

ارزیابی عدالت در توزیع مزایای حمل و نقل عمومی بر اساس نیاز و توان تحرك ساکنین

فرشته فقیهی نژاد (نویسنده مسئول)، سعید منجم

دانشجوی دکتری دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، Fefaghi@email.kntu.ac.ir

استاد دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، monajjem@kntu.ac.ir

چکیده

در دهه‌های اخیر، عدالت در حمل و نقل به عنوان یک پارامتر بسیار مهم در برنامه‌ریزی حمل و نقل شناخته شده است. در این میان عدالت عمودی که بیانگر عدالت در توزیع مزایا با توجه به نیاز افراد است، بیشتر مورد توجه است. عدالت عمودی نیز خود دو دسته می‌شود که دسته اول با توجه به طبقات درآمدی و اجتماعی است و دسته دوم با توجه به نیاز و توانایی تحرك است [1]. در اکثریت مطالعات بررسی عدالت، نوع اول عدالت عمودی در نظر گرفته می‌شود و بررسی میزان منافع حمل و نقلی از منزله افراد کم‌درآمد مورد اهمیت است. ولیکن در این تحقیق هدف در نظر گرفتن نوع دوم عدالت عمودی در توزیع مزایای حمل و نقل عمومی است. به عبارتی توزیع منافع حمل و نقل عمومی با توجه به نیاز و توانایی افراد به تحرك. در این تحقیق، نواحی ترافیکی در شهرها به عنوان واحدهایی در نظر گرفته شده‌اند که در آنها، سهم سفرهای انجام شده با حمل و نقل عمومی از میان کل سفرهای روزانه (Share of Transit Trips (STTATT)) به عنوان معیار استقبال و نیاز افراد هر ناحیه به حمل و نقل عمومی در نظر گرفته می‌شود [2]. در چهارچوب ارائه شده در این مقاله مفهوم توان اتصال به عنوان یک شاخص برای محاسبه دسترسی نواحی ترافیکی (عرضه) استفاده شده است [3]، در این تعریف توان ورودی و خروجی هر ایستگاه حمل و نقل عمومی (اعم از مترو، بی آر تی و اتوبوس) با استفاده از پارامترهای مربوط به داده‌های فرکانس، سرعت، ساعت کاری روزانه و حجم ناوگان، فاصله تا ایستگاه بعدی و غیره محاسبه می‌شود. بعد از تعیین دسترسی و STTATT هر یک از نواحی ترافیکی، باید دو لیست تهیه شود که در آنها یک بار نواحی ترافیکی بر اساس STTATT از بالا به پایین مرتب میشوند و یک بار بر اساس میزان دسترسی شان، اگر شماره جایگاه یک ناحیه ترافیکی در این دو لیست تطبیق داشته باشد و یا حداقل نزدیک به یکدیگر باشد به این معنی است که عدالت عمودی در این زمینه رعایت شده است و میزان عرضه و تقاضا در آن ناحیه به یکدیگر نزدیک است و هرچه شماره جایگاه یک ناحیه ترافیکی در این دو ناحیه متفاوت باشد به این معنی است که میزان عرضه و تقاضا در آن ناحیه ترافیکی با یکدیگر هماهنگ نیست. بنابراین با استفاده از متدولوژی ارائه شده میتوان میزان رعایت عدالت عمودی را در عمل برآورد نمود. برای ارزیابی عملکرد چهارچوب ارائه شده، حمل و نقل عمومی شهر تهران مورد ارزیابی قرار گرفته و نشان داده است که: (۱) ضریب جینی توزیع حمل و نقل عمومی در شهر تهران در وضع موجود ۰/۲۹ است و پس از اتمام بخشهایی که در حال ساخت (۲ خط و ۴۰ ایستگاه) هستند به ۰/۳ می‌رسد؛ (۲) برای افزایش سطح عدالت در حمل و نقل عمومی باید با استفاده از حمل و نقل عمومی (اعم از مترو یا اتوبوس) نواحی غربی و جنوبی شهر را به نواحی شمالی شهر متصل کرد.

کلمات کلیدی: حمل و نقل عمومی، عدالت اجتماعی، رفتار سفر، توسعه پایدار، تحلیل شبکه.

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

۱- مقدمه

ترویج حمل و نقل همگانی به دلیل بهره‌وری بالا در استفاده از نهاده‌های حمل‌ونقلی (زیرساخت، سوخت، نیروی انسانی و هزینه) و نیز هم راستایی با توسعه پایدار از اولویت‌های اصلی مدیریت نوین کلان‌شهری می‌باشد. در این بین، حمل‌ونقل همگانی با توجه به جذابیت‌هایی که از نظر سرعت بالا و هزینه کم دارد؛ جایگاه خاصی در کشور ایران و علی‌الخصوص شهر تهران (به دلیل وسعت شهر، گرانی مدهایی مانند تاکسی، شلوغی زیاد ناشی از جمعیت ۱۲ میلیونی شهر و ترافیک بالا در اکثر شریان‌ها در ساعات اوج) دارا می‌باشد. همچنین ایمنی یکی از دلایل انتخاب حمل‌ونقل عمومی می‌باشد [4]

توجه شایسته به عدالت در توزیع منافع و هزینه‌های سامانه حمل‌ونقل شهری از بایسته‌های توسعه شهری است. تلاش موثر برای تحقق عدالت، مستلزم چارچوبی علمی، محاسباتی و حساس به سیاست‌گذاری است تا مدیریت شهری بتواند بر پایه این چارچوب برنامه‌ریزی‌های لازم جهت اجرای طرح‌های آینده و بهبود طرح‌های موجود را انجام دهد. در این مقاله سعی می‌شود تا علاوه بر ارائه چارچوبی برای بررسی منافع اجتماعی و ارزیابی عدالت در حمل‌ونقل همگانی شهری، وضع موجود این سامانه در تهران نیز بررسی شده و مشخص گردد که تا چه حد در این زمینه عدالت رعایت شده است. برای بررسی این امر ابتدا لازم است تا منافع حاصل از ایجاد حمل‌ونقل همگانی به دقت مشخص شوند. تنوع منافع ناشی از حمل‌ونقل همگانی در کنار تنوع تعاریف عدالت و نیز دشواری انطباق برنامه‌ریزی‌های اجرایی با تعاریف مورد نظر، باعث ابهام در هر دو جنبه نظری و عملی مربوط به عدالت در حمل‌ونقل همگانی می‌شود [5].

به منظور ساخت چارچوب سنجش عدالت، ابتدا از بین تعاریف متعدد، ((عدالت عمودی)) به عنوان تعریف متناسب با موضوع توزیع منافع حمل‌ونقل همگانی، انتخاب و توصیف شده است. عدالت عمودی به این معنی است که شهروندان به اندازه نیازشان به امکانات شهری از آن‌ها برخوردار باشند. در این تعریف عامل میزان هزینه و قدرت خرید مد نظر قرار نمی‌گیرد. سپس با تلفیق مفاهیم دسترسی و تحرک، مفهوم توان اتصالی به عنوان شاخص عرضه منافع سامانه حمل‌ونقل همگانی توسعه داده شده است. در گام بعد چارچوبی برای سنجش میزان تناسب بین عرضه و تقاضا (برقراری عدالت در توزیع منافع) سامانه حمل‌ونقل همگانی در نواحی ترافیکی شهری ارائه شده است. انتخاب نواحی ترافیکی به عنوان مقیاس جغرافیایی به این دلیل بود که اطلاعات سفر و وضعیت اقتصادی-اجتماعی شهروندان در مطالعات جامع شهری گردآوری می‌شوند، در این مقیاس هم‌فزون می‌گردند. چارچوب ارائه شده شامل تناسب بین عرضه و تقاضا در هر ناحیه و نیز تناسب توزیع توان اتصال با جمعیت نیازمند به تحرک در عرصه شهری است. در ادامه، سهم سفرهای انجام شده با حمل و نقل عمومی از میان کل سفرهای روزانه ((Share of Transit Trips Among the Total Trips (STTATT)) به عنوان معیار استقبال و نیاز افراد هر ناحیه به حمل و نقل عمومی در نظر گرفته می‌شود [2]. میزان عدم انطباق بین عرضه و تقاضای خدمات سامانه حمل‌ونقل همگانی در هر ناحیه ترافیکی، بیانگر شدت ناعدالتی در توزیع منافع در آن ناحیه است. با تجمیع و نیز مقایسه وضعیت نواحی، وضعیت کل یک شهر قابل ارزیابی است. همچنین نواحی دارای اولویت برای تقویت عرضه (توان اتصالی) سامانه حمل‌ونقل همگانی تعیین شده است. در این مقاله کلیه مراحل برای شهر تهران انجام شده و نتایج ارائه شده است.

۲- مروری بر ادبیات

-تعاریف عدالت

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

در منابع علمی رویکردهای متعددی برای تعریف عدالت و کمی سازی مفهوم عدالت وجود دارد [6] رویکرد مبتنی بر بررسی توزیع منافع بین گروههای مختلف اجتماع، عدالت افقی و رویکرد مبتنی بر توزیع منافع بر اساس ویژگیهای گروههای اجتماعی، عدالت عمودی نامیده می شود.

عدالت عمودی با توجه به طبقات درآمدی و اجتماعی [1]

عدالت عمودی (همچنین به نام عدالت اجتماعی^۲، عدالت زیست محیطی^۳ و فراگیری اجتماعی^۴) ناظر بر توزیع اثرات بین افراد و گروههایی است که در تواناییها و نیازها (در این مورد، بر حسب طبقه درآمدی یا اجتماعی) متفاوتند. با این تعریف، سیاستهای حمل و نقل در صورتی عادلانه اند که منافع گروههایی را که به لحاظ اقتصادی و اجتماعی محروم به شمار می روند مد نظر قرار دهند و بنابراین نابرابریهای کلی را جبران نمایند^۵. سیاستهایی که حمایت از گروههای محروم را مد نظر قرار می دهند، پیش برنده نامیده می شوند، در حالی که سیاستهایی که بیش از حد به مردم محروم فشار وارد می آورد، پس برنده نام دارند. این تعریف برای حمایت از شیوههای حمل و نقل مقرون به صرفه به کار می رود، و می کوشد تا این اطمینان را ایجاد نماید که سهم گروههای محروم از هزینههای خارجی (آلودگی، خطر تصادف، هزینههای مالی، و غیره) بیش از اندازه نباشد.

عدالت عمودی با توجه به نیاز و توانایی تحرک [1]

این تعریف به توزیع اثرات بین افراد و گروههایی اشاره می کند که در توانایی و نیاز حمل و نقلی متفاوت باشند. بنابراین، این تعریف، مرتبط با درجه ای است که سیستم حمل و نقل، نیازهای مسافران با محدودیتهای خاص را برآورده می سازد. از این تعریف برای حمایت از طراحی همه منظوره^۶ که طراحی قابل دسترس^۷ یا فراگیر^۸ نامیده می شود؛ استفاده می شود؛ که بدان معنی است که امکانات و خدمات حمل و نقل، برآورنده نیاز افراد دارای معلولیت و سایر نیازهای خاص هستند.

در این بحث، یعنی بررسی عادلانه بودن توزیع تسهیلات حمل و نقل همگانی در میان شهروندان، عدالت افقی به دلایل عدم در نظرگیری نحوه توزیع جغرافیایی (مکانی) جمعیت در پهنه شهری و عدم در نظرگیری تفاوت در میزان نیاز دسته های مختلف شهروندان به این سامانه، قابل نقد است از این سو است که در مطالعات و محاسبات انجام شده در این زمینه از رویکرد عدالت عمودی استفاده می شود.

عدالت عمودی در حمل و نقل همگانی عبارت است از تمرکز بیشتر تسهیلات در نواحی سکونت گروههایی از اجتماع که نیاز بیشتری به حمل و نقل همگانی دارند [7].

² social justice

^۳ Environmental justice: عدالت محیط زیستی به عنوان "توزیع عادلانه اثرات مثبت و منفی وارده بر محیط زیست در دسته های مختلف نژادی، قومی و درآمدی" تعریف شده است. محیط زیست در این تعریف، شامل اثرات اکولوژیک، اقتصادی و اجتماعی است.

^۴ Social inclusion: فراگیری اجتماعی به این معناست که هر کسی به اندازه کافی می تواند در فعالیت ها و فرصت های مهم مشارکت کند، و از جمله به خدمات، آموزش، اشتغال، و تصمیم گیری دسترسی داشته باشد.

^۵ جان راولز (Rawls, 1971) پایه ای نظری برای عدالت عمودی ارائه نموده است. او استدلال می کند که کالاهای اولیه اجتماعی (آزادی، فرصت و ثروت) باید به طور مساوی یا به نفع مردم کمتر بهره مند توزیع شوند.

⁶ progressive

⁷ regressive

⁸ Universal design

⁹ Accessible

¹ Inclusive

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

مارتنز و همکاران ملاک توزیع عادلانه هر کالا را معنای اجتماعی آن کالا دانسته‌اند. به طور مثال، در تعریف اجتماعی، کالاهایی مانند نان جزو کالاهای ضروری و لوازم حیات همگان هستند. در نتیجه به منظور برقراری عدالت، لازم است به طور یکنواخت در پهنه شهری توزیع شوند. اما برای کالاهای لوکس با توجه به تعریف اجتماعی آن و استفاده از آن توسط گروههای خاصی از جامعه، توزیع فضایی عرضه بر اساس قواعد بازار تقاضا تعیین می‌شود [8].

لینوسکی و همکاران در پژوهشی به نحوه بررسی عادلانه بودن طرز قرارگیری خطوط BRT پرداخته‌اند. در این مقاله سعی شده به سه سوال اصلی پرداخته شود: (۱) متخصصین و سیاستمداران چگونه عدالت در حمل‌ونقل همگانی را توصیف می‌کنند؟، (۲) آیا تاثیرات رعایت عدالت، هنگام تصمیم‌گیری مسئولان مد نظر قرار گرفته است؟، (۳) چه هدف‌هایی از طریق سامانه اتوبوس‌های تندرو محقق شده است و چگونه گروههای بهره‌بردار آن اولویت‌گذاری شده‌اند؟. برای پیدا کردن پاسخ این سوال‌ها، در پرسش‌نامه‌هایی از مسئولین و مردم در رابطه با توزیع عادلانه منافع خطوط BRT که تا کنون اجرا شده‌اند سوالاتی شده‌است. این پژوهش برای سه شهر اتاوا، وینیپگ و یورک در کشور کانادا صورت گرفته است. پاسخ‌های پرسش‌شوندگان کدبندی شده و نتایج آن ارائه شده است. نتایج نشان‌دهنده این مطلب بود که مصاحبه‌شوندگان عدالت در حمل و نقل را در دسترسی افراد به حمل‌ونقل عمومی، دسترسی حمل‌ونقل عمومی به مقاصد (محل کار و تفریح افراد) و پوشش تمامی فضاهای شهری توسط حمل‌ونقل عمومی می‌دانند. اکثر تصمیم‌گیرندگان و مدیران عدالت عمودی را معیار بررسی قرار داده بودند در حالی که مردم عادی عدالت افقی را مد نظر قرار داده بودند [9].

در پژوهشی که در سال ۲۰۱۸ توسط اکبرزاده و همکاران صورت گرفته است به بررسی و توسعه روشی برای اندازه‌گیری عدالت در سامانه‌های حمل‌ونقل همگانی شهر اصفهان پرداخته شده‌است. در این مقاله علاوه بر ارائه چارچوب و روشی اجرایی جهت بررسی میزان عدالت حاصل از منافع حمل‌ونقل همگانی، شهر اصفهان نیز از این منظر مورد بررسی قرار گرفته و مشخص شده است که این شهر از نظر رعایت عدالت در توزیع منافع حمل‌ونقل همگانی در شرایط مطلوبی قرار ندارد [10].

کشور آمریکا بر خلاف بسیاری از کشورها یک آیین نامه مشخص برای بررسی عدالت در پروژه‌های حمل و نقلی و زیرساختی تحت عنوان VI of the Civil Rights Act, EO 12898 دارد. تمامی پروژه‌های زیرساختی و شهری باید پیش از گرفتن بودجه از فدرال نشان دهند که این اصل رعایت عدالت برای افراد کم درآمد، آسیب‌پذیر و با رنگ پوست متفاوت را شامل میشوند [11].

بر اساس مطالعات پیشینی که ارائه شد، مشخص می‌شود مسئله رعایت عدالت در توزیع منافع اجتماعی خدمات شهری دارای اهمیت زیادی است. به همین دلیل در صورتی که روشی ارائه شود که به وسیله آن بتوان میزان رعایت عدالت را اندازه‌گیری نمود، می‌توان با استفاده از آن پیش از توسعه شبکه‌های حمل‌ونقل عمومی، طرح‌های پیشنهادی را ارزیابی نمود تا مشخص شود که آیا در راستای رعایت عدالت می‌باشند یا خیر. همچنین به طراحان و مدیران برای جانمایی صحیح مکان‌های دارای اولویت در اجرای شبکه‌های حمل‌ونقلی و یا بهبود طرح‌های اجرا شده کمک نمود. در این مطالعه نیز سعی شده است تا چهارچوبی جهت اندازه‌گیری عدالت با توجه به نتایج عملی میزان استقبال ساکنین نواحی مختلف از حمل و نقل عمومی (تقاضا) یک شهر ارائه شود.

۳- روش پژوهش

هدف از متدولوژی ارائه شده در این تحقیق مقایسه تطبیق و یا عدم تطبیق دسترسی نواحی ترافیکی یک شهر به حمل و نقل عمومی با میزان استقبال ساکنین آن ناحیه از حمل و نقل عمومی است.

در این تحقیق برای ارزیابی عدالت در توزیع مزایای حمل‌ونقل عمومی در عمل، در اولین گام باید STTATT نواحی ترافیکی از ارگانهای مرتبطه گرفته شده و یا محاسبه شوند. این فاکتور، شاخص مناسبی برای مرتب کردن نواحی ترافیکی از منظر نیاز به حمل و

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

نقل عمومی ارائه می‌دهد. سپس مفهوم توان اتصال به عنوان شاخص توزیع دسترسی استفاده می‌شود [3]. سپس روش مقایسه عرضه و تقاضا ارائه شده است.

۳-۱- اندازه‌گیری میزان بهره‌مندی از منافع حمل‌ونقل همگانی

منافع حاصل از حمل‌ونقل همگانی شامل تحرک و دسترسی است. در این مقاله، به منظور ترکیب این دو شاخص، شاخص توان اتصالی استفاده شده است. ایستگاه، پل ارتباطی میان افراد و سامانه حمل‌ونقل همگانی است. بر این اساس، ولش و همکاران برای هر ایستگاه و به ازای هر خط گذرنده، مفهوم توان ورودی و خروجی را تعریف کردند [12]. میزان توان اتصالی در هر ایستگاه در برگزیده کیفیت خدمات ارائه شده توسط حمل‌ونقل همگانی در آن ایستگاه شامل حجم ناوگان، فرکانس، ظرفیت خط و سرعت میانگین است. مقدار توان ورودی $P_{l,n}^i$ و خروجی $P_{l,n}^o$ ایستگاه n ناشی از اتصال به خط l به ترتیب طبق روابط ۱ و ۲ به دست می‌آیند.

$$P_{l,n}^i = \alpha * C_l * f_l * H_l * D_{l,n}^i * V_l \quad (1)$$

$$P_{l,n}^o = \alpha * C_l * f_l * H_l * D_{l,n}^o * V_l \quad (2)$$

در این روابط، C_l ظرفیت هر خودرو، f_l فرکانس، H_l میزان ساعت سرویس‌دهی در طول شبانه‌روز، V_l سرعت خط، $D_{l,n}^i$ و $D_{l,n}^o$ به ترتیب فاصله تا آخرین ایستگاه و اولین ایستگاه خط است. ضریب α برابر معکوس حاصل ضرب میانگین شهری متغیرهای موجود در رابطه توان است و برای استانداردسازی و بی‌بعد نمودن توان در رابطه وارد شده است. توان اتصالی هر ایستگاه برای هر خط $P_{l,n}^t$ ، برابر میانگین توان ورودی و خروجی آن است.

$$P_{l,n}^t = (P_{l,n}^i + P_{l,n}^o) / 2 \quad (3)$$

توان کلی هر ایستگاه، برابر حاصل جمع توان خطوط گذرنده از آن است.

$$P_n^t = \sum_{l,n \in l} P_{l,n}^t \quad (4)$$

پس از مشخص شدن میزان نیاز بالقوه هر ناحیه و میزان خدمات سامانه حمل‌ونقل همگانی ارائه شده در نواحی، جهت سنجش توزیع مناسب میان این دو از ضریب جینی استفاده شده است که در ادامه توضیح داده شده است.

۳-۲- مقایسه تناسب عرضه و نیاز

به منظور سنجش وجود عدالت در توزیع میان خدمات ارائه شده و میزان نیاز شهروندان ساکن در آن ناحیه، ابتدا نواحی ترافیکی شهر تهران از منظر نیاز ساکنان به خدمات حمل‌ونقل همگانی مرتب شد. در فهرست جداگانه‌ای، نواحی ترافیکی از منظر توان اتصالی ایستگاههای موجود در ناحیه مرتب شدند و رتبه هر ناحیه در هر یک از فهرست‌ها معلوم شد. یکسانی و یا دست کم شباهت رتبه نواحی در این دو فهرست به معنی تناسب عرضه و نیاز در پهنه شهری است.

۳-۳- ارزیابی تقاضا برای حمل‌ونقل عمومی در عمل

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

برای ارزیابی تقاضا برای حمل و نقل عمومی در هر ناحیه ترافیکی در عمل، میزان STTATT برای هر ناحیه محاسبه و استفاده می شود [2]. این پارامتر نشان می دهد که چند درصد از سفرها در یک شهر به وسیله حمل و نقل عمومی انجام می شوند و چند درصد با سایر مدها انجام می شوند. استفاده از این پارامتر و اطلاعات اندازه گیری دسترسی نواحی ترافیکی می تواند مشخص کند که در عمل، چه نواحی ترافیکی بیش از نیازشان خدمات حمل و نقل عمومی دریافت می کنند و چه مناطقی نیاز به افزایش خدمات دارند.

۴-۳- مقایسه تطبیق عرضه و تقاضا

به منظور سنجش وجود عدالت در توزیع میان خدمات ارائه شده و میزان نیاز شهروندان ساکن در آن ناحیه، ابتدا نواحی ترافیکی شهر تهران از منظر نیاز ساکنان به خدمات حمل و نقل همگانی مرتب شد. در فهرست جداگانه ای، نواحی ترافیکی از منظر توان اتصالی ایستگاههای موجود در ناحیه مرتب شدند و رتبه هر ناحیه در هر یک از فهرستها معلوم شد. یکسانی و یا دست کم شباهت رتبه نواحی در این دو فهرست به معنی تناسب عرضه و نیاز در پهنه شهری است.

۵-۳- شاخص نابرابری (ضریب جینی)

به منظور سنجش میزان نابرابری در توزیع منافع حاصل از سامانه سامانه حمل و نقل همگانی در سطح شهر، ضریب جینی مورد استفاده قرار گرفت. از منظر اقتصادی، برابری کامل عبارت است از وضعیتی که در آن، تمامی منافع یک فرآیند به صورت برابر میان افراد جامعه توزیع گردد [13]. نمایه این وضعیت نیمساز ربع اول در دستگاه دویعدی است.

ضریب جینی نمایانگر فاصله وضعیت فعلی از وضعیت ایده آل یعنی برابری کامل است. در واقع ضریب جینی سطح بین دو نمودار برابری کامل و وضعیت وجود را بیان می نماید. تعریف ریاضی ضریب جینی به شرح زیر است:

$$G_a = 1 - \sum_{k=1}^n (X_k - X_{k-1})(Y_k + Y_{k-1}) \quad (5)$$

در بهترین وضعیت یعنی یکسان بودن وضعیت موجود با حالت برابری کامل، مقدار این ضریب برابر با صفر و در بدترین حالت برابر با یک است. با محاسبه نحوه توزیع منافع حاصل از سامانه سامانه حمل و نقل همگانی می توان درباره میزان برقراری عدالت عمودی به صورت کمی بحث نمود.

۴- مطالعه موردی

در این پژوهش شهر تهران به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده و نحوه توزیع خدمات سامانه حمل و نقل همگانی و رعایت عدالت در آن مورد بررسی قرار گرفته است. بر این اساس ابتدا اطلاعات مربوط به سامانه اتوبوسهای تندرو که شامل ۱۰ خط و ۲۳۵ ایستگاه فعال و مترو که دارای ۷ خط و ۱۱۵ ایستگاه (در تاریخ بهمن ۱۳۹۹) در شهر تهران می باشد دریافت شده و سپس روند محاسبه اجرای عدالت بررسی شده و در پایان نتایج آن ارائه شده است.

۱-۴- محاسبه توان ایستگاهها

به منظور محاسبه توان ورودی و خروجی ایستگاههای حمل و نقل عمومی در شهر تهران، از روابط ۱ و ۲ استفاده شده و داده های فرکانس، سرعت، ساعت کاری روزانه و حجم ناوگان کلیه این خطوط از شرکت واحد اتوبوسرانی شهر تهران و حومه دریافت شد. موارد

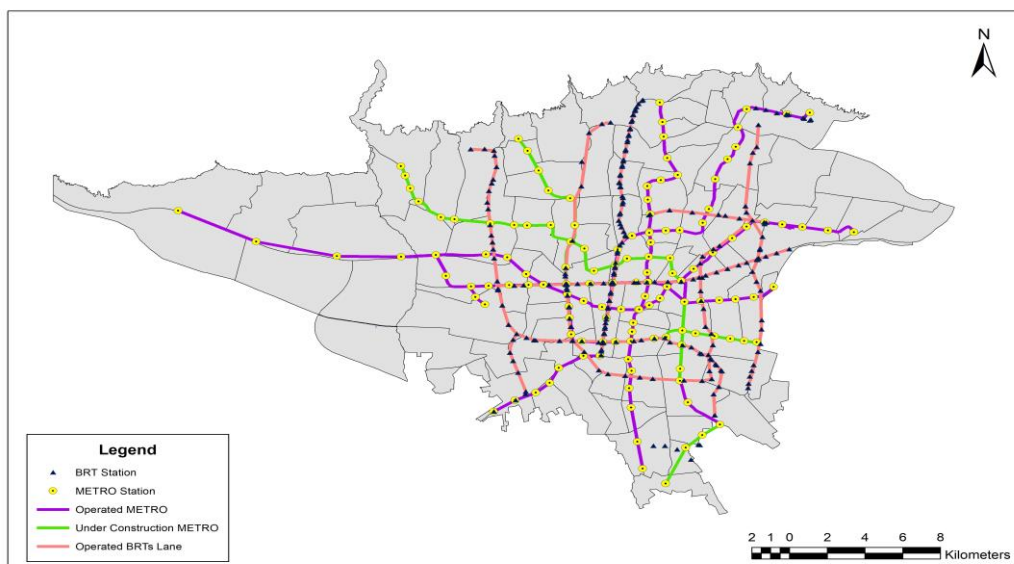
یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

کمی از نقص در داده‌های فرکانس سرویس خطوط موجود بود که با استفاده از میانگین مقدار پارامتر مورد نظر در کلیه خطوط، تکمیل شد. برای هر ایستگاه توان ورودی و خروجی محاسبه شد و میانگین این دو مقدار به عنوان توان کلی حاصل از گذر خط L در ایستگاه I تعیین گردید. با جمع خطوط گذرنده از هر ایستگاه توان حمل و نقلی که هر ایستگاه در اختیار شهروندان قرار می‌دهد، محاسبه شد.

شکل ۱ توزیع ایستگاهها را در شهر تهران در بهمن ۱۳۹۹ را نشان می‌دهد.



شکل ۱- توزیع ایستگاهها و خطوط اتوبوس های تندرو در سطح شهر تهران در وضع موجود

۴-۲- توزیع توان ایستگاهها

با مشخص شدن توان ایستگاهها، جهت مشخص نمودن میزان عرضه خدمات سامانه اتوبوس‌های تندرو در هر ناحیه ترافیکی، توان ایستگاههای موجود در هر ناحیه ترافیکی تجمیع گردید.

پس از بررسی وضعیت عرضه، برای ارزیابی تقاضا برای حمل و نقل عمومی در هر ناحیه ترافیکی، میزان STTATT برای هر ناحیه مورد توجه قرار گرفت. به طور معمول این دسته از افراد جهت انجام مسافرت‌های روزانه خود نیازمند به استفاده از حمل و نقل همگانی هستند، بنابراین این دسته از افراد نیاز بالفعل به خدمات سامانه‌های حمل و نقل عمومی دارند. علت همفرونی اطلاعات در مقیاس ناحیه ترافیکی آن بود که داده‌های مربوط به جمعیت و سهم سفر افراد از حمل و نقل عمومی، در این مقیاس موجود بودند. این اطلاعات از آمار برداشت شده نفوس و مسکن سال ۱۳۹۹ به دست آمده‌اند.

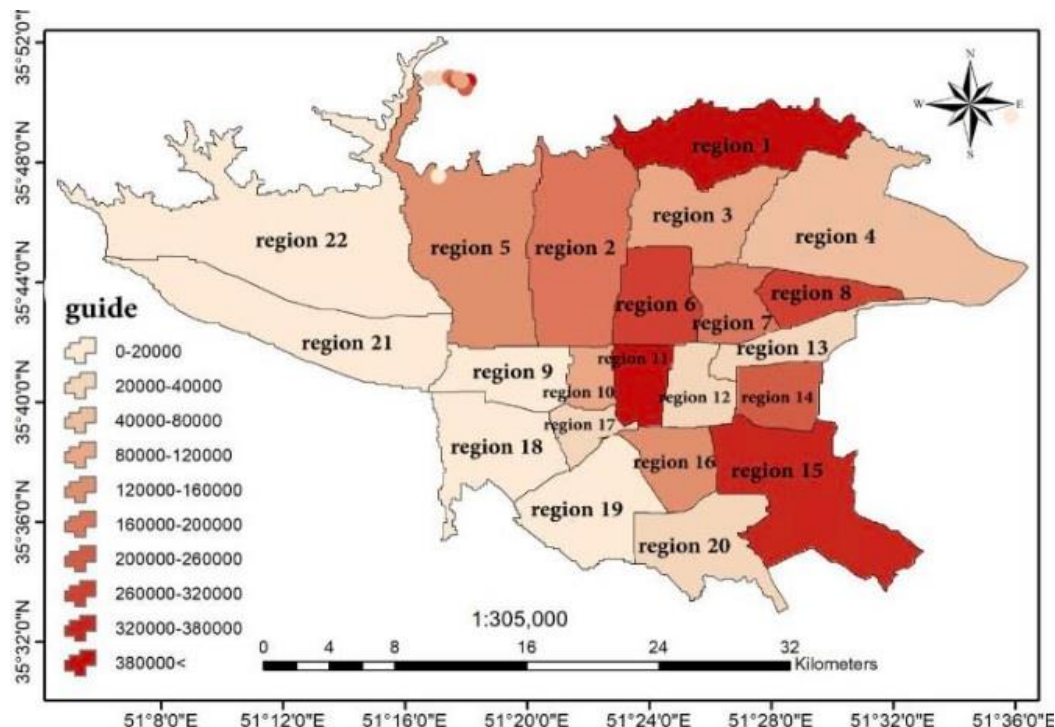
یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

برای انجام مطالعه موردی ابتدا اطلاعات ایستگاههای حمل و نقل عمومی در سطح شهر تهران برداشت شده است. این اطلاعات شامل داده های فرکانس، سرعت، ساعت کاری روزانه و حجم ناوگان کلیه این خطوط دریافت شد؛ تا بتوان طبق رابطه ۱ و ۲ توان ورودی و خروجی هر ایستگاه را محاسبه نمود. این محاسبات برای مجموعاً ۲۵۳ ایستگاهی که در حال حاضر فعال می باشند انجام شده است. سپس مشخص شد که هر یک از این ایستگاهها در کدام یک از مناطق شهر تهران واقع شده اند و با تجمیع توان ایستگاههای واقع شده در هر یک از مناطق، توان عرضه خدمات اتوبوس های تندروی آن منطقه محاسبه شده است.

توان مناطق گوناگون شهر تهران در ارائه خدمات حمل و نقل عمومی (اعم از مترو، اتوبوس بی آر تی، اتوبوس و...) محاسبه شده و نتایج آن در شکل ۲ ارائه شده است. به منظور سهولت نمایش و تحلیل، نواحی ترافیکی از منظر توان به ده دهک تقسیم شده اند، به نحوی که دهک اول بهترین و دهک دهم بدترین وضعیت از نظر ارائه توان را دارند.



شکل ۲- توزیع توان ایستگاهها و خطوط حمل و نقل عمومی در سطح شهر تهران در وضع موجود

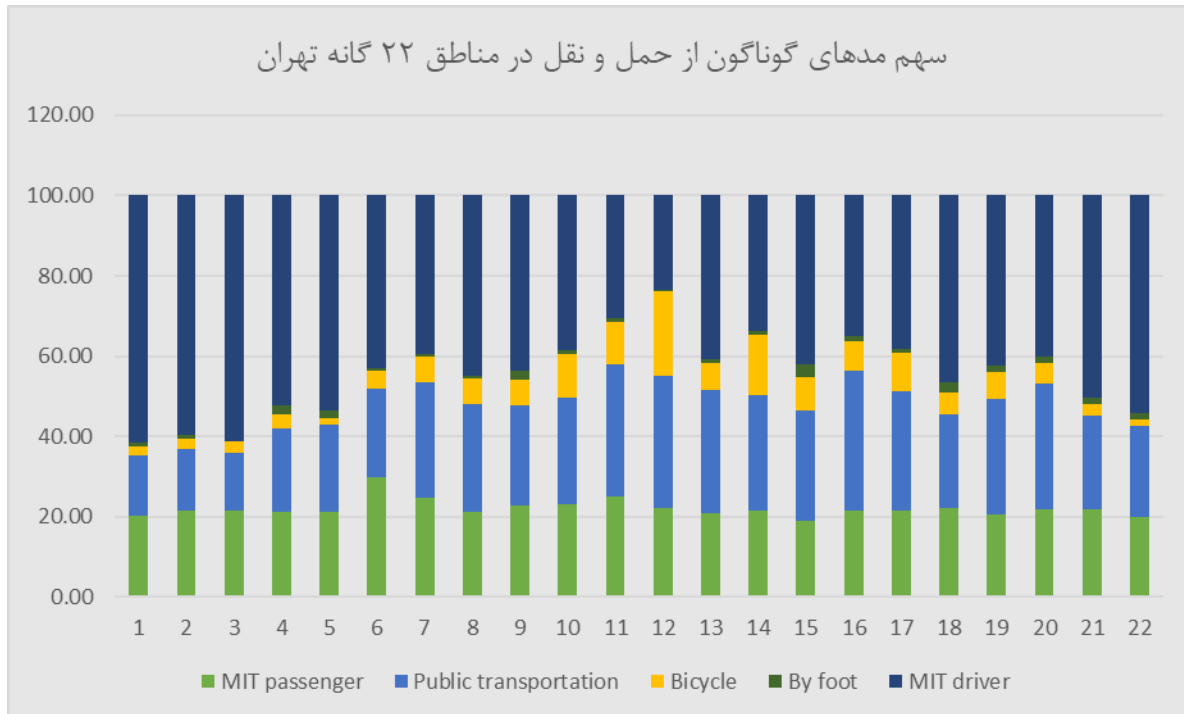
۳-۴- طبقه بندی نواحی ترافیکی بر اساس تقاضای عملی بر اساس STATT

ارزیابی تقاضای حمل و نقل عمومی در عمل در هر یک از نواحی ترافیکی تهران با بررسی STATT هر ناحیه ترافیکی انجام شده است. این پارامتر را با استفاده از آمار ارائه شده از معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری محاسبه شده است. در شکل ۳ میزان STATT نواحی گوناگون شهر تهران به صورت نموداری نشان داده شده است.

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir



شکل ۳- سهم مدهای مختلف حمل و نقل از سفرهای روزانه در مناطق شهر تهران

۴-۴- محاسبه میزان تعادل عرضه و تقاضا

تناسب توزیع بین عرضه و تقاضا با مقایسه توزیع توان (عرضه) و نیاز حمل و نقل همگانی (تقاضا) در نواحی ترافیکی انجام شد. به این منظور، ابتدا با تقسیم مقادیر توان (P_i) و نیاز هر ناحیه (N_i) به مقادیر بیشینه متنظر (N_{max} , P_{max})، مقادیر نرمال شده توان و نیاز هر ناحیه محاسبه شد. سپس میزان عدم توازن هر ناحیه A (نسبت بین عرضه و تقاضا با تقسیم مقادیر نرمال شده نیاز بر توان هر ناحیه (B_i) به دست آمد [10]

$$B_i = \left(\frac{N_i}{N_{max}} \right) / \left(\frac{P_i}{P_{max}} \right) \quad (6)$$

۴-۵- سنجش عدالت اجتماعی در توزیع میان عرضه و تقاضا با منحنی لورنز

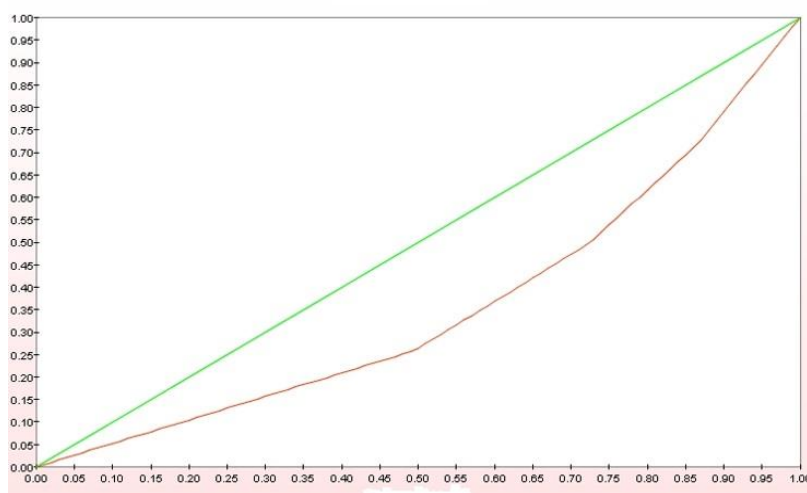
به منظور سنجش عدالت، دو رویکرد مورد استفاده قرار گرفت. رویکرد نخست عبارت بود از مقایسه عرضه و تقاضا در مناطق گوناگون شهر تهران، که پیش از این ارائه شد. رویکرد دوم عبارت است از استفاده از ضریب جینی برای ارزیابی توزیع توان حمل و نقل عمومی بین جمعیت در نواحی مختلف ترافیکی شهر. مقدار بزرگی ضریب جینی نشان دهنده فاصله وضعیت از شرایط عدالت کامل است که در بهترین وضعیت این ضریب برابر با صفر و در بدترین وضعیت برابر با یک است. مقدار ضریب جینی برای توزیع منافع حاصل از حمل و نقل عمومی

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

در شهر تهران محاسبه شده و برابر ۰/۲۹ می باشد که نشان دهنده وضعیت مطلوبی از نظر رعایت توزیع منافع حاصل از سامانه های حمل و نقل عمومی نمی باشد. این ضریب بعد از اجرای طرح های در حال احداث حمل و نقل عمومی به ۰/۳ می رسد. شکل ۴ منحنی لورنز و خط نیمساز (عدالت کامل) را برای این وضعیت نشان می دهد.



شکل ۴- منحنی لورنز توزیع توان حمل و نقل عمومی در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران

۵- نتیجه گیری

هدف اصلی از انجام این مطالعه توسعه یک چهارچوب برای بررسی این مسئله است که آیا توزیع جغرافیایی منافع حمل و نقل عمومی در نواحی گوناگون شهر بر پایه تقاضای آنهاست یا خیر. این مطلب، اصل عدالت عمودی است. اهمیت رعایت عدالت در توزیع منافع حمل و نقل عمومی به اندازه ای است که در برخی کشورها سازمان هایی تشکیل شده اند تا پیش از تخصیص بودجه به یک پروژه شهری ابتدا آن پروژه را از این نظر بررسی نمایند و تنها در صورت تایید آن ها بودجه مورد نظر تصویب می شود. متدولوژی این مطالعه بر پایه ترکیب دسترسی و تحرک و استفاده از مفهوم توان اتصال توسعه یافته است. توان اتصال یک ایستگاه حمل و نقل عمومی تابعی از ویژگی های کارکردی (فرکانس، سرعت، تعداد ایستگاه تا پایان خط) و تعداد خطوط گذرنده از آن است. تقاضای حمل و نقل عمومی در هر ایستگاه نیز با استفاده از میزان استقبال از استفاده از حمل و نقل عمومی در هر منطقه محاسبه شده است. در این تحقیق، نواحی ترافیکی در شهرها به عنوان واحدهایی در نظر گرفته شده اند که در آنها، سهم سفرهای انجام شده با حمل و نقل عمومی از میان کل سفرهای روزانه ((Share of Transit Trips Among the Total Trips (STTATT)) به عنوان معیار استقبال و نیاز افراد هر ناحیه به حمل و نقل عمومی در نظر گرفته می شود [2]. پس از محاسبه و تعیین عرضه و تقاضا در هر ناحیه ترافیکی، دو لیست باید آماده شوند که در یکی از آنها نواحی ترافیکی به ترتیب نیاز و در لیست دیگر بر پایه عرضه مرتب می شوند. با مقایسه این دو لیست میزان برقراری عدالت در توزیع منافع حمل و نقل عمومی مشخص می گردد. دومین رویکرد جهت تعیین میزان رعایت عدالت، تعیین ضریب جینی در توزیع توان اتصال حمل و نقل عمومی در نواحی گوناگون ترافیکی است. میزان ضریب جینی فاصله بین وضعیت موجود و حالت عدالت کامل را نشان می دهد.

در نهایت، برای بررسی متدولوژی ارائه شده در این تحقیق، شهر تهران به عنوان مطالعه موردی در دو وضعیت حال و آینده (سال ۱۴۰۱) مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد که در وضعیت موجود، ضریب جینی توزیع منافع حمل و نقل عمومی برابر ۰/۲۹ است.

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

همچنین بعد از احداث و تکمیل ایستگاههای در حال ساخت، این ضریب به ۰/۳ می‌رسد. در مورد شهر تهران جهت افزایش عدالت در توزیع خدمات حمل و نقل عمومی احداث خطوطی که نواحی غربی و جنوبی شهر را به نواحی شمالی متصل کند، پیشنهاد می‌شود.

۶-مراجع

- [1] T. Litman, "Evaluating Transportation Equity Guidance for Incorporating Distributional Impacts in Transportation Planning by," vol. 8, no. 2, pp. 50–65, 2021.
- [2] A. Shirmohammadi, C. Louen, and D. Vallée, "Exploring mobility equity in a society undergoing changes in travel behavior: A case study of Aachen, Germany," vol. 46, pp. 32–39, 2019, doi: 10.1016/j.tranpol.2015.11.006.
- [3] A. M. Ricciardi, J. C. Xia, and G. Currie, "Exploring public transport equity between separate disadvantaged cohorts: a case study in Perth, Australia," *J. Transp. Geogr.*, vol. 43, pp. 111–122, 2017.
- [4] A. M. Boroujerdian, E. Seyedabrishami, and H. Akbarpour, "Analysis of Geometric Design Impacts on Vehicle Operating Speed on Two-Lane Rural Roads," *Procedia Eng.*, vol. 161, pp. 1144–1151, 2016, doi: 10.1016/j.proeng.2016.08.529.
- [5] N. Foth, K. Manaugh, and A. M. El-Geneidy, "Towards equitable transit: examining transit accessibility and social need in Toronto, Canada, 1996–2006," *J. Transp. Geogr.*, vol. 29, pp. 1–10, 2014.
- [6] T. Litman, "Evaluating transportation equity," *World Transp. Policy Pract.*, vol. 8, no. 2, pp. 50–65, 2002.
- [7] A. T. Murray and R. Davis, "Equity in regional service provision," *J. Reg. Sci.*, vol. 41, no. 4, pp. 557–600, 2001, doi: 10.1111/0022-4146.00233.
- [8] K. Martens, A. Golub, and G. Robinson, "A justice-theoretic approach to the distribution of transportation benefits: Implications for transportation planning practice in the United States," *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 46, no. 4, pp. 684–695, 2012.
- [9] O. Linovski, D. M. Baker, and K. Manaugh, "Equity in practice? Evaluations of equity in planning for bus rapid transit," *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 113, no. August 2017, pp. 75–87, 2020, doi: 10.1016/j.tra.2018.03.030.
- [10] اکبرزاده، مرتضوی، سیدامیرحسین، "توسعه روشی برای اندازه‌گیری عدالت در سامانه‌های حمل‌ونقل همگانی شهری،" *فصلنامه علمی-پژوهشی مهندسی حمل و نقل*, vol. 9, no. 3, pp. 313–326, 2018.
- [11] A. Karner and D. Niemeier, "Civil rights guidance and equity analysis methods for regional transportation plans: a critical review of literature and practice," *J. Transp. Geogr.*, vol. 33, pp. 126–134, 2014.
- [12] S. Mishra, T. F. Welch, and M. K. Jha, "Performance indicators for public transit connectivity in multi-modal transportation networks," *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 46, no. 7, pp. 1066–1085, 2012, doi: 10.1016/j.tra.2012.04.006.
- [13] T. F. Welch, "Equity in transport: The distribution of transit access and connectivity among affordable housing units," *Transp. policy*, vol. 30, pp. 283–293, 2014.

یازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir