

## ارزیابی کمی عدالت در حمل و نقل همگانی چندوسیله‌ای شهری شامل مترو، اتوبوس و BRT (مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران)

### مقاله پژوهشی

حمید زارعی، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، موسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه‌ریزی، تهران، ایران

امیررضا ممدوحی\*، دانشیار، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

\*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: armamdoohi@modares.ac.ir

دریافت: ۱۸/۰۸/۹۹ - پذیرش: ۰۵/۰۲/۱۴۰۰

صفحه ۵۸-۴۵

### چکیده

هدف اصلی پژوهش حاضر، شناسایی شاخص‌های عدالت در حمل و نقل همگانی و ارزیابی کمی آن برای حمل و نقل همگانی شهری در نمونه موردی کلان‌شهر تهران است. در این پژوهش، شاخص‌های میزان اتصال و دسترسی به شبکه حمل و نقل همگانی به عنوان شاخص‌های عرضه؛ شاخص‌های جمعیت، اشتغال، خانوارهای زیر خط فقر و خانوارهای بدون خودرو به عنوان شاخص‌های تقاضا؛ و رویکرد منحنی لورنز و ضریب جینی جهت تحلیل و ارزیابی کمی عدالت است. داده‌های پژوهش از شرکت کنترل ترافیک تهران، معاونت اجتماعی و امور فرهنگی شهرداری تهران، شرکت بهره‌برداری راه آهن شهری تهران و حومه، و سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران جمع‌آوری شده است. نتایج نشان می‌دهد که تعداد زیادی از نواحی شهرداری تهران فاقد دسترسی به شبکه مترو است. شاخص میزان اتصال شبکه شامل سه بخش گره، خط و منطقه‌ای در شبکه اتوبوسرانی از مترو بیشتر است؛ بدلیل کارایی بهتر شبکه اتوبوسرانی نسبت به مترو. ضرایب جینی در بررسی عدالت افقی از عدالت عمودی کمتر بوده و نشان از بی‌عدالتی زیاد در توزیع خدمات حمل و نقل همگانی نسبت به نیازهای افراد و گروه‌های خاص در کلان‌شهر تهران دارد.

واژه‌های کلیدی: حمل و نقل همگانی، دسترسی، عدالت، میزان اتصال شبکه، ضریب جینی

### ۱- مقدمه

امروزه در بعضی از شهرها، سیاست‌های حمل و نقل شهری اثرات گسترده‌ای بر گروه‌های مختلف جامعه گذاشته‌اند و این سیاست‌ها به گونه‌ای اجرا شده‌اند که توزیع نامنظم و ناعادلانه سیستم حمل و نقل همگانی را در پی داشته است (Martiri, 2013). اهمیت عدالت در خدمات حمل و نقل همگانی اولین بار در قانون حقوقی عمران در سال ۱۹۶۴ پدیدار شد. بند ۵ این قانون به این اشاره دارد که نمایندگی‌های پیمانی باید منابع را بصورت عادلانه برای نگهداری کیفیت سرویس‌ها توزیع کنند (Colopy, 1994). عدالت از جمله مسائل اصلی است که همواره ذهن انسان با آن مواجه بوده است. مسأله عدالت دارای ابعاد بسیار مختلفی چون قضا، فلسفه، سیاست، اقتصاد و حمل و نقل است. برای تعریف بهتر عدالت در حیطه مورد نظر، باید شاخص‌ها و ملاک‌های آن حیطه به خوبی شناسایی شود (Rahimi, Rouhi and Kermanshah, 2013). از جمله بحث‌های مهم در بررسی عدالت، فردی یا اجتماعی بودن آن است و نمی‌توان از نتایجی که در بحث عدالت فردی گرفته می‌شود، نتایجی در باب عدالت اجتماعی<sup>۱</sup> گرفت و برعکس (Litman, 2006) (Litman, 2013).

در حیطه حمل و نقل، عدالت در حمل و نقل همگانی از زمان تحریم اتوبوس‌های Montgomery برای آمریکایی‌های آفریقایی تبار ایالات متحده آمریکا در سال‌های ۱۹۵۶-۱۹۵۵ بررسی شده است (Delbosc, Currie, 2011) (Farber, )

است. از طرفی، محرومیت در مناطق شهری اشکال و دلایل مختلفی دارد که حمل و نقل همگانی و سرمایه‌گذاری در آن یکی از راهبردهای مناسب جهت محرومیت‌زدایی است (American Public Transport Association, 2005) (Litman, 1997).

پژوهش حاضر در پی آن است که شاخص‌های برخورداری از حمل و نقل همگانی همچون دسترسی<sup>۲</sup> و میزان اتصال<sup>۳</sup> به شبکه حمل و نقل همگانی را شناسایی نماید؛ از شاخص ضریب جینی<sup>۴</sup> جهت اندازه‌گیری شکاف در توزیع عادلانه خدمات یک منطقه یا ناحیه مورد مطالعه استفاده نماید؛ با اندازه‌گیری این شاخص‌ها به تفکیک مناطق ۲۲ گانه و نواحی ۱۲۳ گانه کلان‌شهر تهران، به کمی‌سازی آن‌ها و ارائه پیشنهادهایی برای سیستم عادلانه حمل و نقل همگانی بپردازد. ساختار مقاله به این ترتیب خواهد بود؛ ابتدا با مروری بر مطالعات پیشین، به تبیین مفهوم عدالت در حمل و نقل همگانی، شاخص‌های مورد بررسی و نتایج پژوهش‌های انجام شده مرتبط می‌پردازد. بخش بعد به روش‌شناسی پژوهش شامل روش ارزیابی شاخص دسترسی به حمل و نقل همگانی و میزان اتصال به شبکه حمل و نقل همگانی، و شناخت محدوده مورد مطالعه اشاره می‌کند. سپس، با تحلیل عرضه و تقاضای حمل و نقل همگانی، نتایج عدالت در دو بخش افقی و عمودی با استفاده از ضریب جینی و منحنی لورنز ارائه شده است. در بخش پایانی نیز پس از بیان نتایج کلی پژوهش، به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها می‌پردازد.

## ۲- پیشینه تحقیق

عدالت، معنا و مفهوم روشنی که مورد قبول همگان باشد، ندارد. مفهوم عدالت در طول تاریخ، دچار تحول چشمگیری بوده است؛ به طوری که جنبه‌های مختلفی از ارزش‌های اجتماعی انسان‌ها را در بر می‌گیرد. عدالت یکی از مفاهیم پایه جامعه انسانی است که از نوع جهان بینی آن جامعه نشأت می‌گیرد. بر اساس مطالعات انجام گرفته در زمینه عدالت، مفهوم عدالت بر دو رویکرد ۱- طبقه‌بندی عدالت بر مبنای مفاهیم سیاسی، فلسفی، حقوقی و اقتصادی و ۲- تاکید بر مفاهیم اقتصادی و نیازهای عمومی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. عدالت افقی و عدالت عمودی از مظاهر رویکرد دوم شمرده می‌شوند (Litman, 2006). مفهوم عدالت در مکاتب فکری به سه دسته اصلی لیبرالیسم، سوسیالیسم و مکتب اسلامی تقسیم

(Bartholomew, Li, Páez, Habib, 2014). سه موضوع مهم ناشی از سیاست‌های گذشته برای ارزیابی مسئله عدالت در حمل و نقل همگانی عبارتند از: ۱- تبعیض در موقعیت مکانی اجرای حمل و نقل همگانی، ۲- اثرات ثانویه مانند کاهش در سهم بازار حمل و نقل به عنوان نتیجه‌ای از ساخت جاده، و ۳- تأثیر تجمعی سیاست‌هایی مانند جابجایی مسکن عمومی به مناطقی با دسترسی کمتر به حمل و نقل همگانی (Mishra, Welch, Jha, 2012). امروزه، قوانین باید به گونه‌ای باشند که سازمان‌های دولتی برای ارائه خدمات، رفتاری منصفانه در مقابل همه گروه‌های جامعه داشته باشند. از طرفی، مشکل عمده‌ی مدیران و سیاست‌گذاران حمل و نقل همگانی، اندازه‌گیری و ارزیابی عدالت در ارائه خدمات است (Litman, 2013).

عدم وجود حمل و نقل همگانی یا پرهزینه بودن آن به معنای جدایی بعد اقتصادی و اجتماعی، در طبقات مختلف مردم است (Bertolaccini, 2013). این مساله مانعی برای افراد فقیر و محروم محسوب می‌شود؛ چرا که طبق مطالعاتی چون رحیمی و همکاران در سال ۱۳۹۲، محلات فقیرنشین اغلب با فقدان وسیله دسترسی به سیستم حمل و نقل همگانی در استطاعت‌شان مواجه هستند (Rahimi, Rouhi and Kermanshah, 2013). همچنین، Welch, Mishra در سال ۲۰۱۳ نشان می‌دهند که دسترسی به شبکه حمل و نقل از ویژگی‌های مکمل دسترسی به سایر خدمات اساسی ارزشمند از قبیل بهداشت و آموزش و همچنین ایجاد اشتغال است. قانون در ایالات متحده، برنامه‌ریزان حمل و نقل را موظف به رعایت عدالت در سرمایه‌گذاری‌ها و اجرای پروژه‌های حمل و نقل کرده است (Bullard, 2003). از این رو، سازمان‌های شهری که جهت توسعه حمل و نقل شهری، زیرساخت‌های حمل و نقل همگانی را در دستور کار قرار می‌دهند، باید تمرکز خود را بر روی پروژه‌هایی در زمینه کاهش بی‌عدالتی و فقر در سطح جوامع شهری قرار دهند. در اهداف توسعه هزاره سازمان ملل، برخورداری از سیستم حمل و نقل همگانی مطلوب به عنوان یکی از معیارهای مهم برای توانمندسازی افراد نیازمند تاکید شده است (Dora, Haines, Balbus, Fletcher, Adair, 2015). همچنین باید به این نکته توجه کرد که حمل و نقل همگانی عامل اساسی برای شکل‌گیری شرایط مناسب زندگی عموم ساکنان شهری به خصوص اقشار کم درآمد و جمعیت ساکن در حومه شهر

را برای این عرضه بدست آوردند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که عرضه حمل‌ونقل برای مردم ملبورن استرالیا به‌گونه‌ای بدست آمده است که ۷۰ درصد از جمعیت تنها ۱۹ درصد از عرضه را سهم می‌برند؛ اگر اشتغال هم در نظر گرفته شود، وضعیت زیاد تغییر نمی‌کند. بطوریکه ۷۰ درصد از مشاغل و جمعیت، ۲۳ درصد از خدمات را سهم می‌برند (Delbosch, Currie, 2011). در سال ۲۰۱۲ با استفاده از رویکرد نظریه گراف، شاخص‌های میزان اتصال حمل‌ونقل همگانی در شبکه‌های حمل‌ونقل چندگانه به چهار بخش اتصال گره، اتصال خط، مرکز انتقال و اتصال ناحیه تعریف و سپس به عنوان چارچوبی برای ارزیابی شبکه حمل‌ونقل همگانی گسترده منطقه Baltimore-Washington بکار برده شده است. معیارهای مطرح شده این پژوهش به عنوان ابزاری برای اندازه‌گیری میزان اتصال حمل‌ونقل همگانی در شبکه حمل‌ونقل چندوسیله‌ای پیشنهاد شده است (Mishra, Welch, Jha, 2012) (Neff, Dickens, 2013). در ادامه، Welch, Mishra در سال ۲۰۱۳ با هدف اندازه‌گیری عدالت بر اساس میزان اتصال حمل‌ونقل همگانی، میزان عدالت در حمل‌ونقل همگانی را در شبکه حمل‌ونقل همگانی چند وسیله‌ای ارزیابی کردند. آن‌ها برای اندازه‌گیری عدالت از رویکرد نظریه گراف برای تمام سطوح پوشش سیستم حمل‌ونقل همگانی با مسیرهای یکپارچه، زمان‌بندی‌ها، الگوهای فعالیت و اقتصادی-اجتماعی، و اطلاعات سرشماری نفوس و مسکن استفاده کرده‌اند. به‌علاوه، شاخص ظرفیت حمل‌ونقل همگانی چند سطحی برای اهداف برنامه‌ریزی و دستیابی به اثرات و کارایی گره (ایستگاه) در انتخاب حمل‌ونقل همگانی را فراهم آورده‌اند. نتایج این پژوهش، وجود پوشش مناسب خدمات حمل‌ونقل همگانی در مکان‌های مختلف را نشان می‌دهد (Welch, Mishra, 2013). اخیراً، مطالعه‌ای با هدف ارزیابی عدالت در توزیع حمل‌ونقل همگانی با استفاده از میزان اتصال حمل‌ونقل همگانی به بررسی عدالت برای سیستم حمل‌ونقل همگانی چند حالتی در منطقه کپنهاگ پرداخته است، که توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی به عدالت مکانی<sup>۷</sup> با اتصال بالای مناطق پر جمعیت، عدالت عمودی با مقایسه میزان اتصال در مناطق با درآمد بالا و پایین، به میزان اتصال مناسب دانش‌آموزان به فرصت‌های آموزشی و شغلی کمک می‌کند (Kaplan, Popoks, Prato, Ceder, 2014). در پژوهشی، شاخص میزان اتصال شبکه

می‌شوند. به عنوان مثال، نگاه لیبرال‌های آزادی‌گرا به این گونه است که ماهیت قواعد عدالت منفی بوده و برای عادلانه بودن کافی است رویه‌های اقتصادی را در بازار آزاد و رقابتی قرار داده و دخالت دولت به حداقل ممکن کاهش داد. از طرفی لیبرال‌های حقوق‌گرا معتقدند که سیاست‌های مشارکتی، باید با هدف ایجاد انگیزه برای حداکثر مشارکت در فعالیت‌های اقتصادی و توانمندسازی با رویکرد کمک به آحاد مردم در کسب درآمد بیشتر انجام شود. یا از دیدگاه اسلام، عدل به معنای مساوات و رعایت حقوق افراد و اعطاء کردن به هر ذی حق است. در سال‌های اخیر، پژوهشگرها و برنامه‌ریزان حمل‌ونقل، در رابطه با عدالت مسائل مختلفی چون حمل‌ونقل پایدار اجتماعی، نقش حمل‌ونقل در محرومیت اجتماعی، کیفیت زندگی، و عدالت اجتماعی در مقیاس‌های محلی و منطقه‌ای را مورد بررسی قرار داده‌اند (Litman, 2013). در سال ۲۰۰۷، مطالعه Sanchez, Brenman, Stolz مفهوم عدالت اجتماعی در حمل‌ونقل را به عنوان توزیع عادلانه پروژه‌های حمل‌ونقلی در تمام سطوح و گروه‌های درآمدی خلاصه کردند. به بیان Golub, Martens در سال ۲۰۱۴، حمل‌ونقل عادلانه اجتماعی زمانی اتفاق می‌افتد که سرمایه‌گذاری‌ها، هزینه‌های داخلی و خارجی، و منافع حمل‌ونقل با احتساب معیارها بین مردم توزیع شوند. Litman با هدف رویکرد جدید عدالت اجتماعی برای حمل‌ونقل پایدار به بررسی اهمیت ترکیب عدالت اجتماعی و عدالت زیست محیطی برای تحلیل سیاست‌ها و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل پرداخت؛ که به عنوان چارچوبی جامع و نظام‌مند برای تحلیل تأثیر عدالت اجتماعی توصیه شده است. به نقل از این پژوهشگر، عدالت اجتماعی اشاره به توزیع عادلانه اثرات (مزایا، معایب و هزینه‌ها) و عدالت منطقه‌ای به زیر مجموعه‌ای از تمرکز عدالت اجتماعی بر تبعیض بی‌قانونی علیه گروه‌های محروم اشاره دارد (Rahimi, Rouhi, and Kermanshah, 2013).

مطالعات در این زمینه، عدالت افقی<sup>۸</sup> (عدالت مکانی یا فردی) را همزمان با عدالت اجتماعی (عدالت عمودی) مورد بررسی قرار داده‌اند. در سال ۲۰۱۱، دلپوسک و کوری با هدف ارزیابی عدالت در حمل‌ونقل همگانی با استفاده از رویکرد منحنی لورنز<sup>۹</sup>، روش جدیدی را برای تخمین عرضه نسبی حمل‌ونقل همگانی مورد نیاز جمعیت ارائه دادند. سپس با استفاده از روش ضرایب جینی، عدالت کلی (اجتماعی و فردی)

اجرای روش‌شناسی طرح مورد استفاده قرار گیرد.

### ۳- روش‌شناسی پژوهش

روش انجام این پژوهش توصیفی، موردی و تحلیلی است. در این بخش به معرفی مدل‌های ریاضی مناسب برای اندازه‌گیری شاخص‌های دسترسی و میزان اتصال شبکه حمل‌ونقل همگانی برای کلان‌شهر تهران پرداخته می‌شود. در ادامه، روش ارزیابی توزیع عادلانه این شاخص‌ها در بین شاخص‌های اقتصادی-اجتماعی با استفاده از رویکرد منحنی لورنز و ضریب جینی ارائه می‌شود. جامعه آماری این پژوهش، مناطق ۲۲ گانه شهرداری تهران می‌باشد. نحوه گردآوری داده‌ها بر اساس روش، اسنادی و کتابخانه‌ای و برگرفته از اطلاعات و آمار شرکت کنترل ترافیک تهران، معاونت اجتماعی و امور فرهنگی شهرداری تهران، شرکت بهره‌برداری راه‌آهن شهری تهران و حومه، و سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران است؛ این اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار SQL SERVER 2014، EXCEL 2013 و STATA 13 بررسی و تحلیل شده است؛ همچنین به منظور ترسیم نقشه‌ها و نمایش سطح‌بندی شاخص‌ها و میزان توزیع آن‌ها از نرم‌افزار ArcGIS 10.3 استفاده شده است. در پژوهش حاضر، از دو شاخص دسترسی و میزان اتصال شبکه حمل‌ونقل همگانی جهت اندازه‌گیری عرضه سیستم حمل‌ونقل همگانی و از شاخص جینی و منحنی لورنز برای میزان توزیع شاخص‌های دسترسی و میزان اتصال در بین شاخص‌های اقتصادی-اجتماعی استفاده شده است. رویکرد منحنی لورنز و ضریب جینی جهت ارزیابی عدالت در حمل‌ونقل همگانی را معرفی شده‌اند؛ به طوری که منحنی لورنز نمایش تصویری از برابری را نمایش و ضریب جینی درجه کلی نابرابری کمی شده را نشان می‌دهد.

### ۳-۱- شاخص دسترسی به حمل‌ونقل همگانی

دسترسی به حمل‌ونقل همگانی با استفاده از سطح سرویس بر مبنای شاخص مسافت پیاده‌روی اندازه‌گیری می‌شود. این سطح سرویس شامل اتوبوس، قطار و تراموا در کل منطقه شهری می‌شود. برای محاسبه شاخص دسترسی به شبکه حمل‌ونقل همگانی از رابطه ۱ استفاده می‌شود:

$$SI_{CCD} = \sum_N \left( \frac{Area_{Bn}}{Area_{CCD}} * SL_{Bn} \right) \quad (1)$$

حمل‌ونقل همگانی گسترده کلانشهر تهران در سه بعد مختلف گر، خط و منطقه‌ای تجزیه و تحلیل شده است؛ تراکم فعالیت افراد یکی از عوامل مهم مورد استفاده در این پژوهش بوده است. نتایج شاخص اتصال گر مناطق مرکزی شهر، اتصال خط مناطق ۱۲ و ۱۶، و اتصال منطقه‌ای مناطق مرکزی شامل خط ۲ و ۵ مترو را هدف قرار داده‌اند ( Mamdoohi, Zarei, 2016). Guzman, Bocarejo در سال ۲۰۱۷، با ارزیابی شاخص‌های دسترسی در سطح منطقه Bogotá (پایتخت کلمبیا)، عدالت در دسترسی به اشتغال و تحصیل در این منطقه، و چگونگی دسترسی گروه‌های مختلف درآمدی را بررسی کرده‌اند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که میزان دسترسی به محل کار برای بیشتر از ۸۰ درصد جمعیت Bogotá ضعیف است؛ به طوری که گروه‌های درآمدی با درآمد بالا حدود ۱۵۰ درصد بیشتر از گروه‌های کم درآمد سفر می‌کنند. بنابراین، اثرات توزیع ساختار اجتماعی-فضایی و اقتصادی منطقه، زیرساخت‌های حمل‌ونقل، سایر خدمات و تاثیر سیاست‌های حمل‌ونقل و کاربری زمین برای گروه‌های مختلف درآمدی متفاوت بوده است. با مرور این مطالعات، در بسیاری از موارد، مرزهای سه سطح عدالت افقی، عمودی با توجه به درآمد‌ها و عمودی با توجه به نیازهای حرکتی به یکدیگر نزدیک بوده و یا با هم تداخلاتی پیدا می‌کنند. با بررسی ادبیات موضوعی، شکاف پژوهشی شناخته شده است؛ عدالت عمودی (عدالت اجتماعی) با توجه به مشخصه‌های اقتصادی-اجتماعی و حمل‌ونقلی گروه‌های محروم جامعه مانند افراد کم‌درآمد، سال‌خورده و فاقد خودروی شخصی و همچنین توجه به مسئله آموزش و اشتغال دانش‌آموزان و دانشجویان هدف قرار داده شده است؛ برای سنجش عدالت افقی (عدالت مکانی)، توزیع شاخص‌های دسترسی و میزان اتصال شبکه حمل‌ونقل همگانی بصورت جداگانه و بدون مقایسه بکار برده شده است؛ طراحی چارچوبی برای شناسایی و ارزیابی عدالت بر اساس هر دو شاخص دسترسی و میزان اتصال شبکه حمل‌ونقل همگانی به عنوان شاخص‌های خدمات (عرضه) حمل‌ونقل همگانی مورد نیاز است. در این مطالعه، عدالت عمودی با توجه به مشخصه‌های اقتصادی-اجتماعی و حمل‌ونقلی گروه‌های محروم جامعه، عدالت افقی در خدمات حمل‌ونقل همگانی شهری برای کل جمعیت، و ارزیابی شاخص‌های عرضه حمل‌ونقل همگانی بررسی شده است. در نهایت، به عنوان روشی توسعه‌یافته برای

### ۳-۲- شاخص میزان اتصال به شبکه حمل و نقل همگانی

میزان اتصال به شبکه حمل و نقل همگانی، سطحی از هماهنگی بین مسیرها، پوشش، زمان بندی، سرعت، زمان فعالیت و ظرفیت حمل و نقل همگانی است که به عنوان عاملی برای ارزیابی کیفیت خدمات برای هر شبکه حمل و نقل همگانی در نظر گرفته شود. این شاخص با استفاده از اطلاعاتی شامل فراوانی سرویس، سرعت، مسافت، ظرفیت و تراکم فعالیت کاربری زمین هر گره در شبکه حمل و نقل همگانی شامل تمام شیوه‌های حمل و نقل همگانی اتوبوس، اتوبوس تندرو، تراموا، مترو و سایر تسهیلات حمل و نقل همگانی محاسبه می‌شود. بر این اساس، قدرت اتصال برای هر خط به دو صورت درون مرزی و برون مرزی تعریف می‌شود (Mishra, Welch, Jha, 2012).

$$P_{l,n}^o = \alpha \left( C_l \times \frac{60}{F_l} \times H_l \right) \times \beta V_l \times \gamma D_{l,n}^o \times \vartheta A_{l,n} \times \phi T_{l,n} \quad (2)$$

$$P_{l,n}^i = \alpha \left( C_l \times \frac{60}{F_l} \times H_l \right) \times \beta V_l \times \gamma D_{l,n}^i \times \vartheta A_{l,n} \times \phi T_{l,n} \quad (3)$$

در رابطه ۲ و ۳،  $P_{l,n}^o$  قدرت اتصال خروجی به ایستگاه  $n$  با خط عبوری  $l$ ،  $P_{l,n}^i$  قدرت اتصال ورودی به ایستگاه  $n$  با خط عبور  $l$ ،  $C_l$  متوسط ظرفیت وسیله در خط  $l$  ام،  $F_l$  فراوانی خط  $l$  ام ( $\frac{60}{F_l}$  فراوانی در هر ساعت)،  $H_l$  ساعات روزانه فعالیت خط  $l$  ام،  $V_l$  سرعت در خط  $l$  ام،  $D_{l,n}^o$  مسافت خط  $l$  ام از گره مبدأ به آن گره،  $D_{l,n}^i$  مسافت خط  $l$  ام از گره به مقصدهای متصل به آن، پارامتر  $\alpha$  ضریبی برای ظرفیت، پارامتر  $\beta$  ضریبی برای سرعت و پارامتر  $\gamma$  ضریبی برای مسافت است. همچنین  $A_{l,n}$  و  $T_{l,n}$  به صورت زیر تعریف می‌شوند:

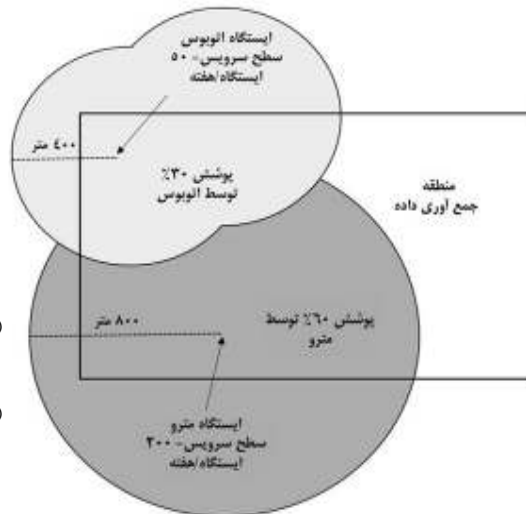
$$A_{l,n} = \frac{H_{l,n}^z + E_{l,n}^z}{\Theta_{l,n}^z} \quad (4)$$

$$T_{l,n} = \frac{\sum P_{l,n}^t}{\Theta_{l,n}^z} \quad (5)$$

که در رابطه ۴ و ۵،  $A_{l,n}$  شاخص تراکم فعالیت،  $H_{l,n}^z$  بعد خانوار در منطقه شامل خط  $l$  و ایستگاه  $n$ ،  $E_{l,n}^z$  نرخ اشتغال در منطقه شامل خط  $l$  و ایستگاه  $n$ ،  $T_{l,n}$  شاخص انتقال گره  $n$  در خط  $l$ ،  $P_{l,n}^t$  کل قدرت اتصال خط  $l$  در گره  $n$  و  $\Theta_{l,n}^z$  تعداد خط‌های  $l$  در گره  $n$  است. بر اساس تعریف‌های مفهومی و عملیاتی شاخص میزان اتصال برای سطوح مختلف

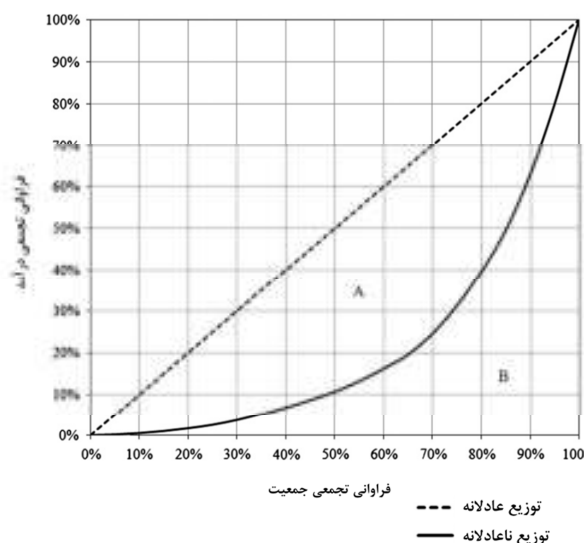
به‌طوری‌که،  $SI_{CCD}$  شاخص دسترسی به‌عنوان شاخصی از عرضه حمل و نقل همگانی برای منطقه جمع‌آوری سرشماری است. همچنین منطقه جمع‌آوری سرشماری ( $CCD$ ) به عنوان واحد تحلیل،  $N$  تعداد Buffer دسترسی پیاده‌روی به ایستگاه-ها در هر  $CCD$ ،  $Bn$  سطح پوششی  $n$  برای هر ایستگاه در هر  $CCD$ ،  $Area_{CCD}$  مساحت ناحیه انتخاب شده  $CCD$  با واحد کیلومتر مربع و  $SL$  سطح سرویس تخصیص داده شده (تعداد سفر ناوگان اتوبوس / تراموا / قطار در روز) به هر ایستگاه است (Delbosc, Currie, 2011).

شکل ۱ مثال ساده‌ای از محاسبه شاخص دسترسی را نشان می‌دهد به‌طوری‌که برای منطقه‌ای که در آن یک ایستگاه قطار و دو ایستگاه اتوبوس، با مسیری یکسان و در یک جهت هستند، پس محدوده Buffer آن‌ها با هم ادغام شدند. توجه شود که یکی از ایستگاه‌های اتوبوس به صورت فیزیکی در منطقه مورد مطالعه واقع نشده است، اما Buffer پیاده‌روی آن را شامل شده است. که آن قسمتی از این ایستگاه که خارج از منطقه جمع‌آوری سرشماری است، نباید در محاسبه شاخص دسترسی این منطقه لحاظ شود. بعلاوه در این منطقه، سطح مشترک بین ایستگاه اتوبوس و مترو فقط یک‌بار در محاسبه شاخص دسترسی در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۱. مثالی از مساحت پوششی پیاده‌روی چند ایستگاه اتوبوس و مترو در یک منطقه جمع‌آوری سرشماری

لورنز برای توزیع درآمد در بین جمعیت است. در این شکل، نیم‌ساز/خط ۴۵ درجه عدالت کامل در توزیع درآمد را نسبت به جمعیت نشان می‌دهد. همچنین منحنی زیر خط‌چین نشان‌دهنده‌ی توزیع ناعادلانه‌ی ثروت است. منحنی لورنز را نه تنها می‌توان برای درآمد بلکه برای هر معیار کیفی مربوط به جمعیت و اجتماع بکار برد. این منحنی در طیف وسیعی از رشته‌ها همچون مطالعات تنوع زیستی برای مدل‌سازی کسب‌وکار و حتی در حمل‌ونقل بکار برده شده است (Lorenz, 1905).



شکل ۲. مثالی از منحنی لورنز توزیع درآمد بین جمعیت

منحنی لورنز نمایش تصویری از برابری را نشان می‌دهد در حالی که ضریب جینی نمایش ریاضی درجه کلی نابرابری است. مفهوم شاخص «ضریب جینی» وابستگی نزدیکی به مفهوم «منحنی لورنز» دارد. ضریب جینی عددی است بین صفر و یک و برابر است با سطح محصور بین منحنی لورنز و خط توزیع برابری کامل. هرچه این ضریب به صفر نزدیکتر باشد، پارامترها توزیع عادلانه‌تری دارند و هر چه به یک نزدیک شود، نابرابری در توزیع پارامتر بیشتر است. زمانی که ضریب جینی کم‌تر از ۰/۲ باشد، برابری کامل در توزیع وجود دارد. اگر این ضریب بین ۰/۲ تا ۰/۳ باشد، برابری در توزیع تا حد زیادی رعایت شده است در حالی که ضریب بین ۰/۳ تا ۰/۴ بیانگر نابرابری در توزیع و ۰/۴ تا ۰/۶ نابرابری زیاد و در نهایت ضریب بیش از ۰/۶ نشان دهنده نابرابری کامل در توزیع است (Lorenz, 1905).

شبکه حمل‌ونقل همگانی در پژوهش Mishra و همکاران در سال ۲۰۱۲، سه شاخص ۱- میزان اتصال گره، ۲- میزان اتصال خط، و ۳- میزان اتصال منطقه‌ای جهت انجام میزان اتصال شبکه حمل‌ونقل همگانی برای مطالعه حاضر در نظر گرفته شده‌اند. این شاخص‌ها در ادامه تعریف می‌شوند. این در حالی است که در پژوهش حاضر علاوه بر شاخص ذکر شده، شاخص دسترسی به شبکه حمل‌ونقل همگانی بر اساس تعریف بخش قبل نیز مورد نظر است.

– میزان اتصال گره

این شاخص به صورت میانگینی از قدرت اتصال خروجی (رابطه ۲) و ورودی (رابطه ۳) یک ایستگاه حمل‌ونقل همگانی به صورت رابطه ۶ محاسبه می‌شود.

$$P_{l,n}^t = \frac{P_{l,n}^o + P_{l,n}^i}{2} \quad (6)$$

که در آن،  $P_{l,n}^t$  شاخص قدرت اتصال گره  $n$  با خط عبوری  $l$  است.

– میزان اتصال خط

شاخص میزان اتصال یک خط، مجموع میانگین قدرت اتصال ورودی و خروجی برای همه گره‌های حمل‌ونقل همگانی که خط مورد نظر از آن‌ها عبور می‌کند، تعریف می‌شود. شاخص میزان اتصال خط به صورت رابطه ۷ تعریف می‌شود:

$$\theta_l = \frac{1}{|S_l| - 1} \sum P_{l,n}^t \quad (7)$$

که  $S_l$  تعداد ایستگاه‌های موجود در خط  $l$  است.

– میزان اتصال منطقه‌ای

این شاخص از رابطه ۸ بدست می‌آید:

$$\theta_R = \frac{1}{|S_R| - 1} \sum P_{l,n}^t \quad (8)$$

که  $S_R$  تعداد ایستگاه‌های موجود در منطقه  $R$  است.

### ۳-۳- منحنی لورنز و ضریب جینی

در علم اقتصاد، منحنی لورنز یک نمایش گرافیکی از تابع توزیع تجمعی ثروت در جامعه است. شکل ۲ مثالی از منحنی

### ۳-۴- محدوده مورد مطالعه

بهرتر بوده است.

شهر تهران که عنوان پایتختی ایران را به همراه دارد، بین کوه‌های البرز و کویر مرکزی قرار گرفته است. بر اساس شش دوره سرشماری انجام شده قبل از سال ۱۳۹۰، جمعیت تهران طی سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۵ حدوداً ۵ برابر شده است. این رشد در شهرهای اطراف تهران به مراتب بیشتر از شهر تهران بوده بطوری که رشد شهر تهران طی دهه‌های اخیر کاهش یافته و بر جمعیت پیرامون آن افزوده شده است. مساحت شهر تهران برابر با ۷۷۶/۹۶ کیلومترمربع است. شهر تهران، از نظر تقسیمات اداری به ۲۲ منطقه و ۱۲۳ ناحیه و ۳۷۴ محله تقسیم می‌شود.

شهر تهران با توجه به شبکه حمل‌ونقل همگانی چند وسیله‌ای، شرایط بحرانی ترافیکی و تقاضای بالای حمل‌ونقل همگانی بخصوص در مناطق حومه‌ای شهر، انتخاب گردیده است.

### ۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور ارزیابی عدالت در حمل‌ونقل همگانی شهر تهران، ابتدا به تحلیل عرضه و تقاضای حمل‌ونقل همگانی پرداخته شده است. سپس، با توجه به توزیع عرضه حمل‌ونقل همگانی بین تقاضای ایجاد شده، عدالت در حمل‌ونقل همگانی ارزیابی و تحلیل شده است. عرضه و تقاضای حمل‌ونقل همگانی باید به طور مشترک برای شناسایی عدم تعادل در ارائه خدمات حمل‌ونقل همگانی مورد تحلیل قرار گیرند. بدین منظور، برای تشخیص سطح بی‌عدالتی در توزیع عرضه خدمات حمل‌ونقل همگانی در بین تقاضا از منحنی لورنز و ضریب جینی استفاده شده است. در تحقیق حاضر، عدالت در حمل‌ونقل همگانی برای هر دو حالت افقی و عمودی بررسی شده است، که در ادامه این بخش، این دو حالت مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته شده‌اند. شاخص دسترسی برای ۱۲۳ ناحیه در ۲۲ منطقه شهرداری تهران بر اساس داده‌های شبکه حمل‌ونقل همگانی شامل اتوبوس و مترو شهر تهران محاسبه شده است. خلاصه آماره‌های توصیفی مربوط به این شاخص در سه بخش اتوبوسرانی و مترو، و در نهایت میزان دسترسی به شبکه حمل‌ونقل همگانی (ترکیب شبکه اتوبوسرانی و مترو) در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به میانگین بالاتر دسترسی به شبکه اتوبوسرانی نسبت به مترو در این جدول، می‌توان گفت که عملکرد دسترسی به اتوبوسرانی نسبت به مترو در شهر تهران

جدول ۱. خلاصه نتایج حاصل از شاخص دسترسی

شاخص	میانگین	انحراف معیار	
		حداقل مقدار	حداکثر مقدار
دسترسی به شبکه اتوبوسرانی	۱۶/۹۳	۲۰/۹۴	۰
دسترسی به شبکه مترو	۱۱/۷۲	۲۱/۲۰	۰
دسترسی به شبکه حمل‌ونقل همگانی گسترده	۱۹/۰۴	۲۲/۹۴	۰

\* تعداد ناحیه بررسی شده، تعداد ۱۲۳ ناحیه بوده است.

بعلاوه، شاخص میزان اتصال شبکه حمل‌ونقل همگانی چندوسیله‌ای<sup>۹</sup> شهر تهران در سه بخش گره، خط و منطقه‌ای با استفاده از عوامل عملکردی شبکه‌های اتوبوسرانی و مترو شامل ظرفیت، سرعت، مسافت و فراوانی خدمات‌دهی محاسبه و تحلیل شده است. بعلاوه در رابطه ۴ ویژگی‌های جمعیت و اشتغال خانوار هم به این شاخص اضافه شده است که از نکات قابل توجه آن است. در جدول ۲، نتایج حاصل از اندازه‌گیری شاخص میزان اتصال منطقه‌ای برای شبکه‌های اتوبوسرانی، مترو و در نهایت به صورت کلی ارائه شده است. بر اساس این نتایج، میانگین شاخص میزان اتصال منطقه‌ای برای شبکه اتوبوسرانی از شبکه مترو بیشتر است، بنابراین شبکه اتوبوسرانی نسبت به مترو در شهر تهران، کارایی بیشتری را بر اساس میزان اتصال شبکه ارائه می‌کند.

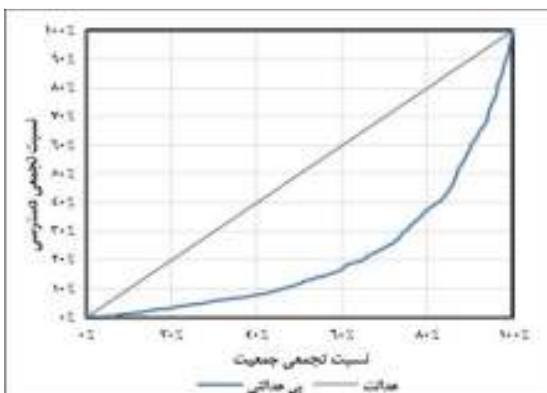
جدول ۲. خلاصه نتایج شاخص میزان اتصال منطقه‌ای

#### شبکه حمل‌ونقل همگانی

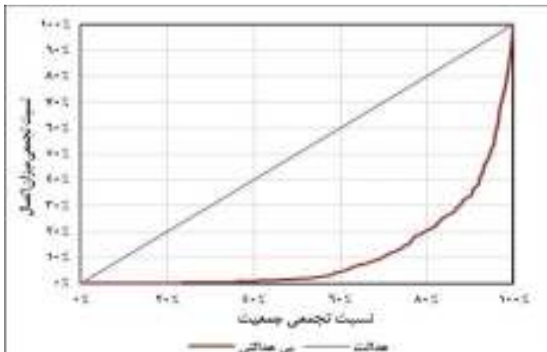
شاخص	میانگین	انحراف معیار	
		حداقل مقدار	حداکثر مقدار
میزان اتصال منطقه‌ای در شبکه اتوبوسرانی	۸/۴۳	۱۳/۸۱	۰
میزان اتصال منطقه‌ای در شبکه مترو	۵/۰۳	۱۴/۷۶	۰
میزان اتصال منطقه‌ای در شبکه حمل‌ونقل همگانی گسترده	۸/۰۱	۱۳/۷۴	۰

\* تعداد ناحیه بررسی شده، تعداد ۱۲۳ ناحیه بوده است.

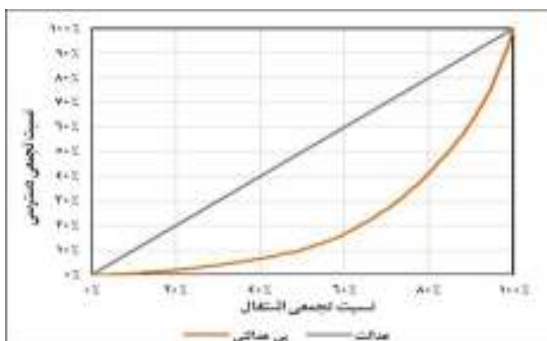
نیاز به حمل و نقل همگانی مورد بررسی قرار گرفته شده است. منحنی لورنز توزیع دسترسی به شبکه حمل و نقل همگانی اتوبوسرانی و مترو نسبت به شاغلین به تفکیک نواحی شهرداری تهران حاکی از ضریب جینی برابر با ۰/۵۶ است (نمودار ۳). یعنی ۵۶ درصد از شاغلین به ۱۵ درصد از سیستم حمل و نقل همگانی دسترسی دارند و بی‌عدالتی زیادی در توزیع دسترسی به سیستم حمل و نقل همگانی نسبت به جمعیت شاغل در شهر تهران وجود دارد.



نمودار ۱. منحنی لورنز برای توزیع دسترسی نسبت به جمعیت



نمودار ۲. منحنی لورنز برای توزیع میزان اتصال نسبت به جمعیت



نمودار ۳. منحنی لورنز برای توزیع دسترسی نسبت به جمعیت شاغل

برای تشخیص سطح بی‌عدالتی در توزیع عرضه خدمات حمل و نقل همگانی (در این پژوهش شاخص‌های دسترسی و میزان اتصال) در بین تقاضا (شاخص‌های جمعیت و نیاز به حمل و نقل همگانی) از منحنی لورنز و ضریب جینی استفاده شده است. در پژوهش حاضر، عدالت در حمل و نقل همگانی برای هر دو حالت افقی و عمودی بررسی شده است، که در ادامه این بخش، این دو حالت مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته شده‌اند.

#### ۴-۱- عدالت افقی

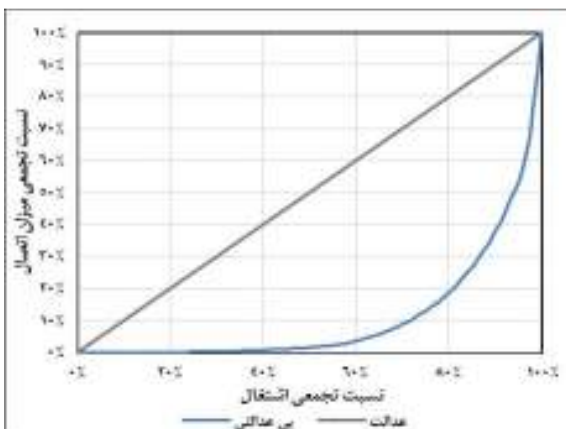
برای بررسی عدالت افقی (عدالت مکانی)، توزیع دو شاخص عرضه حمل و نقل همگانی یعنی دسترسی و میزان اتصال نسبت به جمعیت با استفاده از منحنی لورنز و ضریب جینی مورد نظر است. نمودار ۱ منحنی لورنز توزیع دسترسی به شبکه حمل و نقل همگانی شامل اتوبوس معمولی و تندرو و همچنین مترو را نسبت به توزیع جمعیتی جمعیت نشان می‌دهد. ضریب جینی برابر ۰/۵۷ بیانگر بی‌عدالتی زیاد در توزیع دسترسی به شبکه حمل و نقل همگانی نسبت به جمعیت است: یعنی ۵۷ درصد مردم از ۱۵ درصد دسترسی به حمل و نقل همگانی بهره می‌برند. به عبارت دیگر، عدالت مکانی در توزیع دسترسی به سیستم حمل و نقل همگانی در شهر تهران بسیار پایین است. به همین صورت، نمودار ۲ منحنی لورنز برای توزیع میزان اتصال شبکه حمل و نقل همگانی نسبت به جمعیت در شهر تهران را نشان می‌دهد. مقدار ضریب جینی (۰/۷۷) نشانگر آن است که ۷۷ درصد افراد تنها از ۱۵ درصد میزان اتصال شبکه حمل و نقل همگانی بهره‌مند هستند. با توجه به مقدار بالای این ضریب، **Error! Reference source not found.** می‌توان نتیجه گرفت که شهر تهران با بی‌عدالتی خیلی زیاد مکانی در توزیع میزان اتصال سیستم حمل و نقل همگانی نسبت به جمعیت روبرو است.

#### ۴-۲- عدالت عمودی

عدالت عمودی یا عدالت اجتماعی به توزیع عادلانه عرضه حمل و نقل همگانی نسبت به نیاز گروه‌های خاص جمعیتی اشاره دارد. برای بخش عرضه دو شاخص دسترسی و میزان اتصال و برای بخش تقاضا (نیاز گروه‌های خاص) شاخص‌های

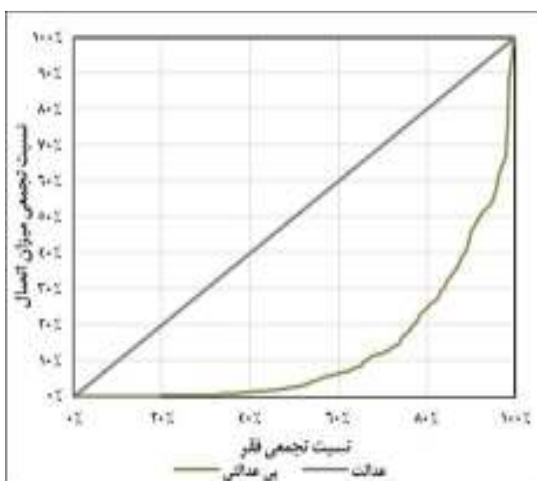


نمودار ۶ منحنی لورنز برای توزیع میزان اتصال شبکه حمل و نقل همگانی اتوبوسرانی و مترو نسبت به جمعیت شاغل را به تفکیک نواحی شهرداری تهران به تصویر می کشد. ضریب جینی برابر با ۰/۷۸ دلالت بر بی عدالتی بسیار زیاد در شهر تهران دارد.



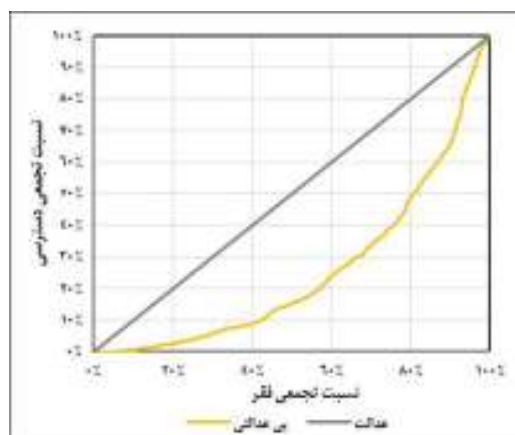
نمودار ۶. منحنی لورنز توزیع میزان اتصال نسبت به شاغلین

توزیع میزان اتصال حمل و نقل همگانی در بین خانوارهای زیر خط فقر در شهر تهران دارای ضریب جینی برابر با ۰/۷۴ و نشان از بی عدالتی زیاد در این توزیع دارد (نمودار ۷)؛ دلیل مقدار بالای ضریب جینی این است که خانوارهای ساکن در نواحی حومه شهر علی رغم اینکه با فقر بیشتری نسبت به نواحی مرکزی روبرو هستند، وضعیت مناسبی در دستیابی به میزان اتصال شبکه حمل و نقل همگانی ندارند.



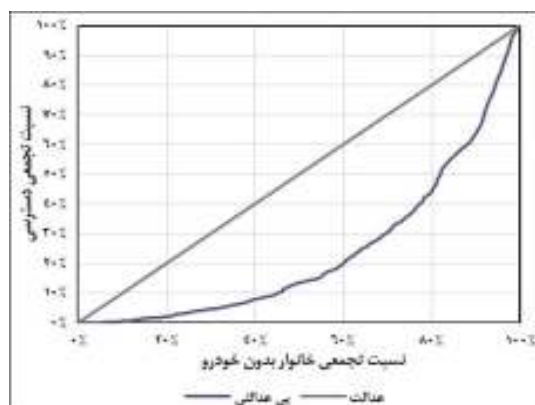
نمودار ۷. منحنی لورنز توزیع میزان اتصال نسبت به خانوارهای زیر خط فقر

ضریب جینی برابر با ۰/۴۹ حاصل از منحنی لورنز برای توزیع دسترسی به شبکه حمل و نقل همگانی نسبت به خانوارهای زیر خط فقر شهر تهران نشان می دهد که در بین ضریب جینی ها، کمترین مقدار را داشته است. می توان دریافت که توزیع شاخص دسترسی به سیستم حمل و نقل همگانی در بین خانوارهای زیر خط فقر نسبت به سایر شاخص ها عادلانه تر است. مشخص است که ۴۹ درصد خانوارهای زیر خط فقر به ۱۵ درصد سیستم حمل و نقل همگانی دسترسی دارند (نمودار ۴).



نمودار ۴. منحنی لورنز توزیع دسترسی نسبت به خانوارهای زیر خط فقر

منحنی لورنز توزیع دسترسی به شبکه حمل و نقل همگانی در بین خانوارهای بدون خودرو در شهر تهران (نمودار ۵) ضریب جینی برابر با ۰/۵۲ را به همراه دارد، که نشان از بی عدالتی نسبتاً زیاد در این توزیع دارد.



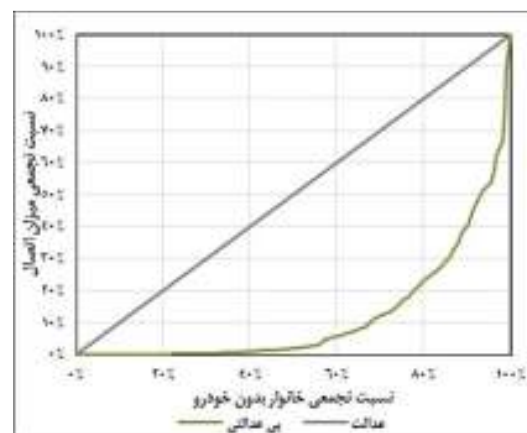
نمودار ۵. منحنی لورنز توزیع دسترسی نسبت به خانوارهای بدون خودرو

شده است؛ مقدار ضریب جینی در بررسی عدالت افقی (مکانی) نسبت به عدالت عمودی (اجتماعی) پایین تر بوده که نشان از بی عدالتی بسیار زیاد در توزیع خدمات و تسهیلات حمل و نقل همگانی نسبت به نیازهای افراد و گروه های خاص دارد. بطور کلی، می توان نتیجه گرفت که عدالت در حمل و نقل همگانی در شهر تهران براساس شاخص های این مطالعه بطور کامل رعایت نشده است.

### ۵- نتیجه گیری

حمل و نقل همگانی نقش اساسی در ایجاد رفاه و کیفیت زندگی شهروندان دارد. از این رو، برنامه ریزان حمل و نقل درصدد بررسی این موضوع هستند که سیستم حمل و نقل شهری با عدالت چه تاثیری بر زندگی شهروندان و یا دیگر خدمات شهری می گذارد ( Foth, Manaugh, El-Geneidy, Farber, Bartholomew, Páez, Habib, ) (2013). عدالت در حمل و نقل همگانی از این نظر مهم است که گروه خاصی از مردم (همچون افراد ناتوان، کم توان و فقیر، شاغلان، دانش آموزان و دانشجویان) از سیستم حمل و نقل همگانی در دسترس و مناسب بهره مند شوند ( Welch, ) (2013). توسعه اجتماعی در برنامه راهبردی و عملیاتی شهر تهران با تأکید بر عدالت اجتماعی در سند چشم انداز افق ۱۴۰۴ تنظیم شده است. با توجه به پیچیدگی ها در تنظیم شاخص های ارزیابی عدالت در حمل و نقل همگانی، تدوین این شاخص ها بسیار مهم و ضروری است. بنابراین، مقایسه شاخص های اقتصادی-اجتماعی و شاخص های عملکرد حمل و نقل همگانی (مترو و اتوبوس) برای مناطق حومه و مرکزی کلان شهر تهران می تواند در جهت تعیین عادلانه بودن توزیع خدمات حمل و نقل همگانی مفید باشد. نتایج شاخص های دسترسی و میزان اتصال شبکه حمل و نقل همگانی چندوسیله ای شامل اتوبوس، اتوبوس تندرو و مترو به تفکیک ۱۲۳ ناحیه در ۲۲ منطقه شهرداری تهران نشان می دهد که عملکرد دسترسی به اتوبوسرانی نسبت به دسترسی به مترو بهتر بوده است؛ این در حالی است که تعداد زیادی از نواحی شهرداری تهران فاقد دسترسی به شبکه مترو است. نتایج حاصل از اندازه گیری شاخص میزان اتصال نشان می دهد که، شاخص میزان اتصال منطقه ای برای شبکه اتوبوسرانی از شبکه مترو بیشتر است، که می تواند دلالت بر

نمودار ۸ منحنی لورنز توزیع میزان اتصال حمل و نقل همگانی نسبت به خانوارهای بدون وسیله نقلیه (خودرو) شهر تهران را نشان می دهد (مقدار ضریب جینی ۰/۷۶)؛ بی عدالتی زیاد در توزیع شاخص میزان اتصال به عنوان یک شاخص عرضه حمل و نقل همگانی نسبت به خانوارهای بدون مالکیت وسیله نقلیه (خودرو) را به تصویر می کشد.



نمودار ۸. منحنی لورنز توزیع میزان اتصال نسبت به خانوارهای بدون خودرو

جدول ۳. مقایسه توزیع عرضه نسبت به تقاضا با استفاده از ضریب جینی

ضریب جینی	توزیع عرضه نسبت به تقاضا	عدالت
۰/۵۷	دسترسی - جمعیت	عدالت افقی
۰/۷۷	میزان اتصال - جمعیت	
۰/۵۶	دسترسی - اشتغال	عدالت عمودی
۰/۴۹	دسترسی - خانوارهای زیر خط فقر	
۰/۵۲	دسترسی - خانوارهای بدون خودرو	
۰/۷۸	میزان اتصال - اشتغال	
۰/۷۴	میزان اتصال - خانوارهای زیر خط فقر	
۰/۷۶	میزان اتصال - خانوارهای بدون خودرو	

نتایج کلی تحلیل عدالت در جدول ۳ آمده است؛ بیشترین مقدار ضریب جینی مربوط به توزیع میزان اتصال در بین اشتغال و کمترین مقدار مربوط به توزیع دسترسی نسبت به خانوارهای زیر خط فقر است؛ عرضه حمل و نقل همگانی نسبت به شاخص خانوارهای زیر خط فقر بهتر از سایر شاخص های تقاضا توزیع

خدمات‌دهی و سایر فاکتورهای مهم تأثیرگذار بر شاخص‌های میزان اتصال و دسترسی را در نظر گرفت، تا توزیع اجتماعی این شاخص‌ها را بهبود بخشند. همچنین پیشنهاد می‌شود به منظور بهبود عدالت در حمل‌ونقل همگانی، شاخص‌های توسعه حمل‌ونقل همگانی محور شهر بررسی شود. به طوری که رفاه مردم بخصوص قشر فقیر جامعه در اولویت باشد؛ که می‌تواند باعث تشویق افراد ساکن در مناطق محروم و افزایش اشتغال‌زایی به عنوان عنصری در ایجاد تحرک اقتصادی و اجتماعی شود. یکی از راهکارهای دیگر در جهت بهبود عدالت اجتماعی توجه به مساله عدم مالکیت خودرو و وسیله نقلیه است، به طوری که در نواحی جنوبی نسبت به نواحی شمالی کلان‌شهر تهران که با عدم مالکیت بیشتری روبرو هستند. لذا می‌توان با ایجاد دسترسی به سیستم حمل‌ونقل همگانی در نواحی جنوبی شهر بخصوص نواحی با سفرهای کاری و آموزشی بیشتر، این مساله را برطرف نمود.

#### ۶- پی‌نوشت‌ها

1. Social Equity
2. Accessibility
3. Connectivity
4. Gini coefficient
5. Horizontal Equity
6. Lorenz curve
7. Spatial Equity
8. Census Collection Districts
9. Multimodal transit network

#### ۷- مراجع

– رحیمی، ک، روحی، ا، و کرمانشاه، م. (۱۳۹۲)، "واکاوی مفهوم عدالت در توسعه و بهره‌برداری از پروژه‌های حمل‌ونقل شهری"، دانش شهر مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، گزارش شماره ۳۷.

– American Public Transport Association. (2005), "Safe, Accountable, Flexible, Efficient Equity Act, a Legacy for Users: A Guide to Transit-Related Provisions".

– Bertolaccini, K. L. (2013), "Assessing the Equity of Transit Supply Distribution in Metropolitan Areas Using Lorenz Curves and Gini Coefficients".

کارایی بیشتر شبکه اتوبوسرانی نسبت به مترو در شهر تهران داشته باشد. عدالت در حمل‌ونقل همگانی برای هر دو حالت افقی و عمودی بررسی شده است: برای تشخیص سطح بی‌عدالتی توزیع عرضه خدمات حمل‌ونقل همگانی بین تقاضا از رویکرد منحنی لورنز و شاخص ضریب جینی استفاده شده است. ضرایب جینی توزیع دسترسی و میزان اتصال شبکه حمل‌ونقل همگانی در بین جمعیت در شهر تهران به ترتیب برابر با ۰/۵۷ و ۰/۷۷ محاسبه شدند، که نشان از عادلانه نبودن توزیع خدمات حمل‌ونقل همگانی در شهر تهران دارند. ضریب جینی توزیع میزان اتصال در بین اشتغال بیشترین مقدار یعنی ۰/۷۸ و ضریب جینی توزیع دسترسی میان خانوارهای زیر خط فقر برابر با ۰/۴۹ کمترین مقدار را داشته‌اند. این نتایج نشان می‌دهد که علی‌رغم بی‌عدالتی بسیار زیاد، دسترسی نسبت به میزان اتصال شبکه حمل‌ونقل همگانی عادلانه‌تر توزیع شده است. این در حالی است که استفاده از محدوده جغرافیایی تعریف شده در این طرح در مقیاس ناحیه، می‌تواند اثر ناسازگاری در محاسبات ضریب جینی داشته باشد. (ضریب جینی شاخص سنجش نابرابری درآمد یا خدمات نسبت به جامعه و عددی بین صفر و یک است که در آن صفر به معنی توزیع کاملاً برابر درآمد یا خدمات و یک به معنای نابرابری مطلق در توزیع است) (Lorenz, 1905).

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که ضرایب جینی در بررسی عدالت افقی از عدالت عمودی کمتر بوده که نشان از عادلانه نبودن توزیع خدمات و تسهیلات حمل‌ونقل همگانی نسبت به نیازهای افراد و گروه‌های خاص در کلان‌شهر تهران دارد. بنابراین، ادعا می‌شود که کلان‌شهر تهران از لحاظ توزیع خدمات حمل‌ونقل همگانی، براساس شاخص‌های این مطالعه عادلانه نیست. در جهت تحقق برابری و عدالت در حمل‌ونقل همگانی در شهر تهران پیشنهاد می‌شود که برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران حمل‌ونقل به موضوع میزان اتصال شبکه حمل‌ونقل همگانی توجه خاصی نشان دهند، تا در نهایت قادر به یک ارزیابی مقایسه‌ای از دسترسی افراد داشته باشند و همچنین، قادر به ارائه پیشنهادات هوشمندانه‌تر و کاربردی جهت ارتقاء سطح دسترسی ساکنان نواحی شهری برای برطرف کردن نیازهای فزاینده خواهد بود. در بحث دسترسی به شبکه حمل‌ونقل همگانی بایستی توجه داشت که نباید فقط تعداد و مساحت پوششی ایستگاه‌ها را افزایش داد، بلکه باید فراوانی

- Litman, T., (2013), “Evaluating Transportation Equity Guidance for Incorporating Distributional Impacts in Transportation Planning”, Victoria Transport Policy Institute.
- Litman, T., (1997), “Evaluating transportation equity”, Victoria Transport Policy Institute.
- Lorenz, M. O., (1905), “Methods of measuring the concentration of wealth”, Publications of the American statistical association, 9(70), pp.209-219.
- Mamdoohi, A. R., & Zarei, H. (2016), An Analysis of Public Transit Connectivity Index in Tehran. The Case Study: Tehran Multi-Modal Transit Network. *Tema. Journal of Land Use, Mobility and Environment*, pp.59-76.
- Martiri, D., (2013), “Will the bus ever come An equity-based assessment of transport planning and disadvantage on the Gold Coast”, A thesis submitted to the School of Geography, Planning and Environmental Management.
- Mishra, S., Welch, T. F., & Jha., M. K. (2012), “Performance indicators for public transit connectivity in multi-modal transportation networks”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(7), pp.1066-1085.
- Neff, J., & Dickens, M., (2013), “Public transportation fact book”, American Public Transportation Association: Washington, DC, USA.
- Sanchez, T. W., Brenman, M., & Stolz, R. H., (2007), “The Right to Transportation. Moving to Equality”, *Transport Research International Documentation (TRID)*, American Planning Association.
- Welch, T. F., (2013), “Equity in transport: The distribution of transit access and connectivity among affordable housing units”, *Transport policy*, 30, pp.283-293.
- Welch, T. F., & Mishra, S., (2013), “A measure of equity for public transit connectivity”, *Journal of Transport Geography*, 33, pp.29-41.
- Bullard, R. D., (2003), “Addressing urban transportation equity in the United States”, *Fordham Urban Law Journal*, 31(5), 1183.
- Colopy, J. H. (1994), “The road less traveled: Pursuing environmental justice through Title VI of the Civil Rights Act of 1964”, *Stan. Envtl. LJ*, 13, pp.125.
- Delbosc, A., & Currie, G., (2011), “Using Lorenz curves to assess public transport equity”, *Journal of Transport Geography*, 19(6), pp.1252-1259.
- Dora, C., Haines, A., Balbus, J., Fletcher, E., Adair-Rohani, H., Alabaster, G. & Neira, M. (2015), “Indicators linking health and sustainability in the post-2015 development agenda”, *The Lancet*, 385(9965), pp.380-391.
- Farber, S., Bartholomew, K., Li, X., Páez, A., & Habib, K. M. N., (2014), “Assessing social equity in distance based transit fares using a model of travel behavior”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 67, pp.291-303.
- Foth, N., Manaugh, K., & El-Geneidy, A. M. (2013), “Towards equitable transit: examining transit accessibility and social need in Toronto, Canada, 1996–2006”, *Journal of transport geography*, 29, pp.1-10.
- Golub, A., & Martens, K., (2014), “Using principles of justice to assess the modal equity of regional transportation plans”, *Journal of Transport Geography*, 41, pp.10-20.
- Guzman, L. A., & Bocarejo, J. P., (2017), “Urban form and spatial urban equity in Bogota, Colombia. *Transportation research procedia*”, 25, pp.4491-4506.
- Kaplan, S., Popoks, D., Prato, C. G., & Ceder, A. A., (2014), “Using connectivity for measuring equity in transit provision”, *Journal of Transport Geography*, 37, pp.82-92.
- Litman, T., (2006), “Evaluating transport equity: Guidance for incorporating distributional impacts in transportation planning”, Victoria BC: Victoria Transport Policy Institute.

# **Quantitative Evaluation of Multimodal Public Transit Equity for Metro, Bus and BRT (Case Study: Tehran Metropolitan Area)**

*Hamid Zarei, M.Sc., Student, Transportation Planning, Institute for Management and Planning Studies (IMPS), Tehran, Iran.*

*Amir Reza Mamdoohi, Associate Professor, Transportation Planning Dept., Civil & Envi. Engineering Faculty, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.*

*E-mail: [armamdoohi@modares.ac.ir](mailto:armamdoohi@modares.ac.ir)*

Received: March 2021-Accepted: July 2021

## **ABSTRACT**

This study aims to identify the indices of public transit equity and its quantitative evaluation for multimodal public transit network (includes Metro, Bus and BRT) in the Tehran metropolitan area. In this research, accessibility and connectivity indices deemed as the supply side; employment, population, poverty, and none vehicle households considered as the demand side. After that, the Lorenz curve and the Gini coefficient are used in order to quantitative analysis and evaluation of equity. The databases are collected from Tehran Traffic Control Company, Social-cultural deputy of Tehran, Tehran Urban and Suburban Railway Operation Co, and Tehran municipality ICT Organization. The results indicates that a large number of Tehran municipality districts do not have access to the subway network. Also, the results of the network connectivity index in three parts; nodes, lines, and regions shows that regional connectivity for the bus network is higher than the subway network, which can illustrate the much more efficiency of the bus network as opposed to the subway network. The results of equity analysis shows that Gini coefficients are less in the assessment of horizontal equity than vertical equity stating a vast degree of inequity in the distribution of public transit service and facilities in proportion to demand of groups in the Tehran metropolitan area.

**Keywords:** Public Transit, Accessibility, Equity, Network Connectivity, Gini Coefficient