicriteria spatial decision support system: a case study of human-computer interaction patterns*.

24. Jelokhani-Niaraki, M. and Malczewski, J., 2012, *A user-centered multicriteria spatial decision analysis model for participatory decision making: An ontology-based approach*. Proceedings of GSDI, 13.

25. Kinyanjui, K. E. and Kahonge, A. M., 2013, Mobile Phone–Based Parking System. International Journal of Information Technology, *Control and Automation (IJITCA)*, Vol. 3. No. 1. PP. 23-37.

26. Liu, J.; Chen, R.; Chen, Y.; Pei, L. and Chen, L., 2012, iParking: An intelligent indoor location-based smartphone parking service. *Sensors*, Vol. 12. No. 11. PP. 14612-14629.

27. Mackowski, D.; Bai, Y. and Ouyang, Y., 2015, Parking space management via dynamic performance-based pricing. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 59. PP. 66-91.

28. Malczewski, J. and Rinner, C., 2015, *Multi-criteria decision analysis in geographic information science*: Springer.

29. Millard-Ball, A.; Weinberger, R. R. and Hampshire, R. C., 2014, Is the curb 80% full or 20% empty? Assessing the impacts of San Francisco's parking pricing experiment. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 63, PP. 76-92.

30. Rhodes, C.; Blewitt, W.; Sharp, C.; Ushaw, G. and Morgan, G., 2014, Smart routing: A novel application of collaborative path-finding to smart parking systems. *Paper presented at the CBI*.

31. Rodier, C. J. and Shaheen, S. A., 2010, Transit-based smart parking: An evaluation of the San Francisco Bay area field test. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 18, No. 6, PP. 225-233.

32. Shin, J. H.; Jun, H. B. and Kim, J. G., 2018, Dynamic control of intelligent parking guidance using neural network predictive control. *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 120, PP. 15-30.

33. Shoup, D. C., 2006, Cruising for parking. *Transport Policy*, Vol. 13, No. 6, PP. 479-486.

34. Tasseron, G.; Martens, K. and van der Heijden, R., 2016, The potential impact of vehicle-to-vehicle communication on on-street parking under heterogeneous conditions. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, Vol. 8, No. 2, PP. 33-42.