



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۷۷۸۶-۲۹۸۰-ISSN

زمان چاپ: ۱۴۰۲/۰۳/۲۰

شماره مجوز مجله: ۸۰۴۰۰

بررسی اثر طول خطوط قطارشهری بر سهم قطارشهری از سفرهای درون شهری شهر تهران

امید شیخی^۱، رضا امین^۲، علی خدایی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی حمل و نقل، دانشکده‌ی مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

۲- کارشناس ارشد مهندسی حمل و نقل، دانشکده‌ی مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

۳- استاد تمام گروه راه و ترابری، دانشکده‌ی مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

پست الکترونیک نویسنده‌ی مسئول: omid.sheikhi@aut.ac.ir

چکیده

افزایش جمعیت شهر تهران طی دهه‌های گذشته منجر به افزایش خودروهای شخصی و افزایش سفرهای درون شهری شهروندان شده است. از پیامدهای ناشی از این اتفاق می‌توان به آلودگی هوا و تراکم ترافیک خیابان‌های شهر تهران اشاره کرد. یکی از روش‌های کنترل ترافیک شهری، استفاده از حمل و نقل ریلی مانند قطارشهری می‌باشد. یکی از مسائلی که در حوزه‌ی حمل و نقل ریلی مطرح می‌شود، شناخت عوامل اثرگذار بر افزایش سهم قطارشهری از سفرهای درون شهری می‌باشد. در این پژوهش اثر طول خطوط قطارشهری بر سهم قطارشهری از سفرهای درون شهری شهر تهران مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. روند بررسی به این صورت بود که بعد از گردآوری اطلاعات از منابع معتبر مانند شهرداری و سازمان حمل و نقل و ترافیک شهر تهران، تجزیه و تحلیل همبستگی با استفاده از زبان برنامه‌نویسی آر انجام گرفت و مشخص شد که طول خطوط قطارشهری همبستگی مثبت و معناداری با سهم قطارشهری از سفرهای درون شهری دارد.

کلمات کلیدی: طول خطوط قطارشهری، سهم قطارشهری، حمل و نقل همگانی، شهر تهران

۱- مقدمه

مطابق پیش‌بینی سازمان ملل تا سال ۲۰۵۰ میلادی بیش از ۶۶ درصد از جمعیت کره‌ی زمین، شهرنشین خواهند شد (سازمان ملل متحد، وزارت امور اقتصادی و اجتماعی، ۲۰۱۴). در نتیجه، اجتماع انسانی به سرعت در حال شهرنشینی است. طبق تحقیقات بایروخ^۱ و گورتز^۲ در سال ۱۹۸۶، صنعتی شدن جوامع که باعث رشد اقتصادی می‌شود، حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد بر رشد شهرنشینی تأثیرگذار بوده و توسعه‌ی اقتصادی به کاهش فعالیت در بخش کشاورزی و افزایش فعالیت در بخش صنعت تمایل داشته است

¹ Bairoch

² Goertz



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۷۷۸۶-۲۹۸۰-ISSN

(بایروخ و گورتز، ۱۹۸۶: ۳۰۵-۲۸۵). در نتیجه، توسعه اقتصادی باعث توسعه شهرها و افزایش فرصت‌های شغلی در این مناطق شده است.

افزایش شهرنشینی منجر به افزایش سفرهای درون شهری شهروندان می‌شود. استفاده از حمل‌ونقل شخصی به تنهایی برای پاسخ‌گویی به تقاضای سفر افزایش‌یافته‌ی شهروندان به دلایلی مانند افزایش زمان سفر، تراکم و آلودگی مناسب نیست. برای جابه‌جایی مسافران در شهرهای با تراکم جمعیتی بالا مطالعات متعددی مانند مطالعه‌ی گلدشتاین^۱ و گرونبرگ^۲ در سال ۱۹۸۴ که در مورد تأثیر مثبت حمل‌ونقل همگانی و سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی انبوه‌بر بود، انجام شده است (گلدشتاین و گرونبرگ، ۱۹۸۴: ۱۰۴-۹۱). همچنین، یکی از راه‌های گام نهادن در مسیر توسعه‌ی پایدار کاهش خودروهای تک‌سرنشین و افزایش استفاده از حمل‌ونقل همگانی می‌باشد.

طبق مطالعه‌ی بابایی و ساجدی در سال ۱۳۹۹ سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی بیش از سایر راه‌حل‌های تجربه شده در بخش حمل‌ونقل شهرهای بزرگ موفقیت‌آمیز بوده است (بابایی و ساجدی، ۱۳۹۹: ۲۵-۱۱). برای بررسی شیوه‌ی قطار شهری که جز سیستم حمل‌ونقل ریلی انبوه‌بر می‌باشد باید ابتدا آن را تعریف کرد. به‌پیروی از اتحادیه‌ی بین‌المللی حمل‌ونقل همگانی^۳ (UITP)، سیستم قطار شهری به این شرح، تعریف و مورد توجه قرار گرفته است: «سیستم حمل‌ونقل هدایت شده‌ی شهری که در اغلب موارد روی ریل قرار گرفته و دارای حق مسیر اختصاصی بوده و هیچ‌گونه تداخلی با سایر شیوه‌های حمل‌ونقل ندارد. این طراحی امکان حرکت قطارهای با ظرفیت بالا در فاصله‌ی زمانی کم و سرعت زیاد را فراهم می‌آورد و بنابراین، برای جابه‌جایی حجم انبوه مسافران مناسب است» (اتحادیه‌ی بین‌المللی حمل‌ونقل همگانی، ۲۰۰۱).

شهر تهران طبق اطلاعات گزیده‌ی آمار و اطلاعات حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران در سال ۱۴۰۰، دارای جمعیتی برابر با ۹/۷ میلیون نفر می‌باشد که این افراد در ۲۲ منطقه‌ی شهرداری پراکنده شده‌اند. تعداد سفرهای روزانه‌ی درون شهری در تهران در سال ۱۴۰۰ برابر با ۱۹/۸ میلیون سفر گزارش شده است که از این تعداد سفر، تنها ۴۴/۲۷ درصد از آن سهم حمل‌ونقل همگانی بوده است. متوسط زمان یک سفر درون شهری در شهر تهران در سال ۱۴۰۰ برابر با ۲۲/۳۷ دقیقه گزارش شده است (گزیده‌ی آمار حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران، ۱۴۰۰: ۲۵۲).

در سال ۱۳۷۷ با افتتاح قطار شهری تهران-کرج نخستین قدم‌ها برای توسعه‌ی قطار شهری در تهران برداشته و تا به امروز ۷ خط مترو در تهران فعال شده است و همچنان توسعه‌ی خطوط مترو ادامه دارد (شرکت بهره‌برداری راه‌آهن شهری تهران و حومه، ۱۴۰۰). یکی از فرضیاتی که در حوزه‌ی حمل‌ونقل همگانی وجود دارد، تأثیر مستقیم گسترش شبکه (افزایش تعداد ایستگاه‌ها و طول خطوط) و سهم حمل‌ونقل همگانی می‌باشد. هدف این مطالعه بررسی اثر طول خطوط قطار شهری بر سهم قطار شهری از سفرهای درون شهری شهر تهران می‌باشد؛ به این معنا که آیا افزایش طول خطوط قطار شهری تأثیر معناداری بر روی سهم آن از سفرهای درون شهری داشته است یا خیر. گسترش شبکه‌ی قطار شهری علاوه‌بر اینکه در مباحث مربوط به مدیریت شهری اهمیت دارد، نیازمند سرمایه‌گذاری قابل توجهی برای ساخت و بهره‌برداری است؛ به همین منظور مشخص کردن تأثیر طول خطوط قطار شهری بر سهم آن از سفرهای درون شهری امری ضروری است.

ادامه‌ی این مقاله به این صورت ارائه می‌شود: در بخش ۲، مطالعات پیشین مرور می‌شوند. روش تحقیق در بخش ۳ شرح داده می‌شود. تحلیل داده‌ها در بخش ۴ ارائه می‌شود. نتیجه‌گیری‌های بعمل آمده به همراه زمینه‌های تحقیقاتی آینده نیز در بخش ۵ بیان می‌گردند.

¹ Goldstein

² Gronberg

³ Union Internationale des Transports Publics



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۷۷۸۶-۲۹۸۰-ISSN

۲- پیشینه‌ی تحقیق

گسترش شبکه‌ی قطار شهری و افزایش سهم قطار شهری دو موضوع مهم در حمل‌ونقل ریلی و همگانی می‌باشند که به‌صورت جداگانه مطالعاتی در مورد تأثیر آن‌ها و عوامل تأثیرگذار بر آن‌ها انجام شده است. اکثر مطالعاتی که در اقصی نقاط جهان به افزایش سهم قطار شهری از شیوه‌های حمل‌ونقل همگانی پرداخته‌اند، در حوزه‌ی کیفیت خدمات و سطح سرویس قطار شهری قرار می‌گیرند. برای مثال در مطالعه‌ی ماچادو-لئون^۱ و همکاران در سال ۲۰۱۷ مشخص شد که در دسترس بودن، زمان سفر، ایمنی و راحتی ویژگی‌های کلیدی تأثیرگذار بر کیفیت خدمات قطار شهری در کشور الجزایر محسوب می‌شوند (ماچادو-لئون و همکاران، ۲۰۱۷: ۱۸۵-۱۷۵). مطالعه‌ی دیگری توسط مجومدار^۲ و همکاران در سال ۲۰۲۰ در کشور هند نشان داد که قیمت بلیط، پوشش خدمات و تواتر ویژگی‌هایی هستند که بر کیفیت خدمات تأثیر می‌گذارند و باعث جذب مسافران می‌شوند (مجومدار و همکاران، ۲۰۲۰). مطالعاتی نیز برای بررسی کیفیت خدمات قطار شهری تهران قبل و حین همه‌گیری کرونا انجام شده است که طبق مطالعه‌ی سلطان‌پور و همکاران در سال ۲۰۲۰ قبل از همه‌گیری کرونا ویژگی‌های تأثیرگذار بر کیفیت خدمات شامل زمان سفر، زمان انتظار، هزینه‌ی بلیط و دسترسی به ایستگاه‌های قطار شهری بودند (سلطان‌پور و همکاران، ۲۰۲۰)؛ همچنین، طبق مطالعه‌ی آقاجان زاده و همکاران در سال ۲۰۲۰ در حین همه‌گیری کرونا ویژگی‌های تأثیرگذار به پاکیزگی، امنیت، ازدحام و تهویه تغییر پیدا کردند (آقاجان زاده و همکاران، ۲۰۲۰). بررسی و مطالعه‌ی تحقیقاتی که در مورد کیفیت خدمات قطار شهری صورت گرفته است به این دلیل به پیشبرد این تحقیق کمک می‌کند که با شناخت عواملی که باعث جذب مسافران می‌شود می‌توان سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها را در راستای آن عوامل اعمال کرد؛ در صورتی که سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های آتی (از جمله گسترش شبکه‌ی قطار شهری) باعث افزایش عوامل اشاره شده در مطالعات پیشین شوند باید انتظار افزایش سهم قطار شهری از سفرهای درون شهری را داشت. کارایی مترو در کاهش هزینه، مصرف منابع و آلودگی هوا غیر قابل انکار است. در جدول ۱ میزان صرفه‌جویی در هزینه‌های شهری در اثر بهره‌برداری از خطوط قطار شهری شهر تهران ارائه شده است (گزیده‌ی آمار حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران، ۱۴۰۰: ۲۹).

جدول (۱): میزان صرفه‌جویی در هزینه‌های شهری در اثر بهره‌برداری از خطوط قطار شهری (گزیده‌ی آمار حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران در سال ۱۴۰۰).

نوع صرفه‌جویی	سال ۱۴۰۰ (میلیارد ریال)	مجموع از ابتدای بهره‌برداری (میلیارد ریال)
مصرف سوخت	۱۱۴۲۳	۹۷۸۶۴
اتلاف وقت مسافران	۱۲۹۷۵	۱۰۷۹۶۸
بهداشت، درمان و نظافت ناشی از آلودگی هوا	۵۶۷۳	۵۱۸۸۲
استهلاک و لوازم یدکی خودروها	۴۲۴۱۶	۱۲۲۸۸۹
هزینه‌ی خسارت تصادف	۱۶۹۶۸	۴۹۱۷۲
تعمیر و نگهداری معابر شهری	۶۴	۱۶۶۲
جمع کل هزینه‌های صرفه‌جویی شده	۸۹۵۱۹	۴۳۱۴۳۷
جمع کل هزینه‌های صرفه‌جویی شده با احتساب تورم سالانه		۱۵۴۱۳۰۶

¹ Machado-Léon

² Majumdar



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۷۷۸۶-۲۹۸۰-ISSN

در ادامه برخی از مطالعاتی که به این موضوعات پرداخته‌اند مرور می‌شوند. توسعه‌ی حمل‌ونقل ریلی نقش مهمی در توسعه‌ی شهرها ایفا می‌کند و در مواردی باعث تغییر کاربری بعضی از مناطق شهری می‌شود. هوانگ^۱ در سال ۱۹۹۶ در مقاله‌ای به تأثیرات گسترش سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی شهری بر توسعه‌ی املاک در ایالات متحده و کانادا پرداخته است (هوانگ، ۱۹۹۶: ۳۰-۱۷). ژائو^۲ و شن^۳ در سال ۲۰۱۸ با استفاده از یک مدل لجیت چند جمله‌ای تلفیقی^۴ تأثیرات سیستم حمل‌ونقل ریلی شهری بر تغییرات کاربری زمین را پیش‌بینی کردند و نقشه‌های کاربری زمین شهر ووهان را برای آینده پیش‌بینی کردند (ژائو و شن، ۲۰۱۸: ۴۰۵-۳۹۶). چن^۵ و والی^۶ در سال ۲۰۱۲ تأثیرات گسترش شبکه‌ی قطار شهری را بر کیفیت هوا شهر تایپه تعیین کردند و متوجه شدند که گسترش شبکه‌ی قطار شهری، آلودگی ناشی از یکی از آلاینده‌های خروجی از آگروز خودروها یعنی مونوکسید کربن را بین ۵ تا ۱۵ درصد کاهش می‌دهد (چن و والی، ۲۰۱۲: ۹۷-۵۸). طبق تحقیقات سان^۷ و همکاران در سال ۲۰۱۹ ساخت‌وساز ریل شهری نسبت به بازسازی جاده‌های شهری تأثیر بیشتری بر بهبود کیفیت هوا دارد و به طور کلی حمل‌ونقل ریلی شهری در بلندمدت اثر کاهشی آلودگی هوا دارد در حالی که در کوتاه‌مدت اثر منفی بر کیفیت هوا دارد (سان و همکاران، ۲۰۱۹: ۹۵۷-۹۴۹). خاکساری رفسنجانی و همکاران در سال ۱۳۹۴ در مورد رابطه‌ی بین افزایش طول خطوط قطار شهری و کیفیت هوای شهر تهران مطالعه کردند و طبق تحقیقات آن‌ها نمی‌توان رابطه‌ی بین افزایش طول خطوط قطار شهری و کیفیت هوا در شهر تهران تا زمان نزدیک شدن این شهر به وضعیت قابل قبول از نظر توسعه‌ی خطوط قطار شهری پیدا کرد (خاکساری رفسنجانی و همکاران، ۱۳۹۴). در جدول ۲ خلاصه‌ای از دستاوردهای مطالعات مرور شده ارائه شده است.

جدول (۲): خلاصه‌ای از مطالعات انجام شده در زمینه‌ی افزایش سهم حمل‌ونقل همگانی و تأثیر گسترش شبکه‌ی قطار شهری.

منبع	سال	دستاورد
هوانگ	۱۹۹۶	ارزیابی تأثیرات گسترش سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی شهری بر توسعه‌ی املاک در ایالات متحده و کانادا.
چن و والی	۲۰۱۲	تعیین تأثیرات گسترش شبکه‌ی قطار شهری بر کیفیت هوا در شهر تایپه.
خاکساری رفسنجانی و همکاران	۱۳۹۴	بررسی رابطه‌ی بین افزایش طول خطوط قطار شهری و کیفیت هوای شهر تهران.
ماچادو-لئون و همکاران	۲۰۱۷	مشخص کردن ویژگی‌های تأثیرگذار بر کیفیت خدمات قطار شهری در کشور الجزایر.
ژائو و شن	۲۰۱۸	پیش‌بینی تأثیرات سیستم حمل‌ونقل ریلی شهری بر تغییرات کاربری زمین شهر ووهان.
سان و همکاران	۲۰۱۹	شناسایی تأثیرات گسترش شبکه‌ی قطار شهری بر کیفیت هوا در کشور چین و مقایسه‌ی دو رویکرد گسترش شبکه‌ی قطار شهری و بازسازی جاده‌های شهری.
مجومدار و همکاران	۲۰۲۰	شناسایی ویژگی‌های تأثیرگذار بر کیفیت خدمات قطار شهری در کشور هند.
سلطان‌پور و همکاران	۲۰۲۰	تعیین ویژگی‌های تأثیرگذار بر کیفیت خدمات قطار شهری شهر تهران قبل از همه‌گیری کرونا.
آقاجان زاده و همکاران	۲۰۲۰	مشخص کردن ویژگی‌های تأثیرگذار بر کیفیت خدمات قطار شهری شهر تهران در حین همه‌گیری کرونا.

¹ Huang

² Zhao

³ Shen

⁴ Consolidated Multinomial Logit

⁵ Chen

⁶ Whalley

⁷ Sun



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۷۷۸۶-۲۹۸۰-ISSN

۳- روش تحقیق

در پژوهش حاضر با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، اطلاعات مرتبط در زمینه‌ی تغییرات طول خطوط متروی شهر تهران و سهم قطار شهری از شیوه‌های حمل‌ونقل همگانی از مراجع و منابع قابل استناد مانند آمارنامه‌های شهرداری تهران در سال‌های مختلف، گزارش‌های عملکردی معاونت حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران و گزیده آمار حمل‌ونقل و ترافیک سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران در سال‌های مختلف جمع‌آوری شد و با استفاده از نمودار نقطه‌ای^۱ الگوهای بصری بین داده‌ها مشخص شد. پس از گردآوری اطلاعات باید با استفاده از آزمون‌های آماری تجزیه و تحلیل همبستگی داده‌ها صورت گیرد. آزمون آماری که برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در این پژوهش استفاده شد تحلیل همبستگی پیرسون^۲ بود. همان‌طور که اشاره شد این آزمون همبستگی دو متغیر را اندازه‌گیری می‌کند. بازه‌ی تغییرات ضریب همبستگی پیرسون از ۱ تا -۱ می‌باشد که در آن -۱ نشان‌دهنده‌ی همبستگی معکوس کامل، +۱ نشان‌دهنده‌ی همبستگی مستقیم کامل و صفر نشان‌دهنده‌ی عدم همبستگی دو متغیر است. پس از محاسبه‌ی ضریب همبستگی باید معناداری آن را با محاسبه‌ی مقدار p (p-value) مشخص کرد. به بیانی دیگر اگر همبستگی مثبت معناداری بین متغیرها وجود داشته باشد، می‌توان استنباط کرد که افزایش طول خطوط قطارشهری تأثیر مثبتی بر افزایش سهم قطارشهری در حمل‌ونقل همگانی دارد و اگر همبستگی معناداری وجود نداشته باشد، می‌توان نتیجه گرفت که این دو متغیر به هم مرتبط نیستند.

۴- تحلیل داده‌ها و نتایج

در جدول ۳ اطلاعات مربوط به طول خطوط قطارشهری، سهم قطارشهری و حمل‌ونقل همگانی از سفرهای درون شهری شهر تهران از منابع قابل استناد مانند آمارنامه‌ی شهرداری تهران و گزیده آمار حمل‌ونقل و ترافیک سازمان حمل‌ونقل شهر تهران استخراج شده است. همان‌طور که پیشتر اشاره شد قطارشهری تهران از سال ۱۳۷۷ شروع به کار کرد اما به دلیل عدم وجود اطلاعات از سهم قطارشهری از سفرهای درون شهری تا سال ۱۳۸۳، داده‌های مربوط به سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ از مجموعه‌ی داده حذف شدند. همچنین، به دلیل شیوع بیماری کرونا، اطلاعات مربوط به سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ از حالت طبیعی خارج شده و نمی‌توان آن‌ها را با سایر داده‌هایی که در شرایط طبیعی استخراج شده‌اند مقایسه کرد؛ به همین دلیل از داده‌های این دو سال نیز صرف نظر شده است. شایان ذکر است که تأثیر بیماری کرونا بر روی میزان سفر صورت پذیرفته با سامانه‌ی قطارشهری در اواخر سال ۱۳۹۸ نادیده گرفته شده است.

در شکل ۱ نمودار نقطه‌ای سهم قطارشهری از سفرهای درون شهری نسبت به طول خطوط قطارشهری در سال‌های مختلف شهر تهران ارائه شده است. همان‌طور که در این شکل نیز مشخص است، داده‌ها تا حدودی دارای الگوی خطی هستند؛ اما برای اطمینان از این مشاهده باید تجزیه و تحلیل همبستگی داده‌ها صورت گیرد. برای تجزیه و تحلیل همبستگی داده‌ها از زبان برنامه‌نویس آر^۳ استفاده شد که کد مربوطه، خروجی کد و نتایج آن به ترتیب در شکل‌های ۲، ۳ و جدول ۴ ارائه شده است. ضریب همبستگی طول خطوط قطارشهری و سهم قطارشهری از سفرهای درون شهری شهر تهران برابر با ۰/۶۰۷ به دست آمد که نشان‌دهنده‌ی وجود ارتباط مثبت بین این دو متغیر است؛ اما برای اطمینان از نتایج ارائه شده باید معناداری این ضریب هم مورد بررسی قرار گیرد. همان‌طور که در جدول ۴ مشخص است مقدار آماره‌ی t از قدرمطلق t بحرانی در سطح اطمینان ۹۵ درصد بیشتر بوده که این اتفاق به معنای رد شدن فرضیه‌ی صفر (عدم همبستگی دو متغیر مورد بحث) می‌باشد. در نتیجه، از نظر آماری ارتباط مثبت و معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین دو متغیر طول خطوط قطارشهری و سهم قطارشهری از

¹ Scatter plot

² Pearson correlation analysis

³ R



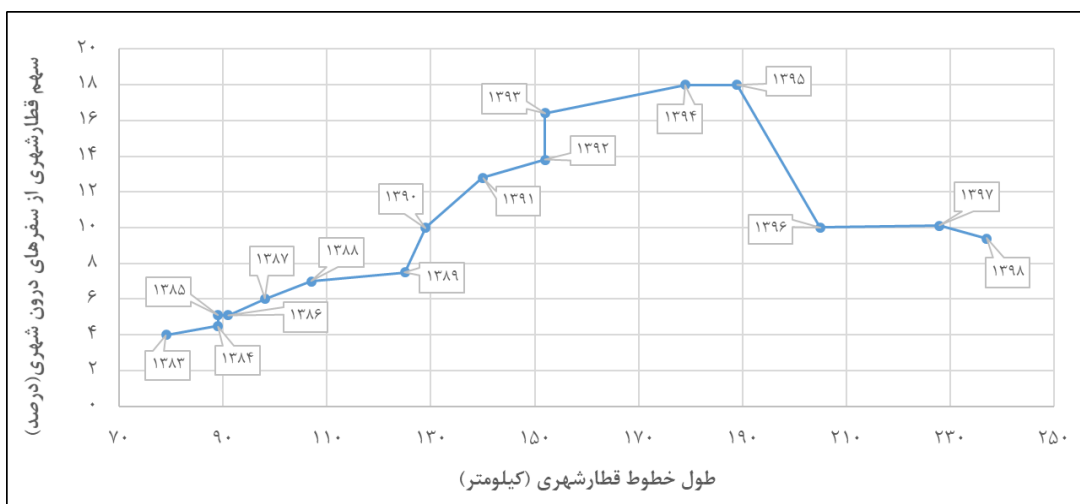
ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۷۷۸۶-۲۹۸۰-ISSN

سفرهای درون شهری وجود دارد. همچنین، کمتر بودن آماره‌ی p -value از ۰/۰۵ نیز دلیل دیگری برای اثبات ادعای مطرح شده است.

جدول (۳): اطلاعات مربوط به طول خطوط قطار شهری، سهم قطار شهری و حمل و نقل همگانی از سفرهای درون شهری در سال‌های مختلف (آمارنامه‌ی شهرداری تهران و گزیده آمار حمل و نقل و ترافیک سازمان حمل و نقل شهر تهران).

سال	طول خطوط قطار شهری (کیلومتر)	سهم قطار شهری از سفرهای درون شهری (درصد)	سهم حمل و نقل همگانی از سفرهای درون شهری (درصد)
۱۳۸۳	۷۹	۴	۴۸
۱۳۸۴	۸۹	۴/۵	۴۶
۱۳۸۵	۸۹	۵/۱	۴۷/۷
۱۳۸۶	۹۱	۵/۱	۴۷
۱۳۸۷	۹۸	۶	۴۷/۵
۱۳۸۸	۱۰۷	۷	۵۰
۱۳۸۹	۱۲۵	۷/۵	۵۳
۱۳۹۰	۱۲۹	۱۰	۵۴/۵
۱۳۹۱	۱۴۰	۱۲/۸	۵۴/۶
۱۳۹۲	۱۵۲	۱۳/۸	۵۶/۱
۱۳۹۳	۱۵۲	۱۶/۴	۵۸/۲
۱۳۹۴	۱۷۹	۱۸	۶۰
۱۳۹۵	۱۸۹	۱۸	۶۱
۱۳۹۶	۲۰۵	۱۰	۵۳
۱۳۹۷	۲۲۸	۱۰/۱	۵۳/۳
۱۳۹۸	۲۳۷	۹/۴	۴۶/۱



شکل (۱): سهم قطار شهری از سفرهای درون شهری نسبت به طول خطوط قطار شهری در سال‌های مختلف شهر تهران (آمارنامه‌ی شهرداری تهران و گزیده آمار حمل و نقل و ترافیک سازمان حمل و نقل شهر تهران).



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۷۷۸۶-۲۹۸۰-ISSN

```
# Load the data
data <- file.path("C:", "Users", "pc", "Desktop", "paper", "data.csv")
data <- read.csv(data)

# Plot the data
plot(data$line_length, data$metro_share, xlab = "Subway line length", ylab = "Metro's share of trips")

# Calculate the correlation coefficient
correlation <- cor(data$line_length, data$metro_share)

# Test the significance of the correlation coefficient
p_value <- cor.test(data$line_length, data$metro_share)$p.value

# Interpret the results
if (p_value < 0.05) {
  if (correlation > 0) {
    print("There is a significant positive correlation between the length of subway lines and the metro's share of trips.")
  } else {
    print("There is a significant negative correlation between the length of subway lines and the metro's share of trips.")
  }
} else {
  print("There is no significant correlation between the length of subway lines and the metro's share of trips.")
}
```

شکل (۲): کد استفاده شده برای تحلیل همبستگی داده‌ها به زبان برنامه‌نویسی آر.

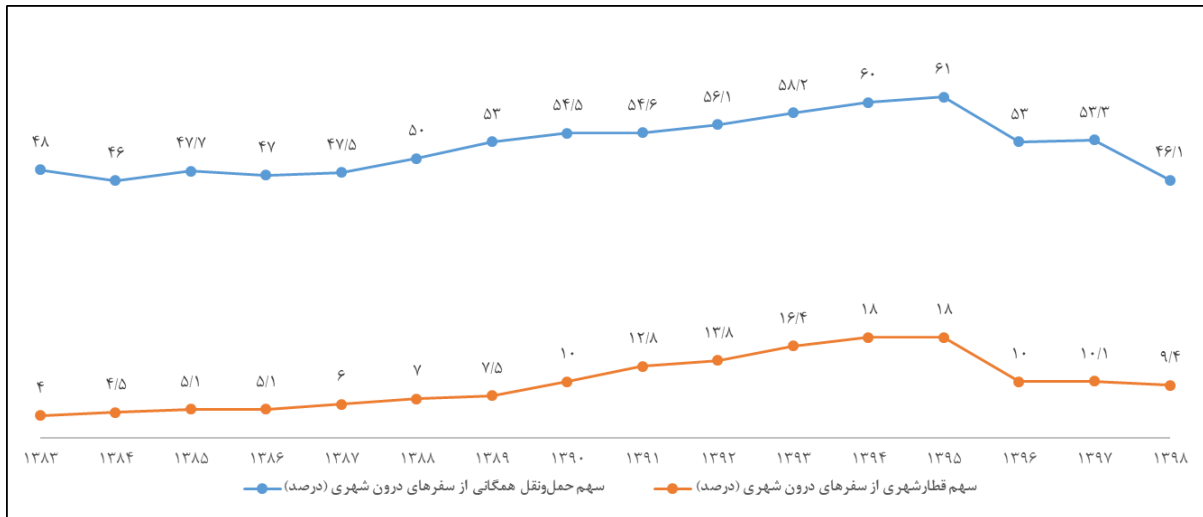
```
Pearson's product-moment correlation
data: data$line_length and data$metro_share
t = 2.8542, df = 14, p-value = 0.01274
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.1584334 0.8474323
sample estimates:
 cor
0.606506
```

شکل (۳): خروجی کد و نتایج تحلیل همبستگی داده‌ها با استفاده از زبان برنامه‌نویسی آر.

جدول (۴): تجزیه و تحلیل همبستگی دو متغیر طول خطوط قطارشهری و سهم قطارشهری از سفرهای درون شهری شهر تهران.

ضریب همبستگی	محاسباتی t	بحرانی t	p-value	سطح معنی‌داری (α)
۰/۶۰۷	۲/۸۵۴۲	-۲/۱۴۵	۰/۰۱۳	۰/۰۵

با توجه به جدول ۳ و شکل ۱ باید به این نکته اشاره کرد که کاهش ۸ درصدی سهم قطارشهری از سفرهای درون شهری در سال ۱۳۹۶ نسبت به سال ۱۳۹۵؛ با توجه به وجود همبستگی مثبت و معنادار بین دو متغیر سهم حمل‌ونقل همگانی و سهم قطارشهری از سفرهای درون شهری قابل دفاع است. همان‌طور که در شکل ۴ مشخص است این دو متغیر روندی کاملاً یکسان دارند و با توجه به تجزیه و تحلیل همبستگی که در جدول ۵ نتایج آن ارائه شده است، این دو متغیر دارای ضریب همبستگی ۰/۶۰۷ هستند که به معنای وجود ارتباط مثبت و معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین دو متغیر سهم حمل‌ونقل همگانی و سهم قطارشهری از سفرهای درون شهری شهر تهران می‌باشد. در نتیجه، با توجه به کاهش سهم حمل‌ونقل همگانی در سال ۱۳۹۶ نسبت به سال ۱۳۹۵، کاهش سهم قطارشهری از سفرهای درون شهری در این سال منطقی می‌باشد. البته باید به این نکته نیز اشاره کرد که یکی دیگر از دلایل افت سهم قطارشهری از سفرهای درون شهری از سال ۱۳۹۶ به بعد، تغییر رویکردهای مدیریت شهری در سال ۱۳۹۶ و بازنگری شاخص‌های حمل‌ونقلی می‌باشد.



شکل (۴): روند تغییرات دو متغیر سهم قطارشهری و سهم حمل‌ونقل همگانی از سفرهای درون شهری شهر تهران (آمارنامه‌ی شهرداری تهران و گزیده آمار حمل‌ونقل و ترافیک سازمان حمل‌ونقل شهر تهران).

جدول (۵): تجزیه و تحلیل همبستگی دو متغیر سهم قطارشهری و سهم حمل‌ونقل همگانی از سفرهای درون شهری شهر تهران.

ضریب همبستگی	محاسباتی t	بحرانی t	p-value	سطح معنی داری (α)
۰/۹۲۵	۹/۱۲۸۲	-۲/۱۴۵	$۲/۸۵ \times ۱۰^{-۷}$	۰/۰۵

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله تأثیر افزایش طول خطوط قطارشهری بر روی سهم قطارشهری از سفرهای درون شهری شهر تهران مورد بررسی قرار گرفت. به منظور کشف رابطه‌ی بین این دو متغیر از تجزیه و تحلیل همبستگی داده‌ها استفاده شد و مشخص شد که این دو متغیر دارای همبستگی مثبت و معناداری هستند. به دلیل اینکه هرچه طول خطوط قطارشهری بیشتر باشد مساحت بیشتری از مناطق شهری که پیش از آن دسترسی مناسب به حمل‌ونقل همگانی نداشتند تحت پوشش این سرویس قرار می‌گیرد، نتیجه‌ی به دست آمده از تحلیل و همبستگی داده‌ها قابل درک و منطقی می‌باشد. البته، توجه به این نکته ضروری است که همبستگی به معنای علیت نیست؛ به بیانی دیگر حتی اگر همبستگی معناداری بین دو متغیر وجود داشته باشد، لزوماً به این معنا نیست که یک متغیر باعث دیگری می‌شود و ممکن است عوامل دیگری مانند تراکم جمعیت در یک منطقه، در دسترس بودن شیوه‌های حمل‌ونقل همگانی دیگر، دسترسی مکانی به ایستگاه‌های قطارشهری و بازه‌ی خدمت‌دهی سیستم قطارشهری نیز بر هر دو متغیر تأثیر بگذارند.

با وجود تأثیر مثبت و معنادار بین دو متغیر طول خطوط قطارشهری و سهم آن از سفرهای درون شهری شهر تهران، میانگین استفاده از قطارشهری در سفرهای درون شهری از ابتدای بهره‌برداری قطارشهری تا اکنون زیر ۱۰ درصد است که این مسئله با توجه به هزینه‌های هنگفت توسعه‌ی شبکه‌ی قطارشهری قابل تأمل است. نکته‌ی اشاره شده هم‌راستا با مطالعه‌ی بابایی و ساجدی می‌باشد. در این مطالعه وضعیت قطارشهری تهران به لحاظ چند پارامتر کلیدی با ۸ شهر مترویی دنیا (لندن، پاریس، نیویورک، برلین، هنگ کنگ، مکزیکوسیتی، ساوپائولو و توکیو) که به لحاظ جمعیت و ساختارهای شهری تقریباً مشابهی شهر تهران هستند مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته است. به عنوان مثال در شهر تهران پارامتر سهم استفاده از قطارشهری در سفرهای درون شهری معادل ۱۰ درصد است؛ این در حالی است که این سهم در بین ۸ شهر مترویی دنیا بیش از ۳۰ درصد می‌باشد.



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۷۷۸۶-۲۹۸۰-ISSN

نتایج این ارزیابی نشان می‌دهد که متروی تهران زیان‌ده و ناکارآمد است و به همین دلیل در شرایط فعلی در وضعیت مسافرگریزی قرار گرفته است (بابایی و ساجدی، ۱۳۹۹: ۱۲۸-۱۱۵).
بررسی تأثیر و میزان همبستگی عواملی مانند تعداد ایستگاه‌های قطارشهری یا سرفاصله‌ی زمانی قطارشهری بر سهم قطارشهری از سفرهای درون شهری، از جمله تحقیقات آتی در حوزه‌ی تأثیر گسترش شبکه‌ی قطارشهری به شمار می‌روند.

مراجع

بابایی، شروین؛ ساجدی، سید یوسف، ارزیابی مقایسه‌ای سیستم مترو با تأکید بر عملکرد متروی تهران، چاپ اول، تهران: انتشارات مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۹۹.

خاکساری رفسنجانی، علی و دانا، تورج و قانع کیاکلاهی، حسن و قانع کیاکلاهی، معصومه، تحلیل رابطه بین افزایش طول خطوط مترو و کیفیت آلودگی هوای شهر تهران، پانزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، ۱۳۹۴.

سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران، آمارنامه‌ی شهرداری تهران ۱۴۰۰ (سالنامه‌ی آماری شهرداری تهران)، چاپ اول، تهران: انتشارات سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران، ۱۴۰۱.

سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهری، گزیده‌ی آمار و اطلاعات حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران ۱۴۰۰، جلد اول، تهران: انتشارات مهندسیین مشاور رهیافت، ۱۴۰۱.

Aghajanzadeh, M., Aghabayk, K., Esmailpour, J., Gruyter, C.D. (2022). Importance – Performance Analysis (IPA) of metro service attributes during the COVID-19 pandemic. *Case Studies on Transport Policy*, 10(3), 1661–1672. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.06.005>

Bairoch, P., Goertz, G. (1986). Factors of Urbanisation in the Nineteenth Century Developed Countries: A Descriptive and Econometric Analysis. *Urban Studies*, 23(4), 285-305. <https://doi.org/10.1080/00420988620080351>

Chen, Y., Whalley, A. (2012). Green Infrastructure: The Effects of Urban Rail Transit on Air Quality. *American Economic Journal: Economic Policy*, 4(1), 58-97. <https://doi.org/10.1257/pol.4.1.58>

Goldstein, G. S., Gronberg, T. J. (1984). Economies of Scope and Economies of Agglomeration. *Journal of Urban Economics*, 16(1), 91-104. [https://doi.org/10.1016/0094-1190\(84\)90052-4](https://doi.org/10.1016/0094-1190(84)90052-4)

Huang, H. (1996). The Land-Use Impacts of Urban Rail Transit Systems. *Journal of Planning Literature*, 11(1), 17-30. <https://doi.org/10.1177/088541229601100103>

Soltanpour, A., Mesbah, M., Habibian, M. (2020). Customer satisfaction in urban rail: a study on transferability of structural equation models. *Public Transport*, 12(1), 123–146. <https://doi.org/10.1007/s12469-019-00223-y>

Sun, C., Zhang, W., Luo, Y., Xu, Y. (2019). The improvement and substitution effect of transportation infrastructure on air quality: An empirical evidence from China's rail transit construction. *Energy Policy*, 129, 949-957. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.03.005>

Machado-Léon, J.L., de Ona, R., Baouni, T., de Ona, J. (2017). Railway transit services in Algiers: priority improvement actions based on users perceptions. *Transport Policy*, 53, 175–185. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.10.004>

Majumdar, B.B., Dissanayake, D., Rajput, A.S., Saw, Y.Q., Sahu, P.K. (2020). Prioritizing metro service quality attributes to enhance commuter experience: TOPSIS ranking and importance



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



۷۷۸۶-۲۹۸۰-ISSN

satisfaction analysis methods. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2674(6), 124–139. <https://doi.org/10.1177/0361198120917972>

UITP, 2001, “Fundamental Requirements for Urban Rail Systems Design, Construction, Manufacture, Operations and Maintenance.”, Recommended Basic Reference for Developing a Minimum Set of Standards for Voluntary Use in the Field of Urban Rail According to Mandate M/486 EN.

UN, 2014, “World Urbanization Prospects: The 2014 Revision”. United Nations, Department of Economic and Social Affairs.

Zhao, L., Shen, L. (2018). The impacts of rail transit on future urban land use development: A case study in Wuhan, China. *Transport Policy*, 81. 396-405. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.05.004>