فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۱۵، شماره ۳، بهار ۱۴۰۳، ص. ۳۸۶۳-۳۸۴۵

مقاله علمی-پژوهشی

# تحلیل عدالت در دسترسی به فرصت‌های شهری با استفاده از گونه‌های اتوبوس و خودرو (مطالعه‌ی موردی: کاربری درمانی در شهر اصفهان)

خشایار موکویی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی حمل‌ونقل، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

حسین حق‌شناس (مسئول مکاتبات)، استادیار، دانشکده مهندسی حمل‌ونقل، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

**E-mail: ho_hagh@iut.ac.ir**

علیرضا صاحبقرانی، استادیار، دانشکده مهندسی حمل‌ونقل، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۴ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۳

## چکیده

***دسترسی، به‌عنوان عاملِ پیونددهنده‌ی کاربری زمین و حمل‌ونقل، توزیع سهولتِ استفاده از فرصت‌های شهری با استفاده از سیستم حمل‌ونقل شهری را اندازه‌گیری نموده و امکان مقایسه‌ی برخورداری کاربران از امکانات و نیز ارزیابی برابری میان افراد و گروه‌های مختلف در دستیابی به کاربری‌ها را فراهم می‌سازد. یکی از فرصت‌های شهری، کاربری درمانی است که به دلیل ارائه‌ی خدمات بهداشتی تأثیرات مهمی بر سلامت شهروندان دارد. از طرفی، توجه به حمل‌ونقل پایدار مانند: توسعه‌ی زیرساخت‌های حمل‌ونقل همگانی از جمله اتوبوس‌ها باعث کاهش آسیب به محیط‌زیست، ترافیک و سایر هزینه‌های اجتماعی می‌شود. هدف این مطالعه، محاسبه و تحلیل دسترسی به کاربری درمانی در شهر اصفهان با گونه‌ی اتوبوس و خودرو و مقایسه‌ی توزیع دسترسی آن‌ها در مقیاس خُرد ( بلوک آماری) است. در این پژوهش، از مدل دسترسی جاذبه‌ای مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده‌شده و هزینه‌های مختلفِ حمل‌ونقل از جمله: ارزش زمان سفر، استهلاک خودرو، هزینه‌ی مصرف سوخت خودرو و کرایه در محاسبه دسترسی لحاظ شده است. برای ارزیابی و مقایسه‌ی نابرابری در دسترسی به امکانات حمل‌ونقل و کاربری درمانی برای اتوبوس و خودرو از ضریب جینی و منحنی لورنز استفاده‌شده است. نتایج نشان می‌دهد، مناطق مرکزی شهر اصفهان به دلیل تراکم بالای کاربری و امکانات حمل‌ونقل (ایستگاه‌ها و خطوط متنوع حمل‌ونقل همگانی) پتانسیل دسترسی بالاتری نسبت به سایر مناطق دارند. درمجموع، دسترسی با حمل‌ونقل همگانی ضعیف‌تر از خودروی شخصی است و کمبود امکانات حمل‌ونقل همگانی منجر به افزایش نابرابری در دسترسی به این گونه نسبت به خودروی شخصی شده است.***

**واژه‌های کلیدی:** دسترسی، حمل‌ونقل همگانی، هزینه‌های حمل‌ونقل، عدالت، کاربری درمانی، شهر اصفهان

## ۱. مقدمه

مراکز خدمات بهداشتی و درمانی ازجمله مراکزی هستند که به‌طور مستقیم در تأمین سلامت فرد و جامعه دخیل هستند؛ لذا، دسترسی سریع، به‌موقع و ارزان به این مراکز در هر جامعه، به خصوص در جوامع شـهری ضروری بوده و لازم است مدیران شهری، توجه ویژه‌ای به تأمین دسترسی مناسب شهروندان به این مراکز داشته باشند [Mohammadi et al 2020].

دسترسی ابزاری است که پیوندی معنادار را میان مفاهیم مختلف مانند: موضوعات اجتماعی، محیط ساخته‌شده‌ی شهری، موقعیت کاربری‌ها و سیستم‌های حمل‌ونقل برقرار می‌کند [Grengs 2010]. هنسن [Hansen 1959]، قابلیت دسترسی را به‌عنوان معیاری کمی از سهولت رسیدن به مقاصد، فرصت‌ها و فعالیت تعریف می‌کند. درواقع، قابلیت دسترسی منفعت یا امتیازی است که بر سطح فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی آحاد جامعه تأثیر فراوانی دارد [Nazari and Behbahani 2019]. در پژوهش‌های مختلف از عامل دسترسی برای ارزیابی میزان سهولت در دست‌یابی شهروندان به امکانات شهری ازجمله مراکز بهداشتی و درمانی استفاده‌شده است. به عنوان نمونه، مشکینی و ابراهیمی [Meshkini and Ebrahimi 2017] سطح دسترسی شهروندان منطقه‌ی هفت شهرتهران را از طریق روش نزدیک‌ترین فاصله همسایگی به مراکز درمانی در مقیاس محله سنجیده و نابرابری در توزیع دسترسی را محاسبه کرده‌اند. محمدی و همکاران [Mohammadi et al 2020] دسترسیِ محلات شهر اردبیل را از طریق مدل‌های آماری فضایی به کاربری درمانی سنجیده‌اند. صباغی‌آبکوهی و خاکپور [Sabbaghiabkohi and Khakpur 2018]دسترسی مناطق مختلف شهر مشهد را با استفاده از قطار سبک شهری به مراکز درمانی بر اساس مدل جاذبه‌ای هنسن محاسبه کرده‌اند و در انتها نتیجه گرفتند که ۷۷ درصد مناطق شهر مشهد دارای سطح دسترسی کمتر از متوسط هستند. طهماسبی و همکاران [Tahmasbi et al 2019] دسترسی به فروشگاه‌های کوثر اصفهان را با گونه‌ی اتوبوس، خودرو و پیاده در سطح نواحی تحلیل ترافیک (TAZ) سنجیده و از عامل دسترسی برای ارزیابی عدالت و نابرابری استفاده کرده‌اند. حمیدی، کامپورال و کاگیانی [Hamidi, Camporeal and Caggiani 2019] در شهر مالمو سوئد دسترسی به پایانه‌های اتوبوس را از طریق دوچرخه با استفاده از مدل جاذبه‌ای در سطح مناطق شهری ارزیابی کرده‌اند و در انتها میزان نابرابری در دسترسی گروه‌های مختلف اجتماعی را ارزیابی کرده‌اند.

در کنار ویژگی‌های کاربری زمین، هزینه‌های حمل‌ونقل از مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر مقدار دسترسی هستند که بیانگر ویژگی‌های حمل‌ونقل در مدل‌های دسترسی هستند [Handy and Niemeier 1997]. در میان هزینه‌های حمل‌ونقل، طول و زمان سفر ازجمله پرکاربردترین هزینه‌ها برای محاسبه دسترسی هستند، به‌طوری که در پژوهش‌های متعددی از این دو متغیر برای سنجش دسترسی استفاده شده است[ Cervro and Rood 1999; Handy and Niemeier 1997; Ramjerdi 2006 ; Hamidi,Camporeale and Caggiani 2019]. در این مطالعه، دسترسی بلوک‌های مسکونی به مراکز درمانی مانند: بیمارستان‌ها، مراکز اورژانس و خانه‌های بهداشت شهر اصفهان، از طریق دو گونه‌ی خودرو و اتوبوس محاسبه‌شده است. درواقع، هدف این مطالعه تحلیل و ارزیابی دسترسی به فرصت‌های درمانی در شهر اصفهان و مقایسه سطح دسترسی گونه‌ی اتوبوس و خودروی شخصی و بررسی تفاوت‌های آن‌ها است. لازم به ذکر است، عمده‌ی پژوهش‌های داخلی و خارجی که در مرور منابع و در جدول (۱) به آن اشاره شده، دسترسی را در مقیاس‌های کلان مثل: منطقه، ناحیه، محله و نواحی تحلیل ترافیک (TAZ) محاسبه کرده‌اند. این امر، منجر به عدم پوشش جزئیات دسترسی و همچنین افزایش خطا در محاسبه می‌شود. بدین‌جهت، در پژوهش حاضر، برای محاسبه دسترسی و نمایش توزیع دسترسی شهروندان اصفهانِ از مقیاس خرد (بلوک آماری) استفاده‌شده است.

همچنین، اکثر پژوهش‌هایی که در این مطالعه مرور شده‌اند از زمان و طول سفر برای محاسبه دسترسی استفاده کرده‌اند. بدین‌جهت، در این پژوهش، علاوه بر لحاظ زمان سفر در محاسبه‌ی دسترسی، هزینه‌هایی مثل: مصرف سوخت خودرو، هزینه‌ی استهلاک خودرو و کرایه‌ی اتوبوس‌ها نیز در نظر گرفته‌شده است. لازم به ذکر است، برای محاسبه و تحلیل دسترسی با استفاده از گونه‌ی همگانی، جزئیات مختلف سفر نظیر: زمان پیاده‌روی، زمان انتظار در ایستگاه، زمان انتقال بین خطوط و زمان حرکت با اتوبوس نیز در محاسبه دسترسی لحاظ شده که جزئیات آن در روش پژوهش بیان می‌شود. در انتهای این پژوهش، برای تحلیل، ارزیابی و مقایسه‌ی دسترسی اتوبوس و خودرو از ضریب جینی و منحنی لورنز برای بررسی نابرابری در دسترسی به کاربری درمانی استفاده شده است.

## ۲. ادبیات پژوهش

دسترسی بیانگر تعامل بین کاربری زمین و حمل‌ونقل است [Handy and Niemeier 1997] که میزان سهولت دستیابی به کالا، خدمات، فعالیت‌ها و اهداف سفر را نشان می‌دهد [Hansen1959, Geurs and Van Wee 2004, Verma et al 2019, Kelobonye et al 2020]. دسترسی مشخص می‌کند که افراد و کالاها با استفاده از سامانه‌های حمل‌ونقل موجود تا چه میزان توانمند و قادر هستند که به فعالیت‌ها و مقاصد مدنظر خود دست پیدا کنند [Geurs and Van Wee2004]. دسترسی یک مفهوم مهم و کاربردی است که در مطالعات مختلف از آن استفاده‌شده است. به‌طوری‌که کوینگ [Koenig 1980] از قابلیت دسترسی برای تحلیل سرمایه‌گذاری‌های مختلف در شبکه‌ی جاده‌ای استفاده کرده است. سوییت [Sweet 1997] قابلیت دسترسی به مراکز اشتغال با گونه‌های شخصی و سواری را مورد تحلیل و ارزیابی قرار داده است. گرس و ریتسما [Geurs and Ritsema 2003] از قابلیت دسترسی به مقاصد سفر مختلف برای ارزیابی سیاست‌های مربوط به کاربری زمین و حمل‌ونقل و اولویت‌بندی آن‌ها و همچنین ارزیابی عدالت استفاده کرده‌اند. بوکارخو و اویدو [Bocarejo and Oviedo 2012] از شاخص قابلیت دسترسی و مقرون‌به‌صرفگی برای ارزیابی زیرساخت‌های حمل‌ونقل و شناسایی معایب پروژه‌ها و اولویت‌بندی آن‌ها استفاده کرده‌اند. همچنین، از دیگر کاربردهای دسترسی تحلیل و ارزیابی عدالت و نابرابری در دسترسی به زیرساخت‌های حمل‌ونقل و کاربری زمین است که در مطالعات مختلف به آن پرداخته‌شده است [Adli, Chowdhury et al 2019; Behbahani,Nazari et al. 2019; Colovic Tahmasbi,Mansourianfar et al. 2019; et al. 2020; Zuo and Caggiani 2020]. درمجموع، اهمیت محاسبه دسترسی سبب انجام پژوهش‌های گسترده‌ای در این زمینه شده است. بدین‌جهت، در قالب جدول (۱) جزئیات مطالعات مختلف که دسترسی را در مقیاس‌های مختلف محاسبه کرده‌اند، نمایش داده‌شده است.

**جدول ۱. پیشینه پژوهش**

| ردیف | منبع و سال تحقیق | محل انجام پژوهش/ مقیاس محاسبه دسترسی | توضیحات |
|---|---|---|---|
| ۱ | Sabbaghiabkohi, Rahnama and Khakpur 2018 | مشهد/ منطقه‌ی شهرداری | این پژوهش، دسترسی مناطق مسکونی شهر مشهد را به مراکز بهداشتی و درمانی از طریق سیستم قطار سبک شهری محاسبه کرده است. برای محاسبه دسترسی از مدل جاذبه‌ای هنسن استفاده شده و طول سفر برای انعکاس ویژگی‌های حمل‌ونقل در مدل جاذبه‌ای به‌کارگرفته شده است. |

| ردیف | منبع و سال تحقیق | محل انجام پژوهش/ مقیاس محاسبه دسترسی | توضیحات |
|---|---|---|---|
| ۲ | Meshkini and Ebrahimi 2017 | تهران/ بلوک‌های شهری منطقه هفت تهران | این مطالعه، به‌منظور بررسی عدالت فضایی دسترسی بلوک‌های شهری واقع در منطقه‌ی هفت تهران به کاربری درمانی از طریق روش فاصله همسایگی محاسبه کرده است. این پژوهش نشان می‌دهد که تنها نه درصد از بلوک‌ها دسترسی استاندارد به بیمارستان‌ها و بیست‌وپنجدرصد دسترسی استاندارد به درمانگاه‌ها داشته‌اند. |
| ۳ | Mohammadi et al 2021 | اردبیل/محله | این مطالعه، دسترسی به کاربری بهداشتی و درمانی را با استفاده از مدل‌های آماری فضایی، تحلیل لکه‌های داغ و خودهمبستگی فضایی محاسبه نموده است. |
| ٤ | Azmodeh and Haghighy 2017 | تهران/ بلوک‌های شهری | این تحقیق، دسترسی بلوک‌های آماری واقع در منطقه ٦ تهران را از طریق محاسبه‌ی شاخص‌های مختلف مثل: فاصله از ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، تراکم مسیرها، فاصله از کاربری‌های خدماتی مختلف (درمانی، آموزشی، فضای سبز، تجاری، مذهبی و فرهنگی و غیره)، سطح پیاده‌روی، عرضه‌ی پارکینگ‌ها، تنوع گونه‌های سفر و توپوگرافی را محاسبه کرده است. |
| ٥ | Tahmasbi et al 2019 | اصفهان/ نواحی تحلیل ترافیک (TAZ) | این پژوهش، دسترسی به فروشگاه‌های زنجیره‌ای با گونه‌ی خودرو، اتوبوس و پیاده را سنجیده و از عامل دسترسی برای ارزیابی نابرابری و عدالت استفاده کرده است. در این تحقیق، برای محاسبه‌ی دسترسی از مدل جاذبه مبنا استفاده شده و از زمان سفر برای انعکاس ویژگی‌های حمل‌ونقل در مدل دسترسی استفاده شده است. |
| ٦ | Hamidi,Camporeal and Caggiani 2019 | مالمو/ مقیاس منطقه‌ای | این مطالعه، دسترسی مناطق مسکونی شهر مالمو سوئد را به پایانه‌های اتوبوس از طریق گونه‌ی دوچرخه سنجیده و از شاخص تایل[1] برای ارزیابی نابرابری در دسترسی استفاده کرده است. این مطالعه از زمان سفر با دوچرخه در مدل جاذبه‌ای دسترسی استفاده کرده است. |
| ۷ | Guzman and Oviedo 2017 | بوگوتا/ نواحی تحلیل ترافیک (TAZ) | این پژوهش، دسترسی به کاربری‌های آموزشی و کاری را از طریق حمل‌ونقل همگانی در شهر بوگوتای کلمبیا برای ارزیابی نابرابری و عدالت محاسبه کرده است. این مطالعه، از مدل جاذبه‌ای برای محاسبه دسترسی استفاده کرده و از زمان سفر به همراه هزینه‌هایی مثل کرایه، مالیات و هزینه پارکینگ‌ها برای انعکاس ویژگی‌های حمل‌ونقل در مدل دسترسی استفاده کرده است. |
| ۸ | Wang et al 2015 | مادرید/ مقیاس منطقه‌ای | این مطالعه از دسترسی (مدل جاذبه‌ای) و سیستم‌های علی[2] برای ارزیابی سیاست‌های حمل‌ونقل و کاربری زمین استفاده کرده است. همچنین، در این تحقیق، برای محاسبه دسترسی از زمان سفر استفاده‌شده است. |
| ۹ | Jang et al 2016 | سئول/ نواحی تحلیل ترافیک (TAZ) | این پژوهش، برای محاسبه دسترسی از شاخص‌هایی مانند: تراکم ایستگاه‌ها و خطوط، جمعیت تحت پوشش ایستگاه‌ها، میزان حجم مسافر عبوری از هر |

| ردیف | منبع و سال تحقیق | محل انجام پژوهش/ مقیاس محاسبه دسترسی | توضیحات |
|---|---|---|---|
| | | | ایستگاه استفاده کرده و به وسیله‌ی شاخص دسترسی، نابرابری در دستیابی به امکانات حمل‌ونقل را سنجیده است. |

عمده‌ی پژوهش‌های داخلی و خارجی که در مرور منابع به برخی از آن‌ها مورد اشاره قرار گرفت، دسترسی را در مقیاس منطقه، محله، نواحی تحلیل ترافیک (TAZ) و یا در مقیاس بلوک‌های شهری واقع در یک منطقه شهری محاسبه کرده‌اند و پژوهش‌های اندکی دسترسی را در مقیاس خرد بلوک آماری و به گونه‌ی فراگیر در سطح شهر محاسبه کرده است. در واقع، مقیاس‌های شهری مثل: مناطق شهر، ناحیه ها و TAZ به دلیل مقیاس کلانی که دارند جزئیات دسترسی را به خوبی نشان نمی‌دهند. به عنوان نمونه، در شهر اصفهان تعداد TAZ ها برابر با ۱۹۰ و بلوک‌های آماری برابر با ۱۵۵۳۲ عدد است، به‌طوری که در داخل هر TAZ تعداد زیادی از بلوک‌های آماری قرار دارد که می‌تواند توزیع دسترسی را بسیار متفاوت‌تر از مقیاس‌های کلان از جمله TAZ ها نشان دهد. بدین‌جهت، در این پژوهش برای نمایش جزئیات دسترسی و همچنین کاهش خطای ناشی از مقیاس‌های کلان، از مقیاس خرد بلوک آماری استفاده شده است.

## ۳. مبانی نظری پژوهش

توسعه‌ی پایدار نیازمند سیستم حمل‌ونقل عادلانه، کارآمد و سازگار با محیط‌زیست است[Litman 2003]. امروزه یکی از چالش‌های برنامه‌ریزان توسعه و اندازه‌گیری شاخص‌های مناسب برای نیل به اهداف توسعه پایدار است [Mansourianfar and Haghshenas 2019]. عدالت که به معنای برخوردی برابر و بی‌طرف با همه‌ی افراد و فراهم کردن مزایا و منافع برابر برای تمامی ذینفعان جامعه است، یکی از اهداف و نیازهای توسعه‌ی پایدار برای برنامه‌ریزی شهری و حمل‌ونقل است [Litman and Burwell 2006]. دسترسی ابزاری است که پیوندی معنادار بین مفاهیم مختلف اجتماعی، محیط ساخته‌شده، موقعیت کاربری‌ها و سیستم‌های حمل‌ونقل برقرار می‌کند [Grengs 2010]. عدم دسترسی افراد به سیستم حمل‌ونقل با کیفیت مناسب می‌تواند منجر به کاهش مشارکت در اشتغال و چرخه طولانی مدت فقر شود[Sanchez 1997]. در واقع دسترسی ابزاری است سودمند برای تحلیل عدالت، زیرا که به وسیله این شاخص میزان سهولت دستیابی افراد وگروه‌های اجتماعی مختلف به امکانات را می‌توان سنجید [Grengs, Levine and Shen 2013].

برای محاسبه‌ی دسترسی روش‌های مختلفی وجود دارد، ازجمله مرسوم‌ترین آن‌ها می‌توان به مدل‌های تجمعی فرصت‌ها[۳]، فاصله مبنا[۴]، مطلوبیت مبنا[۵] و جاذبه مبنا[۶] اشاره کرد. برای محاسبه‌ی دسترسی بر اساس مدل تجمعی فرصت‌ها، نیاز به محاسبه‌ی تعداد فرصت‌های قابل‌دسترس در یک‌فاصله و زمان سفر مشخص می‌باشد [Geurs and VanWee 2004; Handy and Niemeier 1997; Geneidy and Levinson 2011]. مدل فاصله مبنا که مدل اتصال هم نامیده می‌شود، بیانگر میزان ارتباط (متصل بودن) دو مکان و یا دونقطه از یک سطح است[ Cervero and Rood 1999]. یکی دیگر از روش‌های محاسبه دسترسی، رویکرد مطلوبیت مبنا است که دسترسی را در سطح ناهمفزون (فردی) محاسبه کرده و خصوصیات فردی از قبیل: درآمد و متغیرهای جمعیتی را در کنار ویژگی‌های حمل‌ونقل مثل: ویژگی‌های شبکه، سرعت، هزینه‌ی سفر و غیره را در محاسبه دسترسی لحاظ می‌کند [Envall 2007]. در میان روش‌های مختلف سنجش دسترسی، مدل جاذبه مبنا به دلیل سادگی محاسبات و لحاظ هم‌زمان ویژگی‌های کاربری زمین و هزینه‌های مختلف حمل‌ونقل، یکی از مشهورترین و پراستفاده‌ترین مدل‌ها برای محاسبه دسترسی است[Tahmasbi et al 2019]. مدل جاذبه مبنا دسترسی

یک مکان را بر اساس میزان عرضه در مبادی و تابع اصطکاک فاصله (که برای توصیف تأثیر افزایش هزینه بر کاهش فرصت‌ها است) مورد سنجش و ارزیابی قرارمی‌دهد. به این ترتیب، هرچه فاصله‌ی فرصت‌ها از مبدأ سفر کمتر باشد، میزان دسترسی افزایش می‌یابد[Tahmasbi, et al 2019;Envall 2007].
مدل جاذبه مبنا در مقایسه با مدل تجمعی نه تنها تعداد فرصت‌ها، بلکه موقعیت دقیق آن‌ها را نسبت به مبدأ مدنظر در سنجش دسترسی تأثیر می‌دهد و همچنین در مقایسه با مدل‌های مطلوبیت مبنا روند محاسباتی ساده‌تری دارد [Enval l2007].
در این پژوهش، از مدل جاذبه مبنا برای محاسبه و ارزیابی دسترسی به هدف سفر درمانی از طریق حمل‌ونقل همگانی و شخصی استفاده‌شده است. مدل‌های جاذبه‌ای در محاسبه‌ی دسترسی علاوه برویژگی کاربری‌ها، هزینه‌ها و ویژگی‌های حمل‌ونقل را نیز در نظر می‌گیرند. بدین‌جهت، در مدل‌های جاذبه مبنا هزینه‌های حمل‌ونقل ازجمله عوامل کلیدی در محاسبه دسترسی است و در پژوهش‌های مختلف عمدتاً از فاصله و زمان برای محاسبه استفاده‌شده است. سرورو و همکاران [Cerver and Rood et al 1999]برای محاسبه‌ی دسترسی به مراکز اشتغال از فاصله سفر برای انعکاس هزینه‌های حمل‌ونقل در مدل جاذبه‌ای استفاده کرده‌اند. هندی و همکاران [Handy et al. 2002] برای محاسبه‌ی دسترسی به خرده‌فروشی‌ها، زمان سفر را در مدل دسترسی به‌کار برده‌اند. طهماسبی و همکاران [Tahmasbi et al 2019] برای محاسبه دسترسی به فروشگاه‌های زنجیره‌ای از طریق سه گونه‌ی خودروی شخصی، اتوبوس و پیاده از زمان سفر استفاده کرده‌اند. همچنین طهماسبی و همکاران [Haghshenas and Tahmasbi 2019] در پژوهشی دیگر برای محاسبه‌ی دسترسی اتوبوس‌ها جزئیات مختلف سفر مثل: زمان پیاده‌روی، انتظار، انتقال بین خطوط و زمان حرکت با اتوبوس را در محاسبه دسترسی لحاظ کرده‌اند. برخی از پژوهش‌ها، علاوه بر زمان سفر از سایر هزینه‌ها مثل مالیات، هزینه‌ی پارکینگ، کرایه و غیره برای انعکاس ویژگی‌های حمل‌ونقل در مدل دسترسی استفاده کرده‌اند [Bocarejo S and Oviedo2012, Guzman,Oviedo and Rivera 2017]. در این پژوهش، برای انعکاس ویژگی‌های حمل‌ونقل در مدل دسترسی، علاوه بر زمان سفر، دیگر اجزاء هزینه‌های حمل‌ونقل مثل: مصرف سوخت، استهلاک خودروها و کرایه‌ی حمل‌ونقل همگانی نیز در نظر گرفته‌شده است. همچنین، برای انعکاس جزئیات سفر با حمل‌ونقل همگانی و مقایسه‌ی دسترسی حمل‌ونقل همگانی با خودروی شخصی، دیگر اجزاء زمان سفر از جمله: زمان پیاده‌روی، زمان انتظار در ایستگاه، زمان انتقال بین خطوط و زمان حرکت با اتوبوس نیز در محاسبه دسترسی لحاظ شده است که در قسمت روش پژوهش به تفصیل توضیح داده‌شده می‌شود.

## ٤. روش انجام پژوهش

در مدل‌های پتانسیل دسترسی (جاذبه مبنا) جنبه‌های حمل‌ونقل از طریق تابع مقاومت منعکس می‌شوند. درواقع، در اثر افزایش عدم مطلوبیت‌هایی چون فاصله، زمان و هزینه‌های مختلف، جریان بین دونقطه کاهش می‌یابد و دسترسی افراد به مقصد سفر کم می‌شود. توابع مقاومت مختلفی چون توان منفی، نمایی منفی، گاوسی اصلاح‌شده، لجستیک، لوگ نرمال، جاذبه‌ای، پتانسیلی و خطی برای بازتاب هزینه‌های حمل‌ونقل در مدل‌های دسترسی جاذبه‌ای وجود دارد [Levinson and Wu 2020]. در میان توابع هزینه‌ی مختلف، تابع هزینه‌ی نمایی منفی ازجمله پرکاربردترین توابع در مطالعات مختلف هستند [Handy et al 2002; Cervero1999; Bocarejo and Oviedo 2019 ;Guzman and Oviedo 2018; Hamidi ,Camporeale and Caggiani 2019; Tahmasbi .[and Haghshenas 2019; Tahmasbi et al 2019
گونه‌های مختلف حمل‌ونقل توابع هزینه‌ی متفاوتی دارند. بدین‌جهت، با توجه به رفتار سفر شهروندان به هزینه‌های مختلف توابع هزینه‌ی متناسب با گونه سفر در نظر گرفته می‌شود. در این پژوهش، دسترسی با استفاده از رابطه‌ی زیر برای گونه اتوبوس و خودرو محاسبه‌شده است.

$$A_i^m = \sum D_j F^m(C_{ij}^m) \quad (۱)$$

در رابطه‌ی فوق متغیرهای $A_i^m$ و $F^m(C_{ij}^m)$ به ترتیب بیانگر دسترسی نقطه $i$ و تابع مقاومت از هزینه‌های مختلف حمل‌ونقل بین $i$ و $j$ است. $D_j$ بیانگر جذابیت مقاصد سفر است که در این پژوهش با توجه به داده‌های موجود، از عامل مساحت استفاده‌شده است. درواقع، هرچه مقدار مساحت کاربری درمانی بزرگ‌تر شود سطح خدمات درمانی و بهداشتی که ارائه می‌شود افزایش می‌یابد و درنتیجه جذابیت کاربری بیشتر می‌شود. مطابق با رابطه‌ی (۲) از تابع هزینه‌ی نمایی منفی برای محاسبه‌ی دسترسی استفاده‌شده که در آن عامل $\beta$ بیانگر حساسیت شهروندان به هزینه‌های مختلف حمل‌ونقل در مدل دسترسی و $C_{ij}^m$ بیان‌گر هزینه‌های حمل‌ونقل بین مبادی و مقاصد برای گونه حمل‌ونقل $m$ ست.

$$F^m(C_{ij}^m) = \exp(-\beta\, C_{ij}^m) \quad (۲)$$

برای تخمین پارامتر $\beta$ هزینه‌های مختلف حمل‌ونقل مانند: ارزش زمان سفر، مصرف سوخت، استهلاک خودرو و کرایه که به صورت مستقیم به استفاده کنندگان وارد می شود، استفاده شده است. پس از محاسبه‌ی هزینه‌ها با استفاده از اطلاعات سفر شهروندان که از آمار برداری مطالعات جامع حمل‌ونقل اصفهان بدست آمده، تعداد سفرها به ازای هزینه‌های حمل‌ونقل محاسبه شده است. در ادامه، با استفاده از نرم‌افزار SPSS، رگرسیون نمایی بین تعداد سفر (متغیر مستقل) و هزینه‌های سفر (متغیر وابسته) گرفته شده و عامل $\beta$ به دست آمده است. در ادامه، نحوه‌ی محاسبه‌ی هزینه‌های حمل‌ونقل بیان شده و مقادیر مربوط به $\beta$ و نمودارهای مربوط به رگرسیون‌های نمایی برای خودرو و اتوبوس نمایش داده شده است.

- **هزینه‌ی استهلاک خودروها**

برای محاسبه‌ی هزینه‌های عملیاتی خودروی شخصی از پژوهش صالحی و حق‌شناس [Salehi and Haghshenas 2018] استفاده شده است. آن‌ها با مصاحبه از بازار، هزینه‌های عملیاتی خودروی شخصی را به ازای ریال بر خودرو بر کیلومتر محاسبه کرده‌اند. ازاین‌رو، با توجه به تورم سال ۱۳۹۷ تا سال ۱۴۰۰ میزان مجموع هزینه‌های عملیاتی خودرو که شامل: اقلام مصرفی (لنت ترمز، صافی روغن و بنزین، و فیلتر هوا)، تعمیر و نگهداری، بیمه و عوارض شهرداری، افت سرمایه و باطری می‌شود، برابر با ٤١٧٦/٧٠ به ازای هر نفر در نظر گرفته‌شده است و مطابق با رابطه‌ی (۳) هزینه‌ی عملیاتی خودرو محاسبه می‌شود:

(۳) هزینه استهلاک =٤١٧٦,٧٠ × طول سفر(متر) × $۱۰^{-۳}$

- **هزینه‌ی مصرف سوخت خودروی شخصی**

برای محاسبه‌ی میزان مصرف سوخت خودروی شخصی در هر کیلومتر، از مطالعه‌ی هسته‌ی پژوهشی سوخت، احتراق و آلایندگی دانشگاه شریف استفاده‌شده است. در این پژوهش، مصرف سوخت بیش از ۳۰ نمونه خودرو مورد ارزیابی قرارگرفته و بر اساس نتایج پژوهش، مصرف سوخت خودروی شخصی ۱۳/۳۳۳ لیتر در هر ۱۰۰ کیلومتر مشخص‌شده است.

با توجه به قیمت ۱۵۰۰۰ ریالی بنزین به‌صورت سهمیه‌ای و قیمت ۳۰۰۰۰ ریالی به‌صورت آزاد و همچنین متوسط مصرف سوخت ١٥٤ لیتر (٦٠ لیتر سهمیه‌ای و ٩٤ لیتر آزاد) در هرماه برای خودروها، می‌توان نتیجه گرفت ۳۹ درصد قیمت بنزین برای هر فرد با قیمت سهمیه‌ای بوده و ٦٩ درصد با قیمت آزاد بوده است [Mokoe et al 2022]. ازاین‌رو قیمت بنزین به ازای هر لیتر ٢٤١٥٠ ریال در نظر گرفته‌شده که نحوه محاسبه آن به ازای هر متر در رابطه (٤) بیان‌شده است:

(٤) هزینه مصرف سوخت =۰/۱۳۳۳۳ × طول سفر × ۲٤۱٥۰ × $۱۰^{-۳}$

- **هزینه‌ی کرایه اتوبوس**

کرایه ازجمله هزینه‌های مهم استفاده کننده از سیستم حمل‌ونقل همگانی است. رئیسی [Reisi, et al. 2016] برای محاسبه‌ی شاخص هزینه‌های حمل‌ونقل همگانی، متوسط هزینه‌ی کرایه‌های پرداخت‌شده از سمت مردم را لحاظ کرده است. همچنین، صالحی و حق‌شناس [salehi and Haghshenas 2018] برای محاسبه‌ی هزینه‌های اتوبوس‌رانی

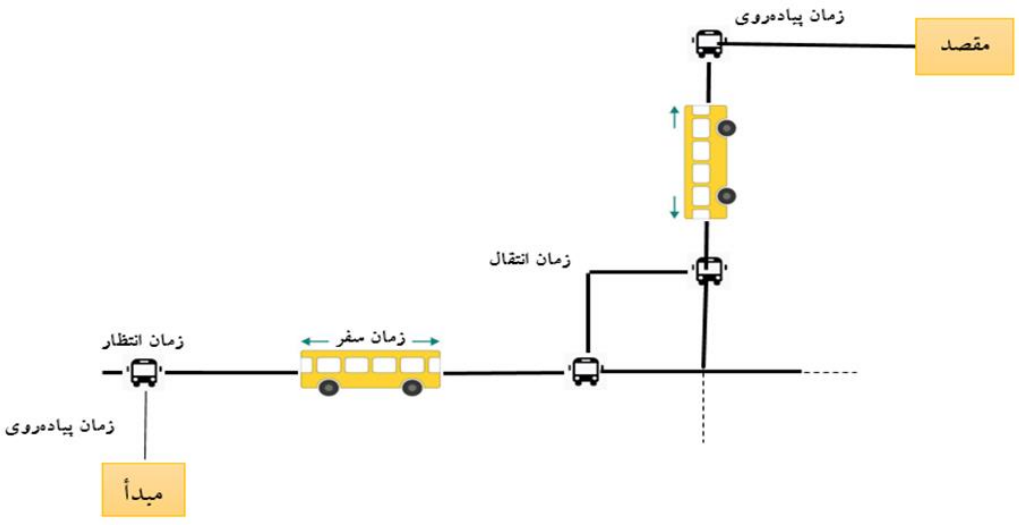
از شاخص هزینه‌ی استفاده‌کننده بر کیلومتر استفاده کرده‌اند. به این ترتیب، بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده از معاونت حمل‌ونقل شهرداری اصفهان، هزینه‌ی کرایه‌ی اتوبوس برای شهروندان اصفهان برابر با ۱۹۰۰ ریال بر کیلومتر در سال ۱۳۹۹ است. همچنین با توجه به افزایش ۳۰ درصدی کرایه‌ها، میزان هزینه‌های اتوبوس‌رانی برای شهروندان در سال ۱۴۰۰ برابر با ۲۴۷۰ریال بر کیلومتر در نظر گرفته‌شده است. بدین‌جهت، شاخص محاسبه‌ی هزینه‌های استفاده از اتوبوس (کرایه) مطابق با رابطه‌ی (۵) است.

$$\text{کرایه اتوبوس (ریال)} = ۲۴۷۰ \times \text{طول سفر(متر)} \times 10^{-3} \quad (۵)$$

- **ارزش زمان سفر**

نحوه‌ی محاسبه‌ی زمان سفر و ارزش زمان سفر در اتوبوس متفاوت از خودرو است. به‌طوری‌که برای خودروی شخصی زمان رانندگی بین یک جفت مبدأ و مقصد به‌عنوان زمان سفر در نظر گرفته می‌شود. اما زمان سفر با اتوبوس دارای جزئیات مختلفی چون: زمان پیاده‌روی از مبدأ تا ایستگاه، زمان انتظار در ایستگاه، زمان حرکت با اتوبوس، زمان انتقال بین ایستگاه‌ها و زمان پیاده‌روی از ایستگاه تا مقصد است که در این پژوهش مطابق با شکل (۱) زمان سفر با اتوبوس مدل‌سازی و محاسبه‌شده است. برای به دست آوردن زمان حرکت داخل وسیله نقلیه و زمان انتظار در ایستگاه‌ها از اطلاعات به‌دست‌آمده از معاونت حمل‌ونقل شهرداری اصفهان استفاده‌شده است. برای محاسبه زمان پیاده‌روی، سرعت حرکت متوسط عابر پیاده مطابق با دستورالعمل محاسبه ظرفیت بزرگ‌راه‌ها [Manual 2010] برابر با ٤٦٦٠ متر بر ساعت در نظر گرفته‌شده است.

ارزش زمان سفر در اتوبوس متفاوت از خودرو است، به‌طوری که در اتوبوس‌ها دودسته (فاز) ارزش زمان سفر داخل وسیله نقلیه (IVTI[۷]) و ارزش زمان سفر خارج از وسیله نقلیه (OVTT[۸]) وجود دارد، اما در خودروی شخصی تنها ارزش زمان سفر داخل وسیله نقلیه محاسبه می‌شود. زمان سفر داخل وسیله‌ی نقلیه، زمان سفری که یک مسافر برای حرکت از یک نقطه به نقطه دیگر در داخل وسیله نقلیه متحمل می‌شود. زمان سفر خارج از وسیله‌ی نقلیه مطابق با شکل (۱) شامل زمان پیاده‌روی، زمان انتظار و زمان انتقال بین گونه‌های مختلف سفر است. سینها و لابی [Sinha and Labi 2011] اشاره دارند که ارزش زمان سفر افراد بر اساس درصد دستمزد و یا درآمد افراد قابل‌محاسبه است. آن‌ها جزئیات محاسبه ارزش زمان سفر را در قالب جدول (۲) بیان کرده‌اند. بر اساس چکیده‌ی نتایج طرح آمارگیری هزینه و درآمد خانوار شهری و روستایی در سال ۱۳۹۹، متوسط درآمد یک خانوار در شهر اصفهان برابر با ۱۵۸۰۳٤،٤۰ ریال بر ساعت است. ازاین‌رو، ارزش زمان سفر شهروندان در داخل و خارج وسیله نقلیه مطابق با جدول (۳) محاسبه می‌شود.



**شکل ۱. اجزای زمان سفر با اتوبوس بین یک مبدأ و مقصد (مأخذ: [Tahmasbi and Haghshenas2019])**

**جدول ۲. درصد ارزش زمان سفر داخل و خارج و اهداف سفر**

| ارزش زمان سفر | موقعیت سفر | دسته زمان سفر | اهداف سفر |
|---|---|---|---|
| ۵۰ درصد درآمد افراد | سفرهای شهری | داخل وسیله‌ی نقلیه | سفرهای شخصی |
| ۷۰ درصد درآمد افراد | سفرهای بین‌شهری | داخل وسیله‌ی نقلیه | سفرهای شخصی |
| ۱۰۰ درصد درآمد افراد | برای همه‌ی موقعیت‌ها | خارج از وسیله‌ی نقلیه | سفرهای شخصی |
| ۱۰۰ درصد درآمد افراد | برای همه‌ی موقعیت‌ها | داخل وسیله‌ی نقلیه | سفرهای کاری |
| ۱۰۰ درصد درآمد افراد | برای همه‌ی موقعیت‌ها | خارج از وسیله‌ی نقلیه | سفرهای کاری |

**جدول ۳. ارزش زمان سفر برای حالات و اهداف مختلف سفر**

| | درآمد | ارزش زمان سفر داخل وسیله نقلیه برای اهداف شخصی (۵۰ درصد) | ارزش زمان سفر داخل وسیله نقلیه برای اهداف کاری (۱۰۰ درصد) | ارزش زمان سفر خارج از وسیله نقلیه برای اهداف کاری و غیر کاری (۱۰۰ درصد) |
|---|---|---|---|---|
| **ریال بر ساعت** | ۱۵۸۰۳٤/٤۰ | ۷۹۰۱۷/۲ | ۱۵۸۰۳٤/٤۰ | ۱۵۸۰۳٤/٤۰ |
| **ریال بر دقیقه** | ۲٦۳۳/۹ | ۱۳۱٦/۹۵ | ۲٦۳۳/۹ | ۲٦۳۳/۹ |

### ٤-۱ شاخص نابرابری (ضریب جینی)

به‌منظور سنجش میزان نابرابری در توزیع دسترسی به کاربری درمانی از طریق اتوبوس و خودرو، از ضریب جینی و منحنی لورنز استفاده‌شده است. ضریب جینی یکی از شاخص‌هایی است که میزان نابرابری در دسترسی به منابع و امکانات را در بین افراد جامعه اندازه‌گیری می‌کند. مقدار این شاخص همواره مقداری بین ۰ و ۱ را اتخاذ می‌کند و هرچه این مقدار به صفر نزدیک‌تر باشد، به معنی توزیع عادلانه‌تر منابع و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد، به مفهوم افزایش نابرابری است [Gallo 2020]. پایه‌ی ریاضی ضریب جینی بر مبنای ساختار منحنی لورنز است. درواقع، ضریب جینی نسبت مساحت شکاف بین منحنی لورنز و خط برابری کامل (یک خط ٤۵ درجه در همان فضا) به کل مساحت زیر خط برابری کامل را نشان می‌دهد [Song 2018] . در این پژوهش، برای محاسبه ضریب جینی طبق رابطه‌ی (٦) عمل می‌شود که در آن $G^m$ بیانگر ضریب جینی برای گونه حمل‌ونقل $m$ است. $i$ شمارنده گروه‌ها که در این پژوهش بلوک‌های آماری است که به صورت صعودی بر حسب بهره‌مندی از متغیر دسترسی مرتب شده است. $Y_i^m$ نسبت تجمعی دسترسی گونه‌ی حمل‌ونقل $m$ است و $x_i$ نسبت تجمعی جمعیت خانوارهای ساکن در هر بلوک آماری است که دسترسی برای آن محاسبه شده است.

$$G^m = 1 - \sum (y_{i+1}^m + y_i^m)(x_i - x_i) \qquad (٦)$$

## ۵. مطالعه‌ی موردی و داده‌ها

برای تحلیل، ارزیابی و مقایسه‌ی دسترسی اتوبوس و خودرو، شهر اصفهان به‌عنوان مورد مطالعاتی انتخاب شده است. شهر اصفهان به‌عنوان سومین شهر پرجمعیت ایران دارای ۲ میلیون نفر جمعیت و ۵۵۱ کیلومترمربع مساحت است. با توجه به رشد جمعیت و همچنین ورود مهاجران به این شهر، نیاز روزمره به امکانات شهری ازجمله حمل‌ونقل و کاربری‌زمین به‌ویژه کاربری‌های درمانی رو به افزایش است. از طرف دیگر،امروزه در شهر اصفهان به دلیل استفاده‌ی بیش از حد از خودروی شخصی مشکلات مختلفی مانند آلودگی‌های محیط‌زیستی، ترافیک سنگین، مصرف بیش از حد سوخت و غیره به وجود آمده است. به همین دلیل، توسعه‌ی حمل‌ونقل پایدار از طریق افزایش

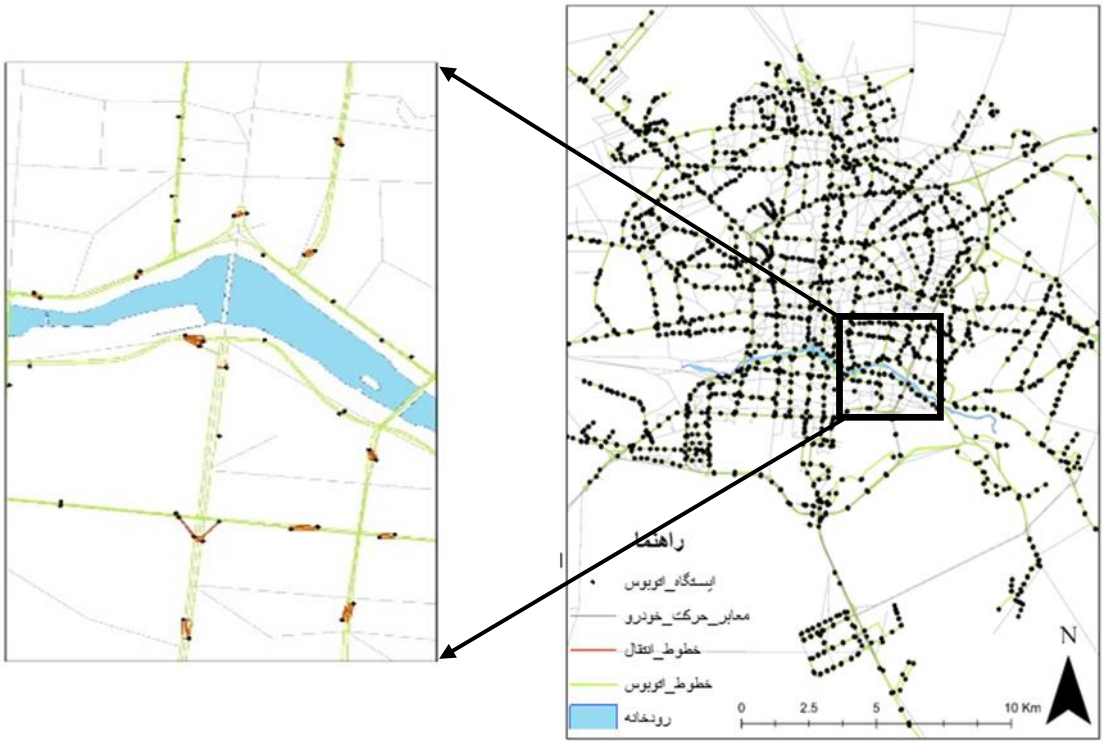
دسترسی به امکانات حمل‌ونقل همگانی (به‌ویژه اتوبوس‌ها) در شهر اصفهان به شکل روزافزون مورد نیاز است.

در این پژوهش، به‌منظور محاسبه دسترسی داده‌های مختلفی از شبکه حمل‌ونقل (همگانی و شخصی)، کاربری‌های درمانی و بلوک‌های آماری مسکونی اصفهان جمع‌آوری‌شده که جزئیات مربوط به هر یک در قسمت زیر و در شکل‌های ۲ و ۳ به‌تفصیل بیان‌شده است.

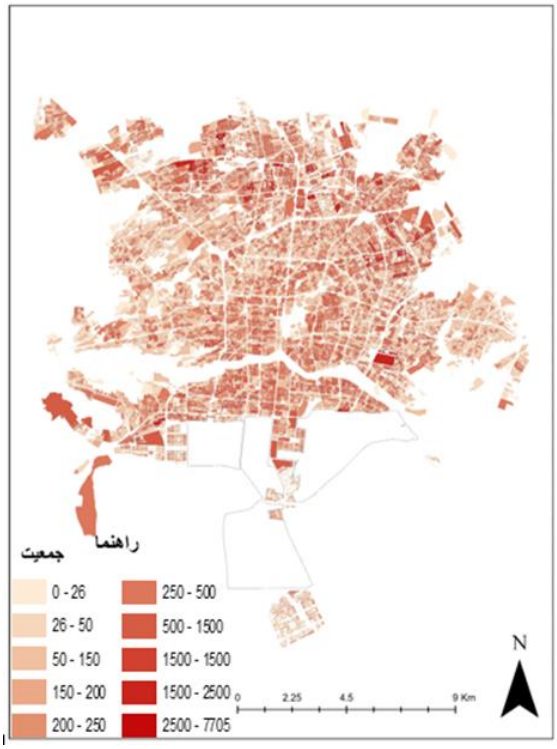
- داده‌های مربوط به شبکه اتوبوس اصفهان شامل ۱۰۰ خط و ۲٦۸۸ ایستگاه است که زمان سفر و انتظار در ایستگاه‌ها، از داده‌های معاونت حمل‌ونقل شهرداری اصفهان که در سال ۱۳۹۹ آماربرداری شده، به‌دست‌آمده است. همچنین جزئیات مربوط به شبکه‌ی حمل‌ونقل همگانی (اتوبوس) اصفهان در قالب شکل (۲) نمایش داده‌شده است.
- داده‌ی مربوط به شبکه‌ی خودروی اصفهان زمان سفر به‌دست‌آمده از نتایج تخصیص مطالعات جامع اصفهان است.
- داده‌های مربوط به ۱۵۵۳۲ بلوک آماری جمعیتی اصفهان که در شکل (۳-الف) نمایش داده‌شده و شامل اطلاعات مختلفی ازجمله جمعیت، نرخ بی‌کاری، اطلاعات دموگرافی و اجتماعی و غیره است.
- اطلاعات کاربری درمانی (بیمارستان‌ها، پایگاه‌های اورژانس، کلینیک‌ها و خانه‌های بهداشت) موجود در اصفهان که در مقیاس قطعات شهری (پارسل) است و در شکل (۳-ب) نمایش داده‌شده است.

برای انعکاس حساسیت شهروندان به هزینه‌های حمل‌ونقل در مدل‌های دسترسی جاذبه‌ای از عامل $\beta$ استفاده شده است. در پژوهش حاضر برای محاسبه‌ی مقدار $\beta$ از داده‌های مطالعات جامع حمل‌ونقل اصفهان استفاده‌شده است.

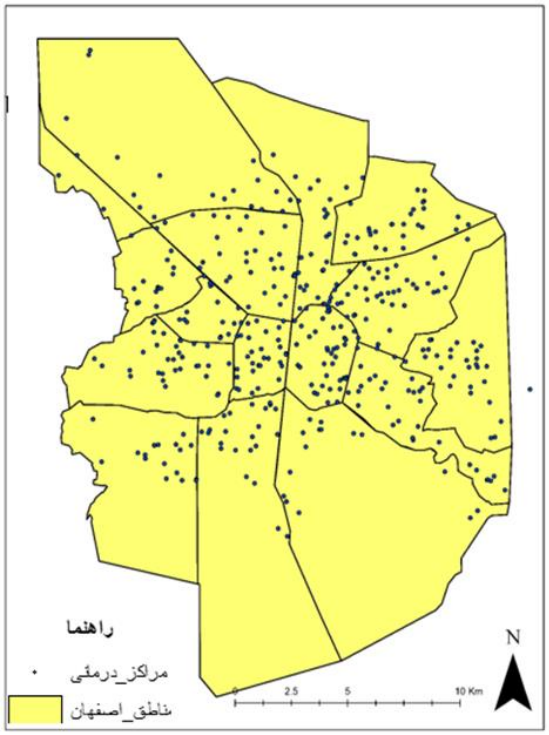
پس از محاسبه‌ی هزینه‌های سفر که در قسمت پیشین نحوه‌ی محاسبه‌ی آن‌ها توضیح داده شد، ارتباط بین هزینه‌های سفر و تعداد سفرها با رگرسیون نمایی در قالب شکل (٤) مشخص‌شده است.



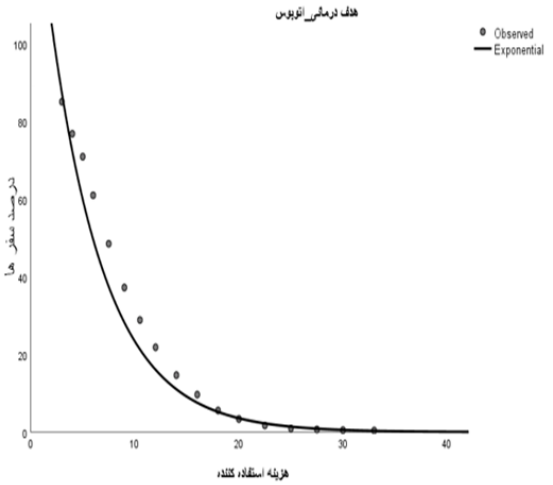

**شکل ۲. شبکه حمل‌ونقل شخصی و همگانی به همراه اجزای شبکه‌ی حمل‌ونقل همگانی (خطوط اتوبوس، ایستگاه‌ها، محل جابه‌جایی)**

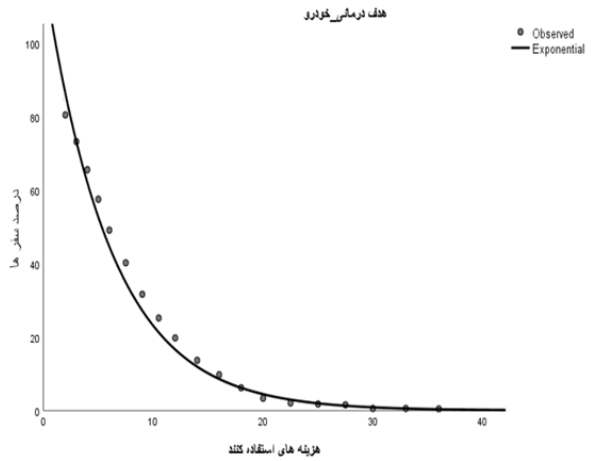



**شکل ۳. (الف) نمایی از بلوک‌های شهر اصفهان و توزیع جمعیت**




**شکل ۳. (ب) موقعیت قرارگیری مراکز درمانی در مناطق مختلف شهر اصفهان**




**شکل ٤. درصد سفرها بر اساس هزینه‌های استفاده‌کننده (خودرو و اتوبوس)**

نمودارهای شکل (٤) ارتباط بین تمایل به انجام سفر و هزینه‌ی استفاده‌کننده و حساسیت سفر شهروندان به هزینه‌ها را نمایش می‌دهد. با برازش این منحنی بر روی داده‌های موجود، می‌توان بین تعداد سفر انجام‌شده و هزینه‌ی سفر ارتباط معناداری به دست آورد که بیانگر رفتار واقعی سفر شهروندان اصفهان به هزینه‌ها در مدل دسترسی است. بعد از برازش منحنی‌های نمایی، مقادیر ضرایب تابع مقاومت $\beta$ برای گونه‌ی اتوبوس و خودرو محاسبه و در قالب جدول (٤) نمایش داده‌شده است.

**جدول ۲. مقادیر بتا برای اتوبوس و خودرو**

| گونه‌ی سفر | $\beta$ |
|---|---|
| خودرو | -.165 |

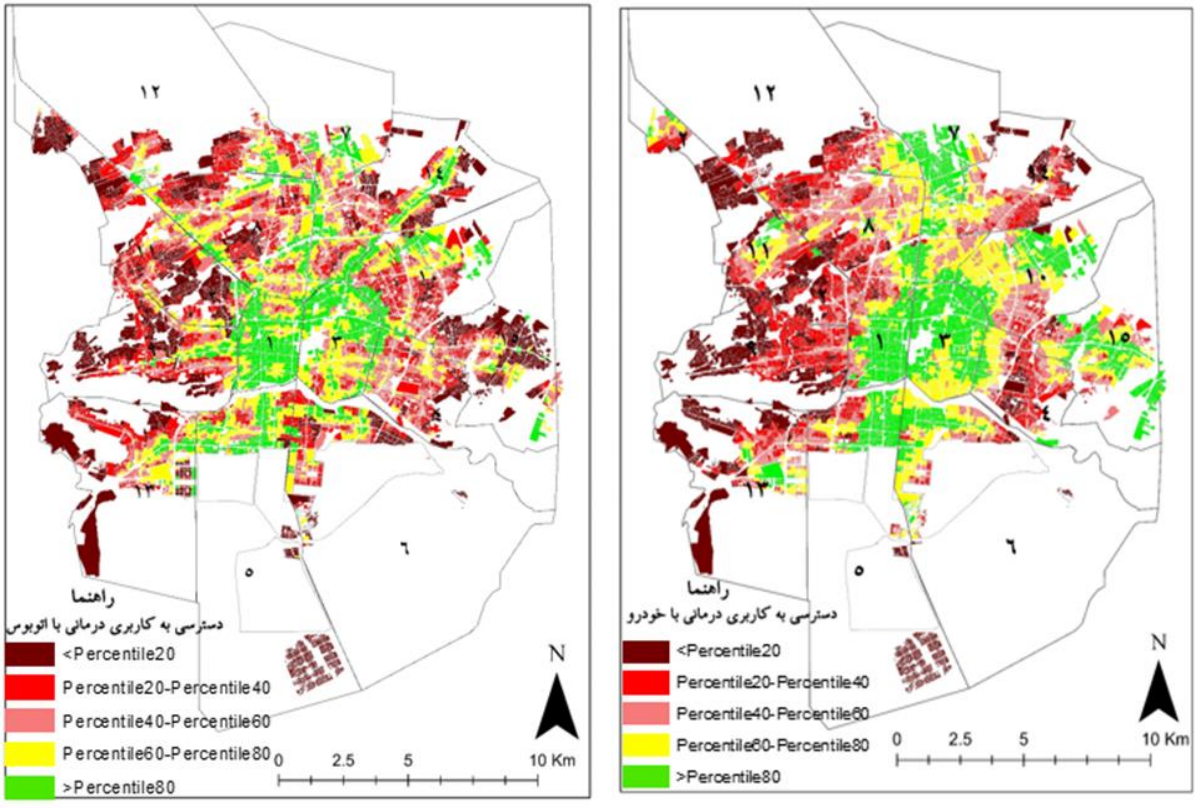
| | |
|---|---|
| اتوبوس | -.188 |

بعد از محاسبه‌ی مقدار β، از نرم‌افزار ArcGIS برای مدل‌سازی شبکه‌ی (اتوبوس و خودرو) استفاده‌شده و در این مدل‌سازی اجزای مختلف زمان سفر لحاظ شده است. همچنین، با استفاده از ابزار OD_Cost_Matrix موجود در GIS مسیری که کمترین هزینه بین هر جفت مبدأ و مقصد را دارد انتخاب‌شده و مقدار دسترسی مطابق با رابطه‌ی (۱) برای هر بلوک آماری محاسبه‌شده است. در ادامه، خروجی حاصل از محاسبات برای اتوبوس و خودرو و تحلیل‌های مربوط به آن به توضیح داده‌شده است.

## ٦. نتایج محاسبات دسترسی و نابرابری

### ٦-١ محاسبات دسترسی به تفکیک خودروی شخصی و اتوبوس

شکل ۵ (الف و ب) توزیع مقادیر دسترسی برای هر بلوک آماری به کاربری درمانی با گونه‌ی خودرو و اتوبوس را نشان می‌دهد. مقادیر دسترسی بعد از نرمال‌سازی به روش بیشینه و کمینه[9] به پنج بخش اصلی دسته‌بندی شده است. بلوک‌هایی که مقدار دسترسی آنها کمتر از صدک ۲۵ است، کمترین مقدار دسترسی را دارند و با رنگ قهوه‌ای نمایش داده می‌شوند. بلوک‌هایی که مقدار دسترسی آنها از صدک ۸۰ بزرگ‌تر است، بیشترین مقدار دسترسی را دارند و با رنگ سبز نمایش داده می‌شوند. همان‌طور که در شکل ۵ (الف) قابل‌مشاهده است، بلوک‌های آماری واقع در مناطق مرکزی اصفهان ازجمله مناطق ۱ و ۳ و همچنین قسمت‌هایی از مناطق ۱۵ و ۱۰ و بخش‌های شمالی مناطق ۵، ٦ و ۷ به دلیل تعدد زیاد کاربری درمانی و همچنین بیمارستان‌های اصلی شهر، دسترسی مناسبی با گونه‌ی خودرو نسبت به سایر بلوک‌های آماری مسکونی دارند و رنگ سبز تا زرد نشان‌دهنده‌ی دسترسی مناسب تا متوسط و بیشتر در این مناطق است.




الف ب

**شکل ۵. توزیع دسترسی به هدف درمانی با گونه اتوبوس و خودرو**

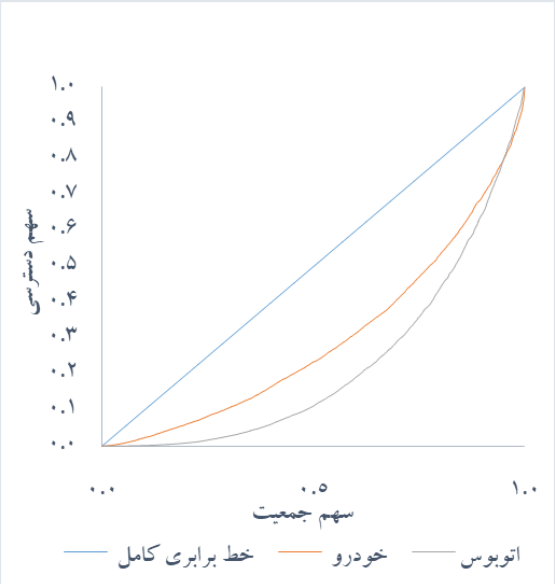
در شکل ۵ (ب) توزیع دسترسی با گونه‌ی اتوبوس به کاربری درمانی نمایش داده‌شده است. همان‌طور که این شکل نشان می‌دهد، توزیع دسترسی اتوبوس به دلیل نوع شبکه، رفتار سفر شهروندان به هزینه‌ها ازجمله ارزش زمان سفر داخل و خارج از وسیله، متفاوت از خودرو است. مطابق با شکل۵ (ب) مناطق مرکزی اصفهان (منطقه ۱و ۳) به دلیل وجود ایستگاه‌ها و خطوط زیاد و همچنین شدت تراکم بالای کاربری، دسترسی بیشتری نسبت به سایر مناطق دارند و رنگ سبز، بیشتر در این مناطق مشاهده می‌شود. دسترسی به کاربری‌ها با حمل‌ونقل همگانی، بستگی زیادی به موقعیت ایستگاه‌ها و خطوط دارد. همان‌طور که در قسمت پیشین بیان شد، ارزش زمان سفر با اتوبوس به دو صورت زمان سفر داخل و خارج وسیله نقلیه محاسبه می‌شود. ازاین‌رو، مطابق با شکل (۵–ب) بلوک‌های آماری که در نزدیکی ایستگاه‌ها و خطوط همگانی قرار دارند، مسافت و زمان پیاده‌روی کمتری را نسبت به سایر بلوک‌های آماری لازم داشته و در نتیجه، دسترسی بیشتری نسبت به سایر بلوک‌ها دارند. به‌طوری‌که بلوک‌های آماری که نزدیک به مرکز شهر نیستند اما نزدیک به ایستگاه‌ها و خطوط همگانی هستند دسترسی بالایی نسبت به سایر بلوک‌ها دارند و این امر در نقشه‌های دسترسی مشهود است.

مطابق با شکل (۵)، دسترسی شهروندان ساکن در غرب اصفهان به کاربری‌های درمانی با اتوبوس و خودرو نسبت به سایر مناطق اصفهان پایین‌تر است.. بدین‌جهت لازم است این مناطق در اولویت توسعه‌ی زیرساخت‌های حمل‌ونقل مانند: خطوط اصلی حمل‌ونقل همگانی از جمله توسعه‌ی BRT قرار بگیرند. لازم به ذکر است که بیشتر کاربری‌های درمانی شهر اصفهان در مناطق مرکزی (مناطق ۱ و ۳) و شمال اصفهان (منطقه‌ی ۷) واقع شده‌اند. مناسب است علاوه بر توسعه‌ی زیرساخت‌های حمل‌ونقل همگانی، کاربری‌های درمانی در مناطقی که دسترسی کمی دارند از جمله غرب اصفهان توسعه پیدا کنند.

## ۶–۲ تحلیل نابرابری در دسترسی

برای درک میزان نابرابری در توزیع دسترسی به کاربری درمانی با دو گونه‌ی قید شده، از ضریب جینی و منحنی لورنز استفاده‌شده است. شکل (۶) منحنی لورنز برای گونه‌ی اتوبوس و خودرو را نشان می‌دهد که محور عمودی آن درصد دسترسی محاسبه‌شده برای خانوارها و محور افقی آن درصد خانوارها است.

مطابق با نتایج ضریب جینی و منحی لورنز، به نظر می‌رسد توزیع دسترسی برای گونه‌ی خودرو عادلانه تر از اتوبوس است، به‌طوری‌که ضریب جینی برای خودرو ۰/۴۰ و اتوبوس ۰/۵۵ است. به عبارت دیگر، ۶۰ درصد از خانوارهای ساکن در بلوک‌های آماری به بیش از ۳۱ درصد از فرصت‌های درمانی از طریق خودرو دسترسی دارند، اما برای اتوبوس ۶۰ درصد از خانوارها تنها به ۱۹ درصد از فرصت‌های درمانی دسترسی دارند.




**شکل ۶. منحنی لورنز برای هدف سفر درمانی با گونه‌ی اتوبوس و خودرو**

در مجموع با توجه به نتایج حاصل از توزیع دسترسی خودرو و اتوبوس و همچنین مقادیر ضرایب جینی، نابرابری در دسترسی به کاربری‌های درمانی با اتوبوس بیشتر از خودرو است. ازجمله مهم‌ترین دلایل این امر، کمبود امکانات حمل‌ونقل همگانی (اتوبوس) در نقاط مختلف شهر و تمرکز آن در مرکز شهر است. به‌طوری‌که در اثر کمبود امکانات، تعداد زیادی از شهروندان

فاصله‌ی پیاده‌روی بیشتری را تا ایستگاه‌های اتوبوس نسب به سایرین طی می‌کنند. همچنین، زیرساخت‌های مناسب برای حمل‌ونقل همگانی مانند خطوط BRT و ایستگاه‌های اتوبوس با سرفاصله کم و تواتر مناسب در تمامی پهنه‌ی شهر وجود ندارد. از سوی دیگرُارزش زمان سفر خارج از وسیله‌ی نقلیه (زمان پیاده‌روی و انتظار) دو برابر ارزش زمان سفر در داخل وسیله نقلیه است. درنتیجه، با توجه به عدم توزیع مناسب امکانات حمل‌ونقل همگانی در نقاط مختلف شهر و زیاد بودن زمان‌پیاده‌روی و انتظار در ایستگاه ها، اختلاف شدیدی در مقدار دسترسی بین بلوک‌های نزدیک به امکانات حمل‌ونقل همگانی نسبت سایر بلوک‌ها ایجاد شده است.

## ۷. نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات

ازجمله اهداف مهم توسعه‌ی پایدار، افزایش استفاده از سامانه‌های حمل‌ونقل همگانی است. از طرفی، بهبود دسترسی یکی از پارامترهای مهم افزایش مطلوبیت استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل است. ازجمله سیاست‌های تأثیرگذار برای افزایش استفاده از سیستم حمل‌ونقل همگانی، افزایش دسترسی آن در نقاط مختلف شهر است. دسترسی مناسب شهروندان به حمل‌ونقل همگانی باعث افزایش راحتی و مطلوبیت استفاده از این سامانه‌ها و کاهش استفاده از حمل‌ونقل شخصی می‌شود. افزایش استفاده از حمل‌ونقل همگانی علاوه بر کاهش حجم ترافیک و زمان سفر، باعث کاهش آلودگی هوا، صوت و هزینه‌های فردی و اجتماعی حمل‌ونقل و توسعه‌ی عدالت می‌شود. بدین‌جهت، در این پژوهش برای تحلیل، ارزیابی و مقایسه‌ی دسترسی با استفاده از اتوبوس و خودرو و شناسایی مناطقی که دسترسی مناسبی به امکانات درمانی و حمل‌ونقل (به‌ویژه حمل‌ونقل همگانی) ندارند، ابتدا داده‌های لازم از شبکه‌ی حمل‌ونقل و کاربری زمین جمع‌آوری‌شده است. در ادامه، هزینه‌های مختلف حمل‌ونقل محاسبه‌شده و دسترسی به کاربری‌های درمانی از طریق خودروی شخصی و همگانی محاسبه‌شده است. در انتها، به منظور مقایسه‌ی حمل‌ونقل همگانی و شخصی، نابرابری در دسترسی از ضریب جینی و منحنی لورنز استفاده شده است.

برای محاسبه‌ی دسترسی، به‌عنوان ابزاری که میزان راحتی و سهولت افراد در رسیدن به مقاصد سفر را مورد سنجش قرار می‌دهد، لازم است جنبه‌های مختلف سفر ازجمله زمان سفر و هزینه‌های حمل‌ونقل و همچنین ویژگی‌های مقصد سفر در نظر گرفته شود. همچنین، برای مقایسه‌ی دسترسی بین گونه‌های مختلف سفر لازم است جزئیات سفر مرتبط با گونه‌ی حمل‌ونقل در نظر گرفته شود. به‌عنوان مثال، در پژوهش حاضر، برای محاسبه‌ی دسترسی با حمل‌ونقل همگانی علاوه بر در نظر گرفتن کرایه‌ی سفر، اجزاء زمان سفر مانند زمان پیاده‌روی، انتظار در ایستگاه، انتقال بین ایستگاه‌ها و زمان حرکت با اتوبوس در نظر گرفته‌شده و با توجه به ارزش زمان سفر داخل و خارج از وسیله‌ی نقلیه در مدل دسترسی لحاظ شده است. همچنین، برای محاسبه‌ی دسترسی با حمل‌ونقل شخصی علاوه بر لحاظ زمان سفر، هزینه‌های دیگری مثل مصرف سوخت و استهلاک در نظر گرفته‌شده است. بنابراین برای تحلیل و مقایسه‌یدسترسی سامانه‌های مختلف حمل‌ونقل، جزئیات مختلف سفر که به واقعیت نزدیک هستند در مدل دسترسی در نظر گرفته‌شده است. همان‌طور که بیان شد، هدف این پژوهش محاسبه‌ی دسترسی به اهداف درمانی با در نظر گرفتن هزینه‌های مختلف حمل‌ونقل و تحلیل و ارزیابی آن است. در این پژوهش، برای تحلیل و ارزیابی دسترسی از مقیاس خرد (بلوک‌های آماری مسکونی) استفاده شده، تا بتوان جزئیات بیشتری از دسترسی را در نقشه‌ها مشاهده کرده و تحلیل دقیق‌تری از دسترسی بدست آورد. همان‌طور که در نقشه‌های دسترسی گزارش شد، بلوک‌های آماری واقع در مناطق مرکزی اصفهان به دلیل وجود تراکم کاربری درمانی و همچنین امکانات مختلف حمل‌ونقل مثل تنوع خطوط حمل‌ونقل همگانی، تراکم زیاد ایستگاه‌ها و درمجموع در دسترس بودن امکانات حمل‌ونقل همگانی، پتانسیل دسترسی مناسب‌تری نسب به سایر بلوک‌های آماری موجود در شهر اصفهان دارند.

بلوک‌های آماری که در مناطق مرکزی نیستند اما نزدیک به امکانات حمل‌ونقل همگانی (ایستگاه‌ها و خطوط) هستند دسترسی بیشتری نسبت به سایر بلوک‌ها دارند. درواقع، ازجمله عوامل مهم و تعیین‌کننده‌ی ایجاد تفاوت در دسترسی بین بلوک‌های آماری، فاصله و زمان پیاده‌روی تا خطوط و ایستگاه‌های اتوبوس و همچنین زمان انتظار در ایستگاه‌ها است. علت این امر آن است که زمان پیاده‌روی و انتظار به دلیل سختی و ارزش زمانی تأثیر زیادی بر مقدار دسترسی دارند و مطابق با نقشه‌های ارایه شده، بلوک‌های آماری که نزدیک به زیرساخت‌های اصلی حمل‌ونقل همگانی هستند به دلیل این‌که زمان پیاده‌روی و انتظار کمتری را تحمل می‌کنند، دسترسی بالاتری نسبت به سایر بلوک‌های آماری دارند.

همچنین، با توجه به مقادیر ضریب جینی، کمبود امکانات حمل ونقل همگانی (اتوبوس) و همچنین کم‌توجهی به این گونه باعث افزایش نابرابری در توزیع دسترسی با حمل‌ونقل همگانی نیز شده است. به‌طوری‌که مطابق با نتایج ضریب جینی و منحنی لورنز، ٦٠ درصد از خانوارها تنها به کمتر از ١٩ درصد از فرصت‌های درمانی با گونه‌ی اتوبوس دسترسی دارند، اما برای خودرو ٦٠ درصد از خانوارها به ٣١ درصد از اهداف درمانی دسترسی دارند.

با افزایش دسترسی شهروندان به حمل‌ونقل همگانی، مطلوبیت استفاده از این سیستم افزایش می‌یابد و درنتیجه تمایل شهروندان به استفاده از حمل‌ونقل همگانی افزایش می‌یابد. با توسعه و بهبود زیرساخت‌های حمل‌ونقل همگانی مثل افزایش خطوط اتوبوس ازجمله خطوط BRT، کاهش زمان انتظار و سفر با اتوبوس به‌ویژه در مناطقی که دسترسی پایین‌تری دارند، بهبود کیفیت و راحتی اتوبوس‌ها، استفاده از سیستم‌های ترکیبی اتوبوس و دوچرخه، استفاده از اتوبوس‌های کوچک (به اصلاح میدل باس) برای جابه‌جایی راحت‌تر در مناطق قدیمی و مرکزی شهر و غیره، علاوه بر دستیابی به اهدافی چون کاهش آلودگی‌های هوا و صوت، زمان سفر، حجم ترافیک و هزینه‌های فردی و اجتماعی جامعه، میزان نابرابری در دسترسی به فرصت‌های شهر کاهش یافته و زیرساخت‌ها به شکلی عادلانه‌تر در شهر توسعه پیدا می‌کنند. در کنار بهبود زیرساخت‌های حمل‌ونقل، توسعه‌ی زیرساخت‌های کاربری مثل افزایش ظرفیت و یا احداث بیمارستان‌ها، مراکز اورژانس، کلینیک‌های بهداشتی و غیره در مناطقی که دسترسی کمی دارند، علاوه بر این‌که باعث افزایش دسترسی مناطق کم برخوردار و کاهش نابرابری می‌شود، باعث کاهش بعد سفر افراد به دلیل احداث مراکز جدید درمانی در نزدیکی آن‌ها می‌شود.

با وجود اینکه در این پژوهش از شاخص‌های مختلفی برای بازتاب ویژگی‌های حمل‌ونقل در دسترسی استفاده شده، هنوز شاخص‌های مختلف دیگری وجود دارند که در این پژوهش لحاظ نشده‌اند؛ از جمله آنها می‌توان به شاخص‌هایی چون مالیات‌ها، هزینه‌ی ناشی از پارکینگ‌ها و هزینه‌ی مالکیت خودرو اشاره کرد. همچنین، می‌توان مدلی از دسترسی را توسعه داد که هزینه‌های اجتماعی سیستم حمل‌ونقل مانند هزینه‌های ناشی از آلودگی‌های محیط‌زیست، هزینه‌های گرداننده سیستم‌های حمل‌ونقل (تعمیر، نگهداری و زیرساخت‌ها) را در مدل دسترسی بازتاب دهد.

علاوه بر دسترسی می‌توان از شاخص‌های دیگر مانند میزان راحتی، مطلوبیت، مقرون‌به‌صرفگی و غیره برای سنجش و ارزیابی وضعیت سیستم‌های حمل‌ونقل و مقایسه‌ی آن‌ها با یکدیگر استفاده کرد.

در این پژوهش، به دلیل نبود اطلاعات کافی تلاش شده است از عامل مساحت برای جذابیت مقصد سفر استفاده شود. مناسب است در پژوهش‌های آتی از داده‌های دیگری مانند: تعداد تخت‌های درمانی و تعداد کارکنان برای جذابیت مقصد استفاده شود.

در مطالعه‌ی حاضر، از ضریب جینی برای سنجش نابرابری توزیع دسترسی در میان جمعیت شهر استفاده شده است. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی علاوه بر سنجش نابرابری در بین

افراد، نابرابری در توزیع دسترسی بین گروه‌های درآمدی مختلف نیز سنجیده شود. در واقع، شهر به گروه‌های درآمدی مختلف تقسیم شود و نابرابری بین آنها سنجیده شود.

## ۸. پی‌نوشت‌ها

1. Theil
2. Causal loop
3. Cumulative opportunities
4. Distance-based
5. Utility-based
6. Gravity-based
7. In vehicle travel time
8. Out of vehicle travel time
9. Max and Min

## ۹. مراجع


– آزموده م .حقیقی ف (۲۰۱۷). "ارزیابی کاربری‌های زمین با توجه به دسترسی حمل و نقلی (مطالعه موردی: منطقه ٦ تهران)." فصلنامه علمی و پژوهشی پژوهش و برنامه ریزی شهری, ۸

– شریفزادگان م ح، ممدوحی ا، لاوی م. (۱۳۸۹). نابرابری فضایی در دسترسی به خدمات درمان عمومی برای توسعه سلامت شهری از طریق مدل p-median در شهر اصفهان. فصلنامه رفاه اجتماعی ; ۱۰ (۳۷) :۲۸۵-۲٦۵.

– صباغی‌ابکوه ش. رهنما م. خاکپور ب (۲۰۱۹). "تحلیل قابلیت دسترسی سیستم قطار سبک شهری به خدمات بهداشتی- درمانی بیمارستان ها در کلانشهر مشهد." جغرافیا و توسعه فضای شهری ۵(۲): ۱-۲۱.

– صالحی و، (۱۳۹۷) توسعه شاخص دسترسی، با توجه به مفهوم حمل‌ونقل پایدار(مطالعه موردی: بازارهای کوثر شهر اصفهان). پایان‌نامه ارشد. استاد راهنما : حق‌شناس ح. اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده حمل‌ونقل."

– محمدی ع، هاشمی ر. معصوم آباد پ. محمدپور آ (۱۳۹۸). بررسی و تحلیل سطح دسترسی محلات شهر اردبیل به خدمات شهری (مراکز بهداشتی_ درمانی). کنفرانس ملی بهداشت و محیط زیست.

– مشکینی ا، ابراهیمی م (۱۳۹۷). بررسی وضعیت دسترسی به مراکز خدمات رسانی درمانی با رویکرد عدالت فضایی (مطالعه موردی: منطقه ۷ تهران). راهبردهای مدیریت در نظام سلامت ۳ (۱) :۱٦-۵.

– موکویی، خ. (۱٤۰۱) تحلیل و ارزیابی دسترسی به فرصت‌های شهری با رویکرد شهر اسلامی و با تأکید بر اصل عدالت از دیدگاه شهید صدر (مطالعه موردی اصفهان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. اساتید راهنما: حق‌شناس ح، صاحبقرانی ع. اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده حمل‌ونقل.

– نظری س. (۱۳۹٤) ارائه روش طراحی بهینه برای شبکه حمل و نقل زمینی بین شهری با لحاظ نمودن عدالت اجتماعی. پایان‌نامه دکترا. استاد راهنما: بهبهانی ح. تهران: دانشگاه علم و صنعت."

– Adli, S. N., S. Chowdhury and Y. Shiftan (2019). "Justice in public transport systems: A comparative study of Auckland, Brisbane, Perth and Vancouver." Cities 90: 88-99.

– Behbahani, H., S. Nazari, M. J. Kang and T. Litman (2019). "A conceptual framework to formulate transportation network design problem considering social equity criteria." Transportation research part A: policy and practice 125.173.183.

– Bocarejo S, J. P. and D. R. Oviedo H (2012). "Transport accessibility and social inequities: a tool for identification of mobility needs and

– Grengs, J. (2010). "Job accessibility and the modal mismatch in Detroit." Journal of Transport Geography 18(1): 42.54.

– Grengs, J., J. Levine, and Q. Shen, (2013). Evaluating transportation equity: An intermetropolitan comparison of regional accessibility and urban form, United States. Federal Transit Administration. Office of Civil Rights.

– Guzman, L. A., D. Oviedo and C. Rivera (2017). "Assessing equity in transport accessibility to work and study: The Bogotá region." Journal of Transport Geography 58: 236-.264.

– Hamidi, Z., R. Camporeale and L. Caggiani (2019). "Inequalities in access to bike-and-ride opportunities: Findings for the city of Malmö." Transportation Research Part A: Policy and Practice 130: 673.688.

– Handy, S. L., M. G. Boarnet, R. Ewing and R. E. Killingsworth (2002). "How the built environment affects physical activity: views from urban planning." American Journal of Preventive Medicine 23(2): 64-73.

– Handy, S. L. and D. A. Niemeier (1997). "Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives." Environment and planning A 29(7): 1175-1194.

– Hansen, W. (1959). "How accessibility shapes land use Journal of the American Planning Association 25-2."

– Jang, S., Y. An, C. Yi and S. Lee (2017). "Assessing the spatial equity of Seoul's public transportation using the Gini coefficient based on its accessibility." International Journal of Urban Sciences 21(1): 91.107.

evaluation of transport investments." Journal of transport geography 24: 142-. 154.

– Caggiani, L., A. Colovic and M. Ottomanelli (2020). "An equality-based model for bike-sharing stations location in bicycle-public transport multimodal mobility." Transportation Research Part A: Policy and Practice 140: 251. 265.

– Cervero, R., T. Rood and B. Appleyard (1999). "Tracking accessibility: employment and housing opportunities in the San Francisco Bay Area." Environment and Planning A 31(7): 1259.1278.

– El-Geneidy, A. and D. Levinson (2011). "Place rank: valuing spatial interactions." Networks and Spatial Economics 11(4): 643.659.

– Envall, P. (2007). Accessibility Planning: a chimera? , University of Leeds.

– Gallo, M. (2020). "Assessing the equality of external benefits in public transport investments: The impact of urban railways on real estate values." Case Studies on Transport Policy 8(3): 758. 769.

– Geurs, K. T. and J. R. van Eck (2003). "Evaluation of accessibility impacts of land-use scenarios: the implications of job competition, land-use, and infrastructure developments for the Netherlands." Environment and Planning B 30(1): 69.88.

– Geurs, K. T. and B. Van Wee (2004). "Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions." Journal of Transport geography 12(2): -127-140.

– Kelobonye, K., H. Zhou, G. McCarney and J. C. Xia (2020). "Measuring the accessibility and spatial equity of urban services under competition using the cumulative opportunities measure." Journal of Transport Geography 85: .102706.

– Koenig, J.-G. (1980). "Indicators of urban accessibility: theory and application." Transportation 9(2): 145-172.

– Levinson, D. and H. Wu (2020). "Towards a general theory of access." Journal of Transport and Land Use 13(1): 129.158.

– Litman, T.,(2003) Reinventing transportation. Victoria Transportation Policy Institute.

– Litman, T. and D. Burwell.(2006). Issues in sustainable transportation. International Journal of Global Environmental Issues. 6(4): p. 331-347.

– Manual, H. C. (2010). "HCM." Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC 1207.

– Mansourianfar, M.H. and Haghshenas, H. (2018). Micro-scale sustainability assessment of infrastructure projects on urban transportation systems: Case study of Azadi district, Isfahan, Iran. Journal of Cities. 72: p. 149-159.

– Ramjerdi, F. (2006). "Equity measures and their performance in transportation." Transportation Research Record 1983(1): 67.74.

– Sinha, K. C. and Labi, S. (2011). Transportation decision making: Principles of project evaluation and programming, New Jersey, John Wiley & Sons.

– Song, Y. and Kim, H. and Lee, K and Ahn, K. (2018). Subway network expansion and transit equity: A case study of Gwangju metropolitan area, South Korea. Transport Policy,. 72: p. 148-158.

– Sanchez, T.W.,( 1999). The connection between public transit and employment: The cases of Portland and Atlanta. Journal of the American Planning Association,. 65(3): p. 284-296.

– Tahmasbi, B. and H. Haghshenas (2019). "Public transport accessibility measure based on weighted door to door travel time." Computers, Environment and Urban Systems 76: 163. 177.

– Tahmasbi, B., M. H. Mansourianfar, H. Haghshenas and I. Kim (2019). "Multimodal accessibility-based equity assessment of urban public facilities distribution." Sustainable Cities and Society 49: .101633.

– Verma, A., M. Verma, T. Rahul, S. Khurana and A. Rai (2019). "Measuring accessibility of various facilities by walking in world's largest mass religious gathering–Kumbh Mela." Sustainable cities and society 45: 79-86.

– Wang, Y., A. Monzon and F. Di Ciommo (2015). "Assessing the accessibility impact of transport policy by a land-use and transport interaction model–The case of Madrid." Computers, environment and urban systems 49: 126-135.

– Zuo, T., H. Wei, N. Chen and C. Zhang (2020). "First-and-last mile solution via bicycling to improving transit accessibility and advancing transportation equity." Cities 99: 102612.

خشایار موکویی مقطع کارشناسی را در رشته مهندسی عمران در دانشگاه فنی و حرفه‌ای، دانشکده شهید صدوقی یزد گذرانده و در سال ۱۳۹۷ از مقطع کارشناسی از این دانشگاه فراغ التحصیل شده است. ایشان در سال ۱۴۰۱ موفق به کسب درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران گرایش برنامه‌ریزی حمل‌ونقل از دانشگاه صنعتی اصفهان گردید. موضوع پژوهشی پایان‌نامه کارشناسی ارشد ایشان تحلیل و ارزیابی دسترسی به فرصت‌های شهری با رویکرد شهر اسلامی و با تأکید بر اصل عدالت از دیدگاه شهید صدر (مطالعه موردی: شهر اصفهان ) است. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان، عدالت و حمل‌ونقل، حمل‌ونقل پایدار، محیط ساخته شده شهری، تعاملات بین کاربری زمین و حمل‌ونقل، تحلیل دسترسی، حمل‌ونقل همگانی و حمل‌ونقل غیر موتوری است.

حسین حق شناس، در سال ۳۱۱۳ مدرک دکتری در رشته برنامه ریزی حمل و نقل را از دانشگاه صنعتی شریف را کسب نمود. و در حال حاضر عضو هیات علمی دانشکده مهندسی حمل و نقل در دانشگاه صنعتی اصفهان است. زمینه های پژوهشی مورد عالقه ایشان برنامه ریزی حمل ونقل، تقاضا در حمل و نقل و ایمنی است.