استفاده از فضای فعالیت به منظور مطالعه متغیرهای مؤثر بر رفتار حرکتی انسانی

ریحانه جوانمرد[۱]، فرید کریمی‌پور[۲*]

[۱] کارشناس ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران
reyhanejavanmard@ut.ac.ir

[۲] استادیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران
fkarimipour@ut.ac.ir

(تاریخ دریافت اردیبهشت ۱۳۹۷، تاریخ تصویب تیر ۱۳۹۷)

چکیده

حرکت یکی از اساسی‌ترین مؤلفه‌های زندگی افراد به شمار می‌آید که اطلاعات مفیدی درباره نحوه حرکت مردم از آن قابل استخراج است. امروزه با در دسترس بودن حجم زیاد داده‌های حرکتی، مطالعات فراوانی در زمینه حرکت انسان‌ها انجام شده است، که از آن جمله می‌توان به مدلسازی متغیرهای مؤثر بر رفتار حرکتی انسان به منظور درک بهتر نحوه حرکت مردم و حل بسیاری از مسائل اجتماعی، سیاست‌گذاری‌ها، تصمیم‌گیری‌ها، طراحی شهری، کنترل حمل و نقل و کاهش ترافیک اشاره کرد. یکی از پیش‌نیازهای اساسی مطالعه رفتارهای حرکتی انسانی، نحوه مدلسازی حرکت در قالب پارامترهایی است که بتوانند چگونگی حرکت را نشان دهند تا در مرحله بعد بتوان تأثیر مؤلفه‌های مختلف بر روی حرکت را به کمک آنها نشان داد. برای این منظور، این تحقیق در نظر دارد با معرفی مفهوم فضای فعالیت[۱] (قسمتی از فضا که فرد در آن فعالیت دارد) و چگونگی کمی‌سازی آن، از این پارامتر برای نمایش خط سیر افراد و پارامترهای مرتبط با آن و سپس مدلسازی متغیرهای مؤثر بر رفتار حرکتی انسانی استفاده کند. نتایج بکارگیری این رویکرد برای تحلیل تأثیر برخی متغیرهای جمعیتی-اجتماعی (مانند سن، جنسیت و شغل) و زمانی (مانند ماه‌های سال، روزهای هفته و تعطیلات) بر روی رفتارهای حرکتی افراد با استفاده از یک مجموعه داده موقعیتی بدست آمده از تلفن همراه افراد در کشور سوییس (که از این به بعد داده تلفن همراه نامیده می‌شود)، حاکی از کارکرد مطلوب آن برای هدف مورد نظر می‌باشد.

واژگان کلیدی: فضای فعالیت، رفتار حرکتی، متغیرهای جمعیتی، تغییرات زمانی

---

* نویسنده رابط

۱ Activity space

۱- مقدمه

حرکت به توانایی جابه‌جایی در محیط اطراف و یا تغییر در موقعیت مکانی در طول زمان گفته می‌شود که به عنوان یکی از جنبه‌های اساسی زندگی انسان به شمار می‌آید حرکت افراد پاسخ‌هایی قابل اندازه‌گیری به ترکیبی از وضعیت‌های داخلی، محدودیت‌های فیزیولوژیکی و پارامترهای محیطی می‌باشد و اطلاعات بسیاری را درباره افراد می‌توان از آن استخراج کرد. بنابراین به عنوان پایه‌ای برای تحقیقات در زمینه رفتارهای حرکتی شناخته می‌شود.

در سال‌های اخیر علاوه بر مطالعه رفتارهای حرکتی انسان‌ها رفتارهای حرکتی حیوانات، تاکسی‌ها، لکه‌های نفتی و طوفان‌ها هم مورد توجه قرار گرفته‌اند. مطالعه رفتارهای حرکتی انسان‌ها به طور عمده با هدف ارزیابی برخی از موضوعات اجتماعی انجام می‌شود. برای مثال، آگاهی از میزان حرکت و الگوهای حرکتی انسان‌ها در تشخیص چگونگی شیوع بیماری‌ها، به‌روزرسانی سیاست‌های محیط زیستی، طراحی سیستم هشدار و واکنش اضطراری، مدیریت شهری، برنامه‌ریزی، جاگذاری زیرساخت‌های شهری و کاهش ترافیک نقش بسزایی دارد.

داده‌های حرکتی مورد نیاز برای بررسی رفتارهای حرکتی انسان‌ها از روش‌های مختلفی قابل دسترسی است. پرسش‌نامه یکی از اولین روش‌هایی بود که در گذشته استفاده می‌شد اما به دلیل هزینه‌بر و زمان‌بر بودن، کارایی کافی نداشت. با توسعه دستگاه‌های ردیابی مانند سیستم‌های موقعیت‌یابی مکانی[۱] حجم زیادی از داده‌های حرکتی با دقت بالاتری نسبت به روش‌های پیشین در دسترس قرار گرفت. در سال‌های اخیر نیز با گسترش فناوری ارتباطات و اطلاعات[۲] و استفاده مردم از اینترنت، تلفن‌های همراه و شبکه‌های اجتماعی، حجم زیادی از اطلاعات شامل مختصات، تعداد و مدت زمان تماس‌ها تولید می‌شود که در مطالعات مربوط به رفتارهای حرکتی انسان‌ها قابل استفاده است. با در دسترس بودن حجم زیاد داده‌های حرکتی، مطالعات زیادی در زمینه حرکت انسان‌ها در قالب کشف الگوها و رفتارهای افراد انجام شده است و نشان دادند که حرکات انسان تحت تأثیر عوامل اجتماعی، اقتصادی و جمعیتی مانند سن، جنسیت، نژاد، درآمد، سطح تحصیلات، دارایی‌ها، محیط زیست، کاربری زمین، سطح سلامت روحی و جسمی، میزان تعاملات اجتماعی و استفاده از تلفن‌های همراه می‌باشد [۱, ۲].

یکی از پیش‌نیازهای اساسی مطالعه رفتارهای حرکتی انسانی، نحوه مدلسازی حرکت در قالب پارامترهایی است که بتوانند چگونگی حرکت را نشان دهند تا در مرحله بعد بتوان تأثیر مؤلفه‌های مختلف بر روی حرکت را به کمک آن‌ها نشان داد. برای این منظور، این تحقیق در نظر دارد با معرفی مفهوم فضای فعالیت و چگونگی کمی‌سازی آن، از این پارامتر برای نمایش خط سیر افراد و پارامترهای مرتبط با آن و سپس مدلسازی متغیرهای مؤثر بر رفتار حرکتی انسانی استفاده کند. نتایج بکارگیری این رویکرد برای برخی متغیرهای جمعیتی-اجتماعی (مانند سن، جنسیت و شغل) و زمانی (مانند ماه‌های سال، روزهای هفته و تعطیلات) بر روی یک مجموعه داده تلفن همراه مربوط به حرکت افراد در کشور سوییس، حاکی از کارکرد مطلوب آن برای هدف مورد نظر می‌باشد. نتایج بدست آمده در این تحقیق نشان می‌دهد مردان، جوانان و افراد شاغل دارای فضای فعالیت و شاخص شکل بزرگتری بوده و بنابراین افراد فعال‌تری می‌باشند. علاوه بر عوامل جمعیتی ذکر شده، به بررسی تأثیر زمان بر روی رفتارهای حرکتی افراد نیز پرداخته شده است.

نتایج بکارگیری فضای فعالیت در این تحقیق نشان دهنده پتانسیل بالای استفاده از مفهوم فضای فعالیت به عنوان ابزاری جهت مطالعه دسترسی مکانی، سیاست‌های حمل‌ونقل، برنامه‌ریزی، درک رفتارهای شهری، تحلیل سفرها و بازار کار می‌باشد. همچنین با استفاده از این مفهوم در ارزیابی ساختار شهری و ارائه راه حل جهت رفع نیازهای مردم در منطقه می‌توان به کاهش هزینه‌های سفر، ترافیک و آلودگی هوا ناشی از دود ماشین‌ها کمک کرد.

ساختار کلی این مقاله به این شکل می‌باشد: در بخش دوم، مروری بر مطالعات پیشین در زمینه رفتارهای حرکتی انسانی پرداخته می‌شود. در بخش سوم، مفهوم فضای فعالیت و چگونگی کمی‌سازی آن مورد بحث قرار گرفته است. در بخش چهارم، مجموعه داده‌های مورد استفاده و منطقه مورد مطالعه، معرفی شده است. در بخش پنجم، نتایج بکارگیری رویکرد پیشنهادی بر روی این داده‌ها برای برخی متغیرهای جمعیتی-اجتماعی و زمانی ارائه می‌شود. در نهایت در بخش ششم، نتایج حاصل از تحقیق ارائه خواهد گردید.

---

۱ GPS (Global Positioning System)

۲ ICT (Information and Communication Technology)

۲- مطالعات پیشین در زمینه رفتارهای حرکتی انسانی

همانطور که اشاره شد، با افزایش دسترسی به داده‌های حرکتی، مطالعات زیادی در زمینه رفتارهای حرکتی انسان و تأثیر مؤلفه‌های مختلف بر روی آن انجام شده است. در این میان، جنسیت یکی از مطرح‌شده‌ترین عوامل مؤثر بر رفتار حرکتی انسان به شمار می‌آید که در ادامه به برخی از تحقیقات انجام شده در این زمینه اشاره می‌شود. Crane در سال ۲۰۱۷ با استفاده از مدل رگرسیون به این نتیجه رسید که باگذر زمان از سال ۱۹۸۵ به ۲۰۰۵ در آمریکا مسافتی که مردم برای رفت و آمد طی می‌کنند افزایش پیدا کرده و همچنین مسافت طی شده مردان نسبت به زنان بیشتر می‌باشد. علاوه بر این، سرعت افزایش مسافت برای زنان بیشتر بوده که نشان می‌دهد با گذر زمان تفاوت بین مسافت طی شده مردان و زنان رو به کاهش می‌باشد. او همچنین با در نظر گرفتن زمان به این نتیجه رسید که طول مدت سفر با گذر زمان افزایش پیدا می‌کند و سرعت رشد آن برای مردان بیشتر است. یکی از دلایل این موضوع، وجود محدودیت در بودجه زمانی زنان است [۲۰]. علاوه بر جنست، نژاد هم عاملی تأثیرگذار بر روی رفتارهای حرکتی انسان‌ها می‌باشد. به عنوان مثال، تحقیقاتی در این زمینه نشان دادند زنان سیاه‌پوست در نیویورک مسافت‌های بیشتری را نسبت به مردان سیاه-پوست طی می‌کنند [۳]. در صورتیکه پارامترهایی مانند وسیله حمل و نقل مورد استفاده، خانواده، داشتن فرزند و مالکیت خودروی شخصی را کنترل کنیم، تفاوت‌های جنسیتی در زمینه طول سفر کاهش پیدا می‌کند [۴].

در تحقیقات دیگری، علاوه بر تحلیل تأثیر جنسیت بر الگوی حرکتی افراد، تحلیل‌های چندگانه نیز انجام شد. به عنوان مثال، Hanson در سال ۱۹۹۰ به بررسی تأثیر شغل بر روی رفتارهای حرکتی زنان پرداخت و به این نتیجه رسید که زنانی که دارای شغلی تمام وقت در حوزه زنان[۱] هستند در مقایسه با دیگر شاغلین مسافت‌های کوتاه تری را طی می‌کنند [۵]. Jianxi Feng و همکاران در سال ۲۰۱۵ مطالعاتی در زمینه تأثیر جنسیت و خانواده بر رفتارهای حرکتی انجام دادند و به منظور کشف جهت رابطه علت و معلولی از روش مدل معادلات ساختاری[۲] استفاده کردند. این تحقیق بر این فرض استوار بود که افرادی که در خانواده خود به همراه افراد مسن زندگی می‌کنند، به دلیل توزیع وظایف، دارای تفاوت‌های جنسیتی کمتری هستند و همچنین مسائلی مانند تراکم جمعیت و وجود سیستم حمل و نقل مناسب بر روی حرکت زنان تأثیر بیشتری دارد. آن‌ها با در نظر گرفتن تقسیم‌بندی خانواده‌ها به این نتیجه رسیدند که تفاوت تعداد سفرهای زنان و مردان در خانواده‌هایی که شامل والدین و فرزندان نابالغ هستند بسیار بیشتر از این تفاوت در خانواده‌های شامل والدین و فرزندان بالغ می‌باشد. بنابراین به این نتیجه رسیدند که وجود فرزند نابالغ علاوه بر تأثیر بر روی تعداد سفرها، بر تفاوت تعداد سفرهای زنان و مردان نیز تأثیرگذار است. در مقابل، وجود والدین مسن در خانه باعث کاهش تعداد سفرها و همچنین تفاوت بین تعداد سفرهای زنان و مردان می‌شود. همچنین تغییر در نوع خانواده بر روی فواصل سفر زنان تأثیر بیشتری دارد [۶]. Roorda و همکاران در سال ۲۰۱۰ با بهره‌گیری از مدل رگرسیون چند متغیره[۳] به این نتیجه رسیدند که افراد زیر ۲۰ سال بیشترین تعداد سفر را دارند و تعداد سفرها با افزایش سن کاهش می‌یابد به طوریکه افراد با سن بالاتر از ۶۵ سال سیری نزولی برای تعداد سفرها طی می‌کنند. با این وجود، داشتن وسیله نقلیه شخصی باعث کاهش تأثیر سن بر روی تعداد سفرها می‌شود. او همچنین به این نتیجه رسید که تعداد سفرهای افراد متأهل کمتر از افراد مجرد است و در بین زوج‌ها، زوج‌های دارای فرزند تعداد سفرهای بیشتری دارند. داشتن گواهینامه رانندگی، خودروی شخصی و درآمد بالا عواملی تأثیرگذار در افزایش تعداد سفرها هستند به طوریکه هر چه درامد افراد بیشتر باشد علاوه بر تعداد سفرها، طول سفرها هم بیشتر می-شود. اما داشتن خودروی شخصی، نزدیک بودن به وسایل نقلیه عمومی و اشتغال، بیشترین تأثیر را روی رفتار حرکتی افراد بالای ۶۵ سال دارد [۷-۱۰].

از دیگر عوامل تأثیرگذار روی رفتارهای حرکتی انسان می‌توان به محیط زندگی[۴] اشاره کرد. محیط زندگی به مکان‌های ساخت و یا تغییریافته به وسیله انسان که افراد

[۱] Women dominated

[۲] Structural equation model

[۳] Multiple variate regression model

[۴] Built environmet

زندگی روزمره خود را در آنجا می‌گذرانند اطلاق می‌شود و شامل سیستم حمل و نقل، الگوی کاربری زمین (تراکم) و طراحی شهری (شامل طراحی، جذاب بودن، تعداد خطوط خیابان، عرض پیاده‌رو و ...) می‌شود. این سه جنبه مذکور از محیط زندگی می‌تواند بر روی توانایی حرکتی افراد تأثیر مثبت و یا منفی داشته باشد [۱۱]. تحقیقات در این زمینه نشان می‌دهند افرادی که در مناطق چگال‌تر، نزدیک‌تر به سیستم حمل و نقل و همچنین مناطق با زمین‌های با کاربری متفاوت زندگی می‌کنند سفرهای کوتاه‌تری دارند و در نتیجه بیشتر با وسایل حمل و نقل غیر موتوری عبور و مرور می‌کنند. دلیل این امر عدم نیاز افراد به طی کردن مسافت‌های زیاد برای بدست آوردن فرصت‌ها از جمله فرصت‌های شغلی است [۱۲-۱۴]. مطالعات اخیر نشان داده است که تغییر در همسایگی و وظایف خانه بر روی الگوهای حرکتی زنان تأثیر متفاوت‌تری دارد و دلیل آن تأثیر زیاد تغییر در همسایگی روی میزان سختی سفر کردن (حرکت کردن) و استفاده از انواع وسایل نقلیه است. Goddard و همکاران در سال ۲۰۰۶ با استفاده از روش رگراسیون، تأثیر طراحی شهری بر روی الگوهای حرکتی زنان و مردان را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق ویژگی‌هایی مانند دسترسی، وسعت، جذابیت، گزینه‌های متفاوت پیش‌رو برای فعالیت بدنی، امنیت و میزان اجتماعی بودن برای همسایگی در نظر گرفته شدند. یکی از نتایج بدست آمده از این تحقیق، پراهمیت بودن داشتن محیط پیاده‌روی برای زنان بود. طبق نتایج بدست آمده مردان تعداد روزها و ساعت‌های بیشتری از هفته را مشغول کار و رفت و آمد هستند و سفرهای زنانی که در حومه شهر زندگی می‌کنند ۲۰ تا ۳۰ درصد از لحاظ زمان و مسافت بیشتر است، ولی سفرهای پیاده آن‌ها نسبت به زنان در دیگر مناطق کمتر است. علاوه بر این، این گروه از زنان بیشتر از خودروی شخصی استفاده می‌کنند که می‌توان پارامترهایی مانند آلودگی هوا، زمان سپری کردن در خانه و غیره را از آن نتیجه گرفت. همچنین زنان در مرکز شهر دسترسی و وضعیت اجتماعی بهتر ولی امنیت کمتری نسبت به زنان در حومه شهر دارند و با توجه به این اطلاعات می‌توان دلیل تفاوت الگوهای رفتاری زنان در این دو منطقه را توجیه کرد[۱۵].

علاوه بر عوامل جمعیتی، اجتماعی و اقتصادی ذکر شده، میزان استفاده از تلفن همراه و شرکت در شبکه‌های اجتماعی نیز روی رفتارهای حرکتی انسان‌ها تأثیرگذار است. به عنوان نمونه‌ای از مطالعات در این زمینه می‌توان به تحقیقات Yuan و همکاران در سال ۲۰۱۰ اشاره کرد. در این تحقیق داده‌ها بر اساس میزان استفاده افراد از تلفن همراه به گروه‌های مختلفی تقسیم و سپس برای هر گروه، بیشینه و میانگین شعاع حرکتی محاسبه شد. سپس همبستگی بین میزان استفاده از تلفن همراه و بیشینه شعاع حرکتی با استفاده از یک رگرسیون خطی مشخص گردید. نتیجه این تحقیق نشان‌دهنده همبستگی مثبت میان میزان استفاده مردم از فناوری ارتباطات و اطلاعات و میانگین شعاع حرکتی افراد بود، بدین صورت که هر چه میزان استفاده افراد از فناوری ارتباطات و اطلاعات بیشتر باشد میانگین شعاع حرکتی بیشتر ولی بیشینه شعاع حرکتی آن‌ها کمتر خواهد بود[۱۶].

در کنار تأثیر عوامل ذکر شده بر روی رفتارهای حرکتی، تأثیر زمان نیز مورد توجه برخی از محققین قرار گرفته است. Isaacman و همکاران به بررسی تأثیر تغییر روزهای هفته و فصل‌ها بر روی رفتارهای حرکتی افراد در دو شهر آمریکا پرداختند و بدین منظور برد سفر (بیشترین مسافتی که فرد در طول روز سفر می‌کند) را در نظر گرفتند و آن را در زمان‌های متفاوت مقایسه کردند. در مقایسه زمانی به این نتیجه رسیدند که برد سفرها در زمستان بسیار کمتر از تابستان می‌باشد. همچنین افزایش برد سفرها در بهار نسبت به زمستان در اواخر هفته محسوس‌تر از اواسط هفته است. تحلیل زمانی دیگری بر اساس روز و شب انجام شد که نشان می‌دهد مردم در ساعات ۷ شب تا ۷ صبح سفرهای کوتاهتری نسبت به سفرهای ۷ صبح تا ۷ شب دارند [۱۷].

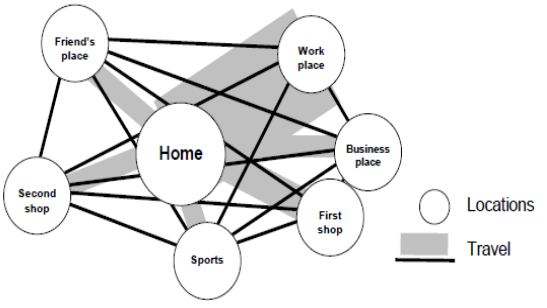
با توجه به اینکه تأثیر بسیاری از عوامل مذکور بر روی رفتار حرکتی افراد با تغییر در مکان و زمان متفاوت خواهد بود و همچنین به دلیل عدم بررسی تأثیر این عوامل در منطقه ژنو، این تحقیق با استفاده از مجموعه داده تلفن-همراه مربوط به افراد در ژنو و با بکارگیری مفهوم فضای فعالیت به بررسی تأثیر برخی از عوامل جمعیتی و زمانی بر روی رفتار حرکتی افراد می‌پردازد.

۳- مفهوم فضای فعالیت و بکارگیری آن برای مدلسازی متغیرهای مؤثر بر حرکت

در این بخش ابتدا به معرفی مفهوم فضای فعالیت و انواع روشهای کمی‌سازی آن پرداخته و سپس به چگونگی بکارگیری آن برای مدلسازی متغیرهای مؤثر بر حرکت حرکت خواهیم پرداخت.

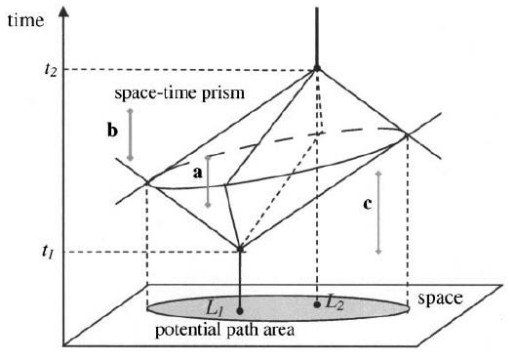
۳-۱- فضای فعالیت

به طور کلی، فضای فعالیت هر فرد به قسمتی از فضا اطلاق می‌شود که فرد در آن فعالیت دارد و به نوعی نشان دهنده پراکندگی مکان‌هایی است که فرد در آنجا حضور داشته است. به عبارتی دیگر فضای فعالیت، شاخصه‌ای هندسی برای الگوهای حرکتی روزانه افراد است. این فضا به صورت شکلی دو بعدی است که از توزیع مکانی محل هایی که فرد بازدید کرده است به وجود می‌آید. فضای فعالیت با هدف اندازه‌گیری رفتارهای حرکتی انسان‌ها و قابل درک کردن تفاوت‌های شخصی و محیطی و همچنین به‌دست آوردن ساختار برای مکان‌هایی که فرد در آنجا حضور داشته است تعریف می‌شود. در حقیقت فضای فعالیت "یک زیر مجموعه از همه مکان‌هایی است که یک شخص با مطالعه کردن، صحبت با افراد و غیره از آن آگاهی دارد" که اصطلاحاً به آن فضای دانش[۱] اطلاق می‌شود (شکل ۱) [۱۸].



شکل ۱- نمایش ساده‌ای از فضای فعالیت [۱۹]

در برخی از تحقیقات اسامی دیگری برای مفهوم فضای فعالیت استفاده شده است. Horton و Reynolds در سال ۱۹۷۱ از واژه action space استفاده کردند و آن را به مجموعه‌ای از موقعیت‌های شهری که برای فرد اولویت و یا سودی دارد تعبیر کردند [۲۰]. فضای آگاهی[۲] واژه دیگری بود که توسط Brown و Moore در سال ۱۹۷۰ استفاده شد و به مکان‌هایی اطلاق می‌شد که اعضای خانواده قبل از جستجو برای محله‌های جدید از آن‌ها آگاهی دارند. هرم مکانی-زمانی[۳] (شکل ۲) عنوانی بود که در سال ۱۹۷۰ توسط Hägerstrand مطرح شد و به مجموعه نقاطی گفته می‌شد که فرد از نقطه ابتدا تا انتها با داشتن بیشترین سرعت ممکن می‌توانست به آن‌ها دسترسی پیدا کند [۲۱, ۲۲].



شکل ۲- هرم مکانی-زمانی [۲۳]

بنابر تحقیقات Schonfelder و همکاران در سال ۲۰۰۳، هندسه، ساختار و اندازه فضای فعالیت با مشخص بودن سه مؤلفه تعیین می‌شود [۲۴]:

۱- موقعیت خانه، طول مدت اقامت، موجود بودن موقعیت فعالیت‌ها در اطراف خانه و همسایگی فرد

۲- فعالیت‌های منظم: حرکت به سوی و یا از مکان-هایی که فرد به دفعات به آنجا مراجعه می‌کند، مانند محل کار و باشگاه ورزشی و غیره

۳- حرکت بین مکان‌های متداول و مرکزی زندگی فرد به طوریکه با مؤلفه اول می‌توان به مرکز فضای فعالیت و با مؤلفه‌های دوم و سوم می‌توان به قطرهای بیضی فضای فعالیت پی برد.

همانطور که در شکل ۳ قابل مشاهده است، سه نوع فضای فعالیت بر اساس بیضی انحراف معیار[۴]، کوچکترین چندضلعی محدب[۵] و مساحت مسیر روزانه[۶] قابل تعریف است [۲۵]، که هر کدام از آن‌ها با توجه به مزایا و معایب

---

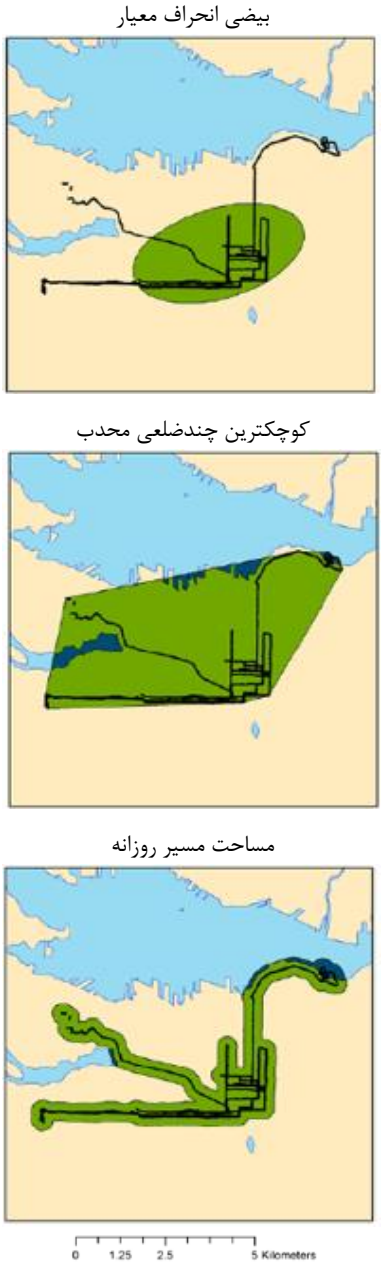
۱ Knowledge space

۲ Awareness space
۳ Space-time prism
۴ Standard deviation ellipse
۵ Minimum convex polygon
۶ Daily path area

خود و همچنین با توجه به اهداف تحقیق انتخاب خواهند شد. در صورتیکه هدف، در نظر گرفتن جهت و شکل کلی فضای فعالیت بدون لحاظ کردن خطاهای احتمالی ایجاد شده به واسطه دور بودن برخی از نقاط باشد و از سوی دیگر، تعداد دفعات بازدید شدن مکان ها نیز دارای اهمیت باشد، بیضی انحراف معیار ایده آل ترین گزینه خواهد بود. دلیل این امر تولید یک نقطه جدید به ازای هر بازدید از یک مکان می باشد. کوچکتری چندضلعی محدب به کوچکترین چندضلعی گفته می‌شود که در برگیرنده تمام نقاط موجود در خط سیر کاربر باشد. این نوع فضای فعالیت، به دلیل در نظر گرفتن دورترین نقطه موجود در خط سیر کاربر، مناطق غیر مورد نیازی که کاربر آن‌ها را بازدید نکرده است را پوشش می‌دهد و به همین دلیل در تحقیق حاضر، از این نوع فضای فعالیت استفاده نمی‌شود. در نوع آخر فضای فعالیت (مسیر روزانه)، به دلیل تأثیر ساختار شبکه حمل-ونقل روی جهت مکانی[۱] و دانش[۲] افراد از مکان‌ها، اندازه-گیری و بصری‌سازی شکل فضای فعالیت با توجه به مسیر انتخابی کاربر در شبکه انجام می‌شود. همچنین هندسه این نوع فضای فعالیت به عنوان سیستمی برای اتصال مکان‌های متداول و مرکزی زندگی فرد[۳] بوده که از بافرهای[۴] حول اتصالات[۵] به منظور نمایش محیط‌های شهری که توسط کاربر قابل شناسایی است استفاده می‌کند. این نوع فضای فعالیت برای تحقیقات متمرکز بر مقاصد کاربر استفاده می-شود. در این تحقیق، به دلایل ذکر شده و با توجه به اهداف تحقیق (تحلیل شکل، جهت کلی و پارامترهای هندسی فضای فعالیت افراد) از بیضی انحراف معیار استفاده می‌شود.

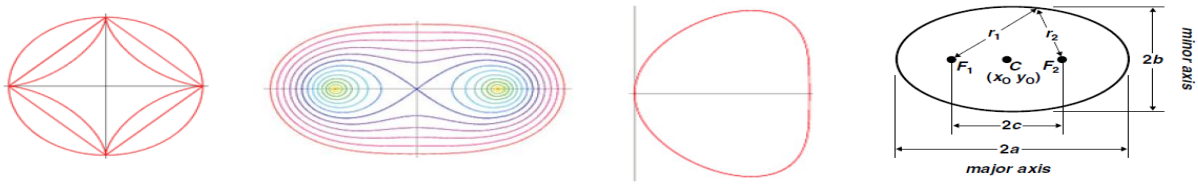
در تحلیل‌های حرکتی، علاوه بر فضای فعالیت، روش‌های خوشه‌بندی نیز استفاده شده است اما به دلیل دشوار بودن استخراج ویژگی‌های گروه‌های مختلف و همچنین به صرفه نبودن از لحاظ محاسباتی، روشی ناکارا محسوب می شود.

Rai و همکاران در سال ۲۰۰۶، چهار شکل هندسی متفاوت برای فضای فعالیت در نظر گرفتند که عبارتند از بیضی، منحنی لوبیایی[۶]، بیضی کاسینی[۷] و فرابیضی[۸] (شکل ۴) (که جزئیات تولید آن‌ها در مقاله مذکور آمده است). هرکدام از این اشکال با توجه به فراوانی مکان‌های بازدید شده توسط کاربر و توزیع مکانی آن‌ها انتخاب خواهد شد [۲۶].



شکل ۳- انواع مختلف فضای فعالیت [۲۵]

۱ Spatial orientation
۲ Knowledge
۳ Pegs of individual’s life
٤ Buffer
٥ Link
٦ Bean curve
۷ Cassini oval
۸ Super ellipse



بیضی　منحنی لوبیایی　بیضی کاسینی　فرابیضی

شکل ۴- اشکال هندسی برای فضای فعالیت [۲۶]

از سوی دیگر، به منظور کشف ویژگی‌های رفتاری حرکت افراد از پارامترهای فضای فعالیت استفاده می‌شود. برخی از این پارامترها عبارتند از:

مساحت: این پارامتر به منظور به دست‌آوردن میزان بزرگی فضای فعالیت، که شاخصی برای میزان پراکندگی مکان‌های بازدید شده و مقایسه آن بین کاربران است، محاسبه می‌شود. علاوه بر این، مساحت فضای فعالیت نشان‌دهنده میزان تمرکز نقاط موجود بوده و به صورت زیر محاسبه می‌شود [۲۷].

$$area = \pi ab \qquad (۱)$$

در این رابطه ***a***، نصف طول محور بزرگ و ***b*** نصف طول محور کوچک بیضی می‌باشند.

نسبت[۱] : "نسبت طول دو محور اصلی بیضی معیاری برای سنجش میزان پر بودن بیضی و نشان دهنده میزان میل، نیاز و یا توانایی فرد به انحراف از مسیر اصلی (محور بزرگ بیضی) است" و با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود [۲۸].

$$ratio = \frac{b}{a} \qquad (۲)$$

انتروپی[۲] : انتروپی به منظور اندازه‌گیری میزان عدم قطعیت، درجه بی‌نظمی و قابل پیش‌بینی بودن خطوط سیر افراد استفاده می‌شود. هرچه انتروپی بیشتر باشد میزان بی‌نظمی در خطوط سیر بیشتر و قابلیت پیش‌بینی آن کمتر خواهد بود. این پارامتر به صورت زیر قابل محاسبه است [۲۹]:

$$entropy = -\sum_{j=1}^{N_i} p_i(j)\log_2 p_i(j) \qquad (۳)$$

که در آن $p_i(j)$ احتمال بازدید موقعیت ***j*** و N_i تعداد موقعیت‌های متمایز بازدید شده توسط کاربر I می‌باشد.

۱ Ratio
۲ Entropy

شعاع: شعاع فضای فعالیت به منظور تخمین مساحت حرکت فیزیکی افراد بر اساس چرخش خطوط سیر آنها طبق رابطه فرمول زیر محاسبه می‌شود [۳۰]:

$$R = \frac{a+b}{2} \qquad (۴)$$

شاخص شکل[۳] : هر چقدرحرکت افراد بین مکان‌های متداول خطوط سیر آنها (مانند خانه، محل کار و غیره) بیشتر باشد، بیضی فضای فعالیت آن‌ها بیشتر به خط مستقیم متمایل خواهد شد. شاخص شکل برای اندازه‌گیری میزان انحراف خطوط سیر افراد از خط مستقیم (محور بزرگ بیضی) طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود [۳۱].

$$shape_index = 1-\sqrt{1-(\frac{b}{a})^2} \qquad (۵)$$

فشردگی[۴] : فشردگی فضای فعالیت همواره عددی بین ۰ و ۱ بوده که نشان‌دهنده میزان خطی و یا دایره‌ای شکل بودن فضای فعالیت است. هرچه این عدد به ۱ نزدیک‌تر باشد شکل فضای فعالیت به دایره شبیه‌تر خواهدبود. این پارامتر مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود [۳۲]:

$$compactness_i = perimeter_{circle_i} / perimeter_{MCP_i} \qquad (۶)$$

که در آن $perimeter_{circle_i}$ محیط دایره‌ای هم-مساحت با کوچکترین چندضلعی محدب فرد i-ام و $perimeter_{MCP_i}$ محیط کوچکترین چندضلعی محدب فرد i-ام می‌باشد.

برد فعالیت روزانه[۵] : برد فعالیت روزانه به بیشترین فاصله بین دو مکانی که فرد در خط سیر خود از آن‌ها عبور کرده است گفته می‌شود و نشان دهنده وسعت فضای فعالیت فرد می‌باشد[۳۳].

۳ Shape index
۴ Compactness
۵ Daily activity rang

نقاط لنگر فعالیت[1] : به مکان‌های مهم و اصلی (مانند خانه و محل کار) در فضای فعالیت که فرد زمان زیادی را در آن‌ها می‌گذراند و یا به تعداد دفعات زیادی از آن‌ها بازدید می‌کند اطلاق می‌شود [۳۳].

فرکانس فعالیت‌ها: به تعداد حرکات فرد بین مکان-های مختلف در خط سیر گفته می‌شود و گویای میزان فعال بودن فرد می‌باشد [۳۳].

۳-۲- استفاده از فضای فعالیت به منظور مدلسازی متغیرهای مؤثر بر رفتار حرکتی انسانی

در این تحقیق به منظور محاسبه میزان پراکندگی مکان‌های بازدید شده، بررسی شکل و جهت کلی فضای فعالیت و مقایسه هندسی بیضی فضای فعالیت افراد، از مساحت و شاخص شکل به عنوان پارامترهای فضای فعالیت استفاده شده است. این پارامترها با در دسترس بودن مختصات مرکز بیضی انحراف معیار و طول محورهای بزرگ و کوچک قابل محاسبه می‌باشند. روش‌های متفاوتی برای بدست آوردن موقعیت مرکز فضای فعالیت هر فرد وجود دارد. یکی از روش‌های متداول استفاده از میانگین وزندار است، به صورتیکه وزن هر نقطه متناسب با تعداد دفعاتی که بازدید شده است می‌باشد. نتایج تحقیقاتی که از این روش استفاده کردند نشان می‌دهد مرکز بدست آمده موقعیت مکانی در نزدیکی محل زندگی فرد خواهد بود ولی ممکن است مکان مشخصی نباشد. به همین دلیل می‌توان موقعیت خانه را به عنوان مرکز فضای فعالیت در نظر گرفت. در برخی دیگر از تحقیقات به جای بدست آوردن مرکز فضای فعالیت، از دو محل متداول موجود در خط سیر فرد به عنوان نقاط کانونی بیضی فضای فعالیت استفاده شده است. در این تحقیق، موقعیت مرکز فضای فعالیت هر کاربر با استفاده از میانگین حسابی نقاط موجود در خط سیر او و همچنین طول محورها با استفاده از مقادیر ویژه (λ_1 و λ_2) حاصل از ماتریس واریانس کواریانس نقاط (Σ) مطابق روابط ۷ تا ۱۲ محاسبه شده است. بدین ترتیب با داشتن مختصات مرکز و طول محورهای بیضی، پارامترهای فضای فعالیت با توجه به روابط ۱ و ۵ محاسبه شده است:

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \qquad (۷)$$

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2 \qquad (۸)$$

$$\mathrm{cov}(x,y) = \sum_{i=1}^{n}\frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n} \qquad (۹)$$

$$\sum = \begin{bmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_{xy} \\ \sigma_{xy} & \sigma_y^2 \end{bmatrix} \qquad (۱۰)$$

$$\lambda^2 - (\sigma_x{}^2 + \sigma_y{}^2)\lambda + (\sigma_x{}^2\sigma_y{}^2 - \sigma_{xy}{}^2) = 0 \qquad (۱۱)$$

$$a = \sqrt{\lambda_1}, b = \sqrt{\lambda_2} \qquad (۱۲)$$

به منظور یافتن تأثیر هرکدام از متغیرها (جمعیتی و زمانی) بر روی رفتارهای حرکتی، افراد بر اساس متغیر مورد نظر گروه‌بندی شده و سپس با محاسبه میانگین و انحراف معیار پارامترهای فضای فعالیت برای هرگروه، نتایج بدست آمده تحلیل و تفسیر می‌شوند.

۴- منطقه مورد مطالعه و داده‌های مکانی

با افزایش تعداد کاربران تلفن همراه و انواع حسگرها مانند سیستم موقعیت‌یابی مکانی، ژیروسکوپ، شتاب‌سنج، دوربین و میکروفون، حجم زیادی از داده‌های حرکتی در حال تولید شدن است. محققین با استفاده از داده تلفن همراه بزرگ‌مقیاس به دنبال بررسی موضوعات رفتاری و علوم اجتماعی از دید کلان‌داده‌ها[2] هستند و به دلیل در دسترس بودن این نوع مجموعه داده تعداد تحقیقات در زمینه رفتارهای حرکتی رو به افزایش است.

در ژانویه سال ۲۰۰۹ مرکز تحقیقات نوکیا به همراه همکاران آکادمی سوییس (Idiap) و Epfl تصمیم به تولید داده تلفن همراه بزرگ‌مقیاس گرفتند. بدین منظور از اطلاعات وابسته به موقعیت (مختصات)، شتاب، ارتباطات (تماس‌ها و پیامک‌ها) و دیگر اطلاعات مربوط به ۲۰۰ داوطلب (شامل ۶۲٪ زن و ۳۸٪ مرد) در طول یک سال در

[1] Activity anchor point

[2] Big data

منطقه دریاچه ژنو استفاده شد و نتیجه آن تولید ۳۱ جدول بود. از این میان، سه جدول مورد استفاده در این تحقیق، عبارت است از (جدول ۱):

- **جدول جمعیتی-اجتماعی** شامل اطلاعات مربوط به سن، جنسیت، شغل و غیره .
- **جدول موقعیت** شامل طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع و زمان.
- **جدول رکورد** شامل دو متغیر شماره شناسایی هر فرد[۱] و کلید پایگاه داده[۲] که متصل کننده دو جدول اول است.

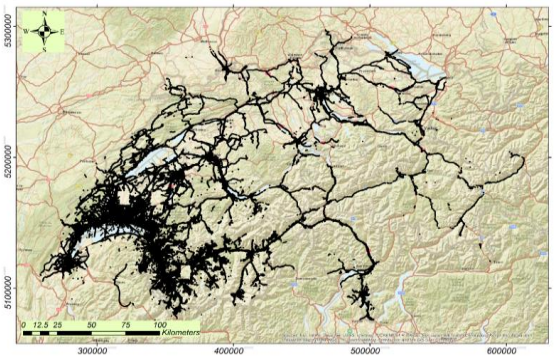
جدول ۱- مجموعه داده تلفن همراه سوییس

موقعیت
کلید پایگاه داده
زمان
عرض جغرافیایی
طول جغرافیایی

رکورد
شماره شناسایی
کلید پایگاه داده

جمعیتی
شماره شناسایی
جنسیت
گروه سنی
شغل

تمامی موقعیت‌های مربوط به کاربران در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵- نمایش بصری موقعیت افراد موجود در مجموعه داده مورد مطالعه

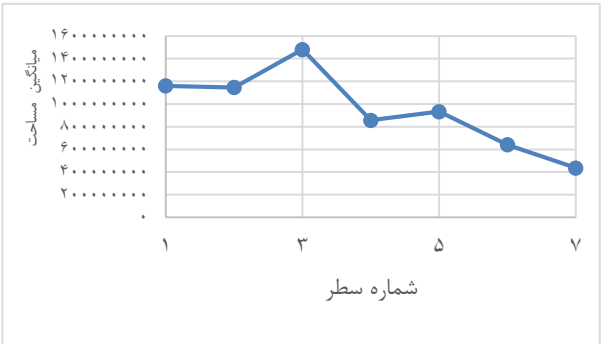
۵- بررسی تأثیر برخی متغیرهای اجتماعی و زمانی بر فضای فعالیت

در این بخش به ارائه نتایج حاصل از بکارگیری فضای فعالیت به منظور مدلسازی برخی متغیرهای اجتماعی و زمانی مؤثر بر رفتار حرکتی انسانی بر روی داده‌های مورد مطالعه معرفی شد در بخش ۴ می‌پردازیم.

۵-۱- بررسی ارتباط سن با فضای فعالیت

همانطور که جدول ۲ نشان می‌دهد با افزایش سن کاربران از ۱۷ تا ۳۳ سال، میانگین مساحت فضای فعالیت افزایش پیدا می‌کند به طوریکه افراد در سنین ۲۸ تا ۳۳ سال بیشترین مساحت فضای فعالیت را به خود اختصاص می‌دهند. این نتیجه بدین معنی است که افراد در این گروه سنی مسافت‌های طولانی‌تری را نسبت به دیگر افراد طی می‌کنند و در مکان‌هایی که بازدید می‌کنند پراکندگی بیشتری دارند. اما هرچه سن افراد از ۳۳ سال افزایش پیدا می‌کند مساحت فضای فعالیت آن‌ها کاهش پیدا کرده و افراد بالای ۵۰ سال به دلیل مسافت‌های کوتاهی که طی می‌کنند کمترین مساحت فضای فعالیت را به خود اختصاص می‌دهند (شکل ۶). علاوه بر مساحت، انحراف معیار مساحت و شاخص شکل فضای فعالیت جوانان نیز بسیار بیشتر از افراد مسن می‌باشد. این نتیجه بدین معنی است که تفاوت رفتارهای حرکتی در جوانان بیشتر بوده و در افراد مسن، شباهت رفتار حرکتی بیشتری دیده می‌شود.

ازطرف دیگر، افراد تا ۴۴ سالگی، میانگین شاخص شکلی بالایی دارند و در نتیجه شکل فضای فعالیت آن‌ها به دلیل بازدید کردن از مکان‌های متعدد و متنوع، از خط مستقیم فاصله دارد ولی با افزایش سن میزان این شاخص به شدت افت می‌کند. بنابراین افراد با سن بالای ۴۵ سال تمایل بیشتری به رفت و آمد بین مکان‌های خاصی (مانند خانه، محل کار و مراکز خرید خاص) در خط سیر خود دارند.



شکل ۶- ارتباط بین سن و مساحت فضای فعالیت کاربران

[۱] User ID
[۲] DB key

جدول ۲- میانگین و انحراف‌معیار مساحت و شاخص شکل فضای فعالیت کاربران بر اساس گروه سنی

شماره سطر	سن	تعداد افراد	میانگین مساحت	انحراف معیار مساحت	میانگین شاخص شکل	انحراف معیار شاخص شکل
۱	۲۱-۱۶	۱۳	۱۱۵۹۶۹۱۵۳۱	۱۵۴۸۸۰۱۶۱۸	۰,۱۹۸۷	۰,۱۴۸۲
۲	۲۷-۲۲	۵۶	۱۱۴۵۴۹۵۱۰۹	۱۲۲۷۳۵۹۲۱۹	۰,۱۳۳۳	۰,۱۱
۳	۳۳-۲۸	۴۹	۱۴۸۰۷۱۶۶۵۸	۱۶۹۵۳۳۱۱۱۰	۰,۱۲۸۹	۰,۱۱۹۶
۴	۳۸-۳۳	۲۰	۸۵۶۴۶۳۴۱۹	۸۷۶۶۱۳۷۱۰	۰,۱۹۵۴	۰,۱۴۹۶
۵	۴۴-۳۹	۱۳	۹۳۲۱۹۲۰۳۶	۷۴۶۶۷۱۵۹۰	۰,۱۸۰۳	۰,۱۷۱۳
۶	۵۰-۴۵	۳	۶۴۰۵۵۷۸۰۳	۵۱۹۵۴۹۸۵۰	۰,۰۵۲۳	۰,۰۲۸۵
۷	بیشتر از ۵۰	۲	۴۳۵۶۳۴۹۱۵	۴۴۲۲۳۱۱۸۲	۰,۰۷۵۷	۰,۰۱۹

۵-۲- رابطه جنسیت با فضای فعالیت

مطابق جدول ۳، میانگین و انحراف معیار مساحت و شاخص شکل زنان اندکی کمتر از مردان است. بنابراین مردان مسافت‌های نسبتاً دورتری را طی کرده و پراکندگی مکان‌های بازدیده شده آن‌ها بیشتر می‌باشد. همچنین شکل فضای فعالیت آن‌ها نسبت به زنان از خط مستقیم فاصله بیشتری دارد. علاوه‌براین، تفاوت رفتارهای حرکتی در مردان بیشتر از زنان می‌باشد. تحقیقات بسیاری در این زمینه و در زمان‌ها و مناطق مختلف دنیا انجام و منجر به نتایجی مشابه نتایج این تحقیق شده است. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهند با گذر زمان تفاوت در مدت زمان، تعداد، پراکندگی و مسافت سفرها به دلیل تفاوت-های جنسیتی رو به کاهش است [۳۴]. با این وجود، بررسی این تفاوت‌ها نقش مهمی در تحلیل سفرها، بازار کار و برنامه‌ریزی ایفا می‌کند. یکی از دلایل این تفاوت توسط Hanson در سال ۱۹۸۰ به عنوان فرضیه مسئولیت‌های خانه مطرح شد که معتقد است مسئولیت-های متعدد زنان نسبت به خانه و فرزندان باعث کاهش پارامترهای مذکور می‌شود [۳۵]. در برخی جوامع نیز، درآمد کمتر زنان نسبت به مردان یکی دیگر از دلایلی است که باعث می‌شود زنان توانایی طی کردن مسافت‌های طولانی را نداشته باشند [۳۶]. علاوه‌براین، عوامل دیگری مانند فرهنگ، وضعیت شغلی و غیره می‌توانند بر روی میزان این تفاوت تأثیرگذار باشند.

جدول ۳- میانگین و انحراف‌معیار مساحت و شاخص شکل فضای فعالیت کاربران بر اساس جنسیت

جنسیت	تعداد افراد	میانگین مساحت	انحراف معیار مساحت	میانگین شاخص شکل	انحراف معیار شاخص شکل
زن	۵۸	۱۱۱۵۵۵۹۲۱۳	۱۲۲۵۳۹۹۴۰۵	۰,۱۴۸۹	۰,۱۱۳۹
مرد	۹۷	۱۱۷۸۷۳۸۴۸۰	۱۳۶۴۸۰۱۶۴۵	۰,۱۵۴۷	۰,۱۴۳۸

۵-۳- رابطه شغل با فضای فعالیت

همانطور که جدول ۴ نشان می‌دهد، کمترین مساحت فضای فعالیت، شاخص شکل و انحراف معیار پارامترهای فضای فعالیت متعلق به زنان خانه‌دار و افراد بیکار می‌باشد. یکی از دلایل این امر برای زنان خانه‌دار، همانطور که در پیشتر به آن اشاره شد، وظایف متعدد مربوط به خانه و فرزندان بوده که بر عهده آنان می‌باشد. همچنین عمده اعضای گروه بیکاران را افراد پیر و یا کودکانی تشکیل می-دهند که توانایی سفر به مسافت‌های دور و یا به مقاصد متفاوت و پراکنده را ندارند. بنابراین این دو گروه، مسافت-های بسیار کمتری را نسبت به بقیه افراد طی کرده و شکل فضای فعالیت آن‌ها از خط مستقیم فاصله کمتری دارد. علاوه‌براین، میزان انحراف معیار پارامترهای فضای فعالیت در این دو گروه نشان‌دهنده شباهت بیشتری در رفتار حرکتی آن‌ها نسبت به بقیه می‌باشد.

جدول ۴- میانگین و انحراف‌معیار مساحت و شاخص شکل فضای فعالیت کاربران بر اساس شغل

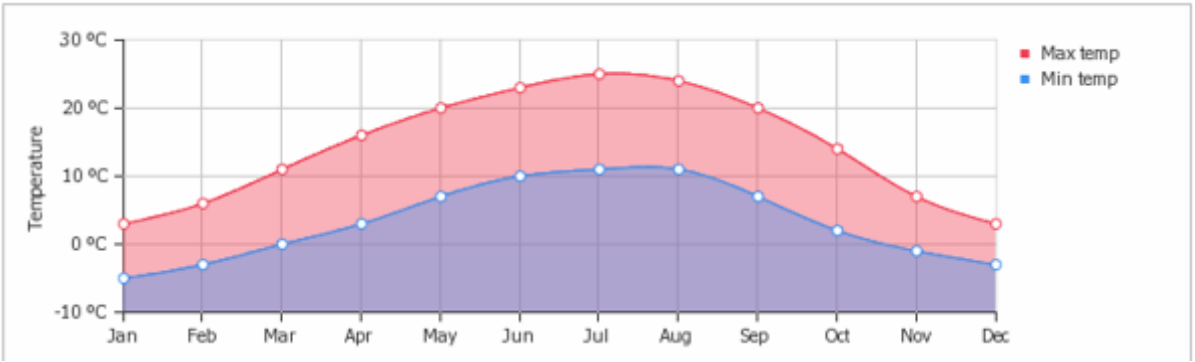
شغل	تعداد افراد	میانگین مساحت	انحراف معیار مساحت	میانگین شاخص شکل	انحراف معیار شاخص شکل
شاغل تمام وقت	۸۴	۱۲۸۴۴۶۵۰۱۵	۱۳۳۳۸۷۱۹۳۳	۰,۱۶۷۹	۰,۱۴۳۰
شاغل پاره وقت	۱۴	۱۵۸۳۰۱۲۶۶۱	۲۰۱۹۶۴۰۹۳۸	۰,۱۶۵۶	۰,۱۷۱۴
بیکار	۷	۴۸۹۴۹۳۷۳۵	۲۴۸۷۲۵۱۰۹	۰,۱۳۶۳	۰,۰۷۷۹
محصل تمام وقت	۴۱	۱۰۵۶۱۴۳۳۳۳	۱۱۰۱۸۸۲۱۴۶	۰,۱۳۰۵	۰,۱۰۹۵
خانه داری	۵	۲۸۶۹۸۸۹۴۰	۷۳۷۹۴۹۳۶	۰,۱۵۷۸	۰,۰۸۰۸

۴-۵- رابطه فصول سال با فضای فعالیت

در این تحلیل خطوط سیر افراد با توجه به ماه‌های سال گروه‌بندی شده و با محاسبه میانگین مساحت و شاخص شکل فضای فعالیت هر گروه، جدول ۵ بدست آمده است. ماه ژوئیه با توجه به میانگین دمای بالا و مطبوع (شکل ۷) و همچنین تعداد تعطیلات بالای مدارس در آن بیشترین مساحت فضای فعالیت را به خود اختصاص می‌دهد که گویای تمایل افراد به سفرهای با مسافت زیاد در این ماه است. همانطور که در جدول ۶ قابل مشاهده است، همانند نتایج تحقیقات Isaacman و همکاران در سال ۲۰۱۱ [۱۷]، افراد در فصول گرم سال (بهار و تابستان) تمایل بیشتری به سفرهای با مسافت بیشتر و با مقاصد متفاوت و پراکنده‌تری نسبت به فصول سرد (پاییز و زمستان) دارند.

جدول ۵- میانگین و انحراف‌معیار مساحت و شاخص شکل فضای فعالیت کاربران بر اساس ماه‌های سال

فصل	ماه	تعداد افراد	میانگین مساحت	انحراف معیار مساحت	میانگین شاخص شکل	انحراف معیار شاخص شکل
بهار	آوریل	۱۳۰	۷۶۹۸۹۶۴۵۰	۱۶۵۵۸۵۴۶۷۸	۰,۰۸۱۸	۰,۰۹۳۷
	مه	۱۲۵	۵۸۹۲۲۶۷۵۷	۱۳۹۶۱۴۴۳۵۷	۰,۰۸۵۸	۰,۱۰۴
	ژوئن	۱۱۸	۷۵۳۷۶۶۲۵۶	۱۶۲۷۲۲۰۰۰۴	۰,۰۸۷۸	۰,۰۹۶۷
تابستان	ژوئیه	۱۱۶	۸۷۰۸۱۷۷۵۳	۱۴۰۱۶۹۳۲۴۵	۰,۰۸۱۵	۰,۰۹۷۷
	اوت	۱۰۸	۷۱۷۱۲۸۴۱۶	۱۰۷۶۹۶۰۲۳۶	۰,۰۸۳۳	۰,۱۰۳۱
	سپتامبر	۱۱۱	۶۳۸۸۴۷۹۸۶	۱۱۲۸۶۷۶۲۷۷	۰,۰۹۱۵	۰,۱۱۳۳
پاییز	اکتبر	۱۲۱	۷۰۲۳۶۲۵۸۳	۱۲۲۸۱۲۷۳۴۸	۰,۰۹۰۷	۰,۱۱۳۱
	نوامبر	۱۲۰	۵۲۷۰۷۸۶۱۳	۸۹۷۳۹۹۰۵۴	۰,۰۹۴۶	۰,۱۱۹۲
	دسامبر	۱۱۶	۸۵۹۶۹۲۱۵۴	۱۳۵۱۵۵۵۶۶۳	۰,۰۸۳۳	۰,۰۹۹۵
زمستان	ژانویه	۱۲۹	۴۶۵۲۹۱۹۷۶	۶۹۲۱۴۹۰۵۹	۰,۱۰۳۴	۰,۱۱۳۷
	فوریه	۱۲۶	۶۷۶۹۵۵۲۸۳	۱۴۲۴۹۶۳۵۰۶	۰,۰۸۳۷	۰,۰۹۶۷
	مارس	۱۲۳	۴۳۹۲۲۳۵۰۰	۷۳۵۹۹۷۷۱۱	۰,۰۹۴۶	۰,۱۲۱۵



شکل ۷- میانگین ماهانه کمترین و بیشترین دمای روزانه در منطقه ژنو
(برگرفته از سایت www.weather-and-climate.com)

جدول ۶- میانگین و انحراف‌معیار مساحت و شاخص شکل فضای فعالیت کاربران بر اساس فصول سال

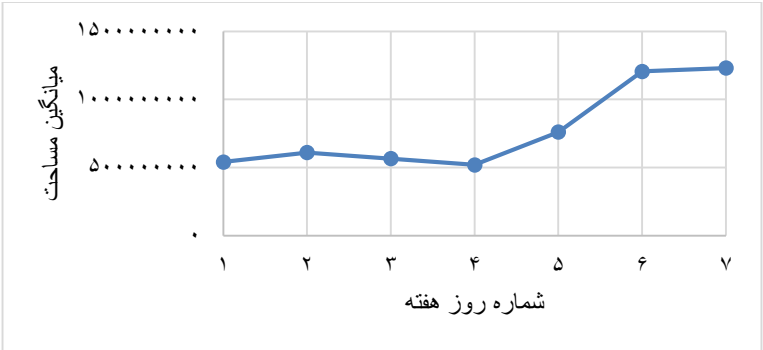
فصل	تعداد نفر در ماه	میانگین مساحت	انحراف معیار مساحت	میانگین شاخص شکل	انحراف معیار شاخص شکل
بهار	۳۷۳	۷۰۴۲۹۶۴۸۸	۱۵۵۹۷۳۹۶۸۰	۰,۰۸۵۱	۰,۰۹۸۱
تابستان	۳۳۵	۷۴۲۲۶۴۷۱۸	۱۲۰۲۴۴۳۲۵۳	۰,۰۸۵۴	۰,۱۰۴۷
پاییز	۳۵۷	۶۹۶۳۷۷۷۸۳	۱۱۵۹۰۲۷۳۵۵	۰,۰۸۹۵	۰,۱۱۰۶
زمستان	۳۷۸	۵۲۷۱۵۶۹۲۰	۹۵۱۰۳۶۷۵۹	۰,۰۹۳۹	۰,۱۱۰۶

۵-۵- رابطه روزهای هفته با فضای فعالیت

Isaacman و همکاران در سال ۲۰۱۱ با محاسبه میانه و بیشینه مسافت سفر تعدادی از مردم آمریکا به این نتیجه رسیدند که بیش از نیمی از افراد در اواخر هفته، میانه مسافت سفر (مسافت سفر متداول) کمتری نسبت به اواسط هفته دارند، بنابراین در اواخر هفته کمتر حرکت می‌کنند و بیشتر در نزدیکی محل سکونت خود حضور دارند [۱۷]. آن‌ها در سال ۲۰۱۰ به این نتیجه رسیدند که بیشینه مسافت سفر بیشتر افراد در آمریکا در اواخر هفته اتفاق می‌افتد [۳۷]. در تحقیق پیش‌رو، به جای بررسی میانه مسافت سفر به بررسی دامنه حرکتی (متناسب با بیشینه مسافت سفر) تعدادی از مردم در کشور سوییس پرداخته شده است. جدول ۷ و ۸ و شکل ۸ نشان می‌دهد این افراد در اواخر هفته دارای فضای فعالیت بسیار بزرگتری نسبت به اواسط هفته می‌باشند و این موضوع نشان‌دهنده تمایل بیشتر افراد به سفرهای با مسافت بیشتر در روزهای تعطیل است. دلیل این امر می‌تواند تعطیلی مدارس و مشاغل و در نتیجه وجود وقت آزادتر در اواخر هفته باشد که این امکان را می‌دهد تا افراد به سفرهای دورتری بروند و یا به فعالیت‌های عقب‌مانده خود بپردازند. علاوه بر این، مردم در اواخر هفته دارای میانگین انحراف معیار بیشتری هستند و این نشان دهنده تفاوت بیشتر رفتارهای حرکتی افراد در اواخر هفته است. یکی از دلایل این تفاوت، با توجه به تحقیقات Isaacman و همکاران در سال ۲۰۱۰ این است که بیشتر افراد متمایل به سپری کردن اواخر هفته در خانه خود هستند اما تعداد کمی از مردم که سفر می‌کنند سفرهای بسیار طولانی و با مقاصد پراکنده‌ای دارند. اما بر خلاف نتایج تحقیقات Yuan و همکاران در سال ۲۰۱۳ [۳۱]، تفاوت شاخص شکل این افراد در اواخر و اواسط هفته چشمگیر نیست. لازم به ذکر است که تعطیلات عمومی اواسط هفته از اطلاعات مربوط به روزها در جدول ۷ و ۸ حذف شده است.

جدول ۷- میانگین و انحراف‌معیار مساحت و شاخص شکل فضای فعالیت کاربران بر اساس روزهای هفته

شماره روز هفته	روز هفته	تعداد افراد	میانگین مساحت	انحراف معیار مساحت	میانگین شاخص شکل	انحراف معیار شاخص شکل
۱	دوشنبه	۱۵۰	۵۴۰۲۰۵۸۶۳	۱۱۳۲۲۲۰۶۸۷	۰,۰۸۵	۰,۱۱۲۸
۲	سه شنبه	۱۵۲	۶۱۰۷۱۸۱۴۷	۱۳۲۹۹۷۶۳۲۸	۰,۱۰۱۶	۰,۱۲۹
۳	چهارشنبه	۱۵۳	۵۶۵۸۶۲۹۴۹	۹۴۶۲۴۰۵۸۶	۰,۰۸۸۳	۰,۱۰۱۴
۴	پنجشنبه	۱۵۲	۵۱۹۴۷۴۱۸۲	۷۶۸۷۸۵۶۵۲	۰,۰۹۹	۰,۱۱۶
۵	جمعه	۱۵۲	۷۶۰۹۷۲۷۱۹	۱۲۴۷۷۵۵۷۴۶	۰,۱۰۹۹	۰,۱۲۵۳
۶	شنبه	۱۵۲	۱۲۰۶۳۵۶۳۲۰	۱۷۳۵۱۱۳۱۹۷	۰,۱۱۰۸	۰,۱۱۲۷
۷	یکشنبه	۱۵۰	۱۲۳۰۶۱۹۴۴۳	۱۸۱۲۵۲۷۰۱۶	۰,۱۲۸۲	۰,۱۳۵۵



شکل ۸- ارتباط بین روزهای هفته و مساحت فضای فعالیت کاربران

جدول ۸- میانگین و انحراف‌معیار مساحت و شاخص شکل فضای فعالیت کاربران بر اساس روزهای کاری

هفته	تعداد افراد	میانگین مساحت	انحراف معیار مساحت	میانگین شاخص شکل	انحراف معیار شاخص شکل
آخر هفته	۱۵۲	۱۴۱۲۴۴۳۵۷۹	۱۷۹۰۰۹۸۲۹۱	۰,۱۳۵۷	۰,۱۲۳
وسط هفته	۱۵۵	۷۸۴۹۰۷۱۴۶	۱۰۴۱۵۸۹۳۶۷	۰,۱۲۱۹	۰,۱۲۴

علاوه بر این، میزان تفاوت و شباهت رفتار حرکتی مردم در روزهای تعطیل متصل به اواخر هفته (جمعه و یا دوشنبه) و روزهای تعطیل اواسط هفته مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به جدول ۹ میانگین مساحت و شاخص شکل فضای فعالیت افراد در تعطیلات روزهای جمعه و یا دوشنبه بسیار بیشتر از این میزان در تعطیلات اواسط هفته است. همچنین با توجه به انحراف معیار پارامترهای فضای فعالیت می‌توان نتیجه گرفت تفاوت رفتارهای حرکتی مردم در روزهای تعطیل متصل به اواخر هفته (جمعه و یا دوشنبه) بیشتر از روزهای تعطیل اواسط هفته است. بنابراین رفتار حرکتی افراد در روزهای تعطیل متصل به اواخر هفته شباهت بیشتری به رفتار آن‌ها در اواخر هفته دارد.

جدول ۹- میانگین و انحراف‌معیار مساحت و شاخص شکل فضای فعالیت کاربران بر اساس روزهای تعطیلات

تعطیلات عمومی	تعداد افراد	میانگین مساحت	انحراف معیار مساحت	میانگین شاخص شکل	انحراف معیار شاخص شکل
تعطیلات جمعه و یا دوشنبه	۱۱۱	۴۱۸۰۱۴۸۱۰	۹۹۵۸۳۸۷۴۹	۰,۰۵۴	۰,۰۸۵۳
تعطیلات اواسط هفته	۵۹	۴۵۸۴۷۷۱۹	۱۵۸۱۱۴۰۶۵	۰,۰۴۹۴	۰,۰۸۵۱

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این تحقیق به بررسی مطالعه ارتباط بین برخی از متغیرهای جمعیتی و زمانی مانند سن، جنسیت، شغل، روزهای هفته و ماه‌های سال با رفتارهای حرکتی انسان بر اساس فضای فعالیت پرداخته شد. نتایج بدست آمده بر روی مجموعه داده‌های نمونه که مربوط به کشور سوییس می‌باشد نشان داد افراد با سن بالای ۵۰ سال، زنان بالاخص زنان خانه‌دار و افراد بیکار سفرهای با مسافت و شاخص شکل کمتری را طی می‌کنند و همچنین تفاوت رفتارهای حرکتی آن‌ها نسبت به سایر گروه‌ها کمتر است. علاوه بر این، نتایج مربوط به متغیرهای زمانی نشان داد رفتار حرکتی افراد به روزهای هفته و ماه‌های سال وابسته است. افراد در اواخر هفته تمایل بیشتری به سفرهای با مسافت طولانی‌تر و با مقاصد پراکنده‌تری دارند و تفاوت رفتاری حرکت آن‌ها بیشتر است. همچنین ماه ژوئیه به دلیل داشتن هوای مطبوع و تعداد تعطیلات بالا و ماه مارس و ژانویه به دلیل سرد بودن هوا و تعداد کم تعطیلات به ترتیب بیشترین و کمترین مساحت و شاخص شکل فضای فعالیت را به خود اختصاص دادند. تناسب نتایج به دست آمده با انتظارات، نشان از کارایی رویکرد پیشنهادی دارد. از نتایج این تحقیق می‌توان برای درک بهتر نحوه حرکات انسان‌ها و در نتیجه برای کمک به حل بسیاری از مسائل اجتماعی، مسائل مربوط به حمل و نقل، سیاست‌گذاری‌ها و تصمیمات کلان و همچنین در بازاریابی و تبلیغات استفاده کرد.

لازم به ذکر است نتایج به دست آمده مربوط به ویژگی‌های رفتار حرکتی افراد در کشور سوییس بوده و ممکن است در مناطق دیگر به دلایلی از جمله تفاوت در فرهنگ، موقعیت، آب و هوا، زیرساخت‌ها و بزرگی شهر، نتایج متفاوتی بدست آید. بنابراین در مراحل آتی، فرایند طی شده در این تحقیق برای داده‌های سایر کشورها بررسی خواهد شد تا بتوان میزان مشابهات یا تفاوت آنها را تعیین نمود.

مراجع

[1] D. Wang and X. Cao, "Impacts of the built environment on activity-travel behavior: Are there differences between public and private housing residents in Hong Kong?," Transportation Research Part A: Policy and Practice, vol. 103, pp. 25-35, 2017.

[2] J .Feng, "The influence of built environment on travel behavior of the elderly in urban China," Transportation Research Part D: Transport and Environment, vol. 52, pp. 619-633, 2017.

[3] S. McLafferty and V. Preston, "Gender, race, and commuting among service sector workers," The Professional Geographer, vol. 43, pp. 1-15, 1991.

[4] M. Theriault, M.-H. Vandersmissen, and P. Villeneuve, "Work Trips: Are There Still Gender Differences? Case of Quebec Metropolitan Area, 1991 and 2001," 2006.

[5] S. Hanson, "Geographic perspectives on the occupational segregation of women," National Geographic Research, vol. 6, pp. 376-399, 1990.

[6] J. Feng, M. Dijst, B. Wissink, and J. Prillwitz, "Elderly co-residence and the household responsibilities hypothesis: evidence from Nanjing, China," Urban Geography, vol. 36, pp. 757-776, 2015.

[7] M. J. Roorda, A. Páez, C. Morency, R. Mercado, and S. Farber, "Trip generation of vulnerable populations in three Canadian cities: a spatial ordered probit approach," Transportation, vol. 37, pp. 525-548, 2010.

[8] C. Vance and R. Iovanna, "Gender and the automobile: analysis of nonwork service trips," Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, pp. 54-61, 2007.

[9] N. Limtanakool, M. Dijst, and T. Schwanen, "On the participation in medium-and long-distance travel: A decomposition analysis for the UK and the Netherlands," Tijdschrift voor economische en sociale geografie, vol. 97, pp. 389-404, 2006.

[10] N. L. Georggi and R. M. Pendyala, "An analysis of long-distance travel behavior of the elderly and the low-income," University of South Florida, 2000.

[11] A. L. Rosso, A. H. Auchincloss, and Y. L. Michael, "The urban built environment and mobility in older adults: a comprehensive review," Journal of aging research, vol. 2011, 2011.

[12] J. Y. Guo and C. Chen, "The built environment and travel behavior: making the connection," Transportation, vol. 34, pp. 529-533, 2007.

[13] R. Ewing and R. Cervero, "Travel and the built environment: a synthesis," Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, pp. 87-114, 2001.

[14] M. G. Boarnet and R. Crane, Travel by design: The influence of urban form on travel: Oxford University Press on Demand, 2001.

[15] T. Goddard, S. Handy, X. Cao ,and P. Mokhtarian, "Voyage of the SS Minivan: Women's travel behavior in traditional and suburban neighborhoods," Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, pp. 141-148, 2006.

[16] Y. Yuan and M. Raubal, "On correlation between mobile phone usage and travel behavior–A case study of Harbin, China," in Geographic information science–6th International conference, GIScience 2010, 2010.

[17] S. Isaacman, R. Becker, R. Cáceres, S. Kobourov, M. Martonosi, J. Rowland, et al., "Ranges of human mobility in Los Angeles and New York," in Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2011 IEEE International Conference on, 2011, pp. 88-93.

[18] K. W. Axhausen, "A dynamic understanding of travel demand: A sketch," in Integrated Land-Use and Transportation Models: Behavioural Foundations, ed: Emerald Group Publishing Limited, 2005, pp. 1-20.

[19] S. Schönfelder and K. W. Axhausen, "Structure and innovation of human activity spaces," Arbeitsberichte Verkehrs-und Raumplanung, vol. 258, pp. 1-40, 2004.

[20] F. E. Horton and D. R. Reynolds, "Effects of urban spatial structure on individual behavior," Economic Geography, vol. 47, pp. 36-48, 1971.

[21] L. A. Brown and E. G. Moore, "The intra-urban migration process: a perspective," Geografiska Annaler: Series B, Human Geography, vol. 52, pp. 1-13, 1970.

[22] T. Hägerstrand, "What about people in regional science?," in Papers of the Regional Science Association, 1970, pp. 6-21.

[23] H. Yu and S. L. Shaw, "Exploring potential human activities in physical and virtual spaces: a spatio-temporal GIS approach," International Journal of Geographical Information Science, vol. 22, pp. 409-430, 2008.

[24] S. Schönfelder and K. W. Axhausen, "Activity spaces: measures of social exclusion?," Transport policy, vol. 10, pp. 273-286, 2003.

[25] J. A. Hirsch, M. Winters, P. Clarke, and H. McKay, "Generating GPS activity spaces that shed light upon the mobility habits of older adults: a descriptive analysis," International journal of health geographics, vol. 13, p. 51, 2014.

[26] R. Rai, M. Rieser, M. Balmer, V. Vaze, S. Schönfelder, and K. W. Axhausen, "Capturing human activity spaces," Arbeitsbericht Verkehrs-und Raumplanung, vol. 378, 2006.

[27] D. W. Lefever, "Measuring geographic concentration by means of the standard deviational ellipse," American Journal of Sociology, vol. 32, pp. 88-94, 1926.

[28] T. H. Newsome, W. A. Walcott, and P. D. Smith, "Urban activity spaces: Illustrations and application of a conceptual model for integrating the time and space dimensions," Transportation, vol. 25, pp. 357-377, 1998.

[29] C. Song, Z. Qu, N. Blumm, and A.-L. Barabási, "Limits of predictability in human mobility," Science, vol. 327, pp. 1018-1021, 2010.

[30] M. C. Gonzalez, C. A. Hidalgo, and A.-L. Barabasi, "Understanding individual human mobility patterns," nature, vol. 453, p. 779, 2008.

[31] Y. Yuan, Characterizing human mobility from mobile phone usage: University of California, Santa Barbara, 2013.

[32] C. Harding, Z. Patterson, and L. Miranda-Moreno, "Activity space geometry and its effect on mode choice," in 92nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC: 2013, 2013.

[33] Y. Xu, S.-L. Shaw, Z. Zhao, L. Yin, F. Lu, J. Chen, et al., "Another tale of two cities: Understanding human activity space using actively tracked cellphone location data," Annals of the American Association of Geographers, vol. 106, pp. 489-502, 2016.

[34] R. Crane, "Is there a quiet revolution in women's travel? Revisiting the gender gap in commuting," Journal of the American planning association, vol. 73, pp. 298-316, 2007.

[35] S. Hanson and P. Hanson, "Gender and urban activity patterns in Uppsala, Sweden," Geographical Review, pp. 291-299, 1980.

[36] J. Fanning Madden, "Why women work closer to home," Urban studies, vol. 18, pp. 181-194, 1981.

[37] S. Isaacman, R. Becker, R. Cáceres, S. Kobourov, J. Rowland, and A. Varshavsky, "A tale of two cities," in Proceedings of the Eleventh Workshop on Mobile Computing Systems & Applications, 2010 ,pp. 19-24.