فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۱۵، شماره ۳، بهار ۱۴۰۳، ص. ۳۸۸۱-۳۸۶۷

مقاله علمی-پژوهشی

ظرفیت بهینه ایستگاه مترو با هدف کمینه کردن ابتلا به بیماریهای واگیردار تنفسی (مطالعه موردی: ایستگاه مترو امام خمینی تهران)

آرمین خلج امیری، دانشجوی دکتری تخصصی، گروه مهندسی عمران، حمل و نقل، واحد تهران مرکزی دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

حمید میرزاحسین (مسئول مکاتبات)، دانشیار، گروه مهندسی عمران، برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران

E-mail: mirzahossein@eng.ikiu.ac.ir

محمود صفارزاده، استاد، گروه مهندسی عمران، حمل و نقل، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۶ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۳

چکیده

هدف اصلی مطالعه حاضر ارائه مدل عامل مبنا جهت تعیین ظرفیت بهینه ایستگاه مترو با هدف کمینه کردن ابتلا به بیماریهای واگیردار خواهد بود. در این مقاله ابتدا به بررسی بیشتر محدوده مورد مطالعه یعنی ایستگاه مترو امام خمینی در شهر تهران پرداخته شد. پس از جمع آوری اطلاعات، به بررسی و شناخت برخی از شاخصهای موثر بر تقاضای و آمارهای بدست آمده در سال های پیش از کرونا و همچنین مشاهدات ساختاری در حین شیوع کرونا پرداخته و اطلاعات آن مورد بررسی قرار گرفت. پس از تایید پایایی و روایی، تحلیل عاملی در شرایط کرونا مورد ارزیابی و دسته بندی و اولویت بندی قرار گرفتند. با توجه به نتایج تحلیل عاملی به منظور دسته بندی و کاهش متغیرها در ارتباط مدل تعیین ظرفیت بهینه ایستگاه متروی امام خمینی در شرایط Covid مهمترین آن ها به ترتیب: درصد شاغلین نمونه در روز، برداشت دسترسی افراد به مترو با تاکسی، درصد تعداد مالکان خودرو، درصد سفرها-کاربری های تجاری و خدماتی، میزان درآمد میانگین ، درصد سفرها-کاربری های اداری و شاخص ازدحام در مسیرهای پیاده با رعایت فاصله اجتماعی از جمله هفت متغیر با اولویت مهمتر در تحلیل عاملی در اندازه گیری ظرفیت بهینه ایستگاه مترو امام خمینی اندازه گیری شدند.

واژه‌های کلیدی: ظرفیت ایستگاه مترو، بیماری‌های واگیردار، تحلیل ظرفیت

۱. مقدمه

شیوهٔ برنامه ریزی شهری و سیاستگذاری شهری در بیشتر کشورهای جهان در سال ها و دهه های گذشته به گونه های بوده است که اولویت های عمومی مردم و به طور خاص خدمات رفاهی به نفع برخی اقدامات و سیاست های متمرکز بر افزایش بازدهی اقتصادی شهرها تحت تاثیر رویکردهایی همچون شهرخلاق، بازآفرینی شهری و موارد مشابه کنار گذاشته شده بود یا بسیار کمرنگ شده بود. حال در رویارویی با یک بحران قابل پیشبینی بیشتر شهرها کارکرد خود را از دست داده و افراد بسیاری جان خود را از دست دادند. یکی از مهمترین حوزه ها در در سرویس های حمل و نقل عمومی می‌باشد، که رعایت فاصله اجتماعی بسیار با مشکل مواجه است. با بالا رفتن تعداد مبتلایان ویروس کرونا، افراد بیشتر و کارکنان سرویس حمل و مقل عمومی نیز بیمار می شوند و برنامه ضروری سرویس حمل و نقل و کاهش سطح کیفیت خدمت شروع می شود. در نتیجه باید طرحی ارایه گردد که میزان خدمت قطار و اتوبوس و یا موارد دیگر را در شبکه کاست.

تردد افراد در مترو و تاثیر آن بر انتقال ویروس کرونا و همچنین نحوه رفتار مسافران و ایستگاه ها در مکان های شلوغ موضوع به روزی است که کشورها کمتر بدان پرداخت‌اند. بنابراین، چگونگی رفع محدودیت ها در ایستگاه های حمل و نقل به گونه ای که این بیماری تحت کنترل خود باقی بماند و اقتصاد کشورها آسیب جدی متحمل نشوند، یک سؤال اساسی است. برای تحلیل این تاثیر از روش عامل مبنا استفاده خواهد شد. شیوع جهانی ویروس covid19 بر رفتارهای سفر و فعالیت های سیستم حمل و نقل تأثیر گذاشته است و شهرها با سیاست های مرتبط با این قضیه درگیرند که می‌تواند در زمینه از سرگیری مجدد فعالیت ها و فاصله گذاری اجتماعی، بطور موثر انجام شود. این پژوهش، بر بهینه کردن ظرفیت ایستگاه مترو و هدف کمینه کردن ابتلا به covid19 و مدل عامل مبنا می کوشد. علاوه بر این، رفتارهای مختلفی را که به عنوان عوامل موثر بر مدل است را نشان خواهد داد. مدل سازی، مبتنی بر عامل چارچوبی را فراهم می کند که میتواند بدون توجه به هزینه ی واقعی خطاهای واقعی را آزمایش و پاسخ دهد. بکارگیری این روش جهت محاسبه ظرفیت ایستگاه ها با تعیین دقیق نوع و ویژگی های عاملها می تواند منجر به مدلی جامع شود. در سیستم عامل مبنا دو فاکتور زمان و مکان در کنار یکدیگر قابل بررسی و مدل کردن هستند و با بهره گیری از تاثیر اجزاء می توان به نتایج کلی دست یافت که در بهینه کردن ظرفیت ایستگاه مترو بتوان ابتلا به شیوع بیماری‌های واگیردار از قبیل covid19 به حداقل رساند (Zhen et al , ۲۰۱۳).

۲. ادبیات پژوهش

طبقه بندی شبکه پیچیده معابر درون شهری به گروه ها و سیستم-هایی که ویژگی های مشابهی دارند، طبقه بندی معابر بین شهری نامیده می شود. جاده مجموعه ای از معابر برای وسایل نقلیه موتوری، دوچرخه و عابران پیاده است. شبکه های ستاره ای را خیابان می نامند. بزرگراهی که از نظر فیزیکی در تمام طول تردد کاملاً تفکیک شده و به گونه ای طراحی شده است که ترافیک بدون توقف در آن جریان دارد، آزادراه نامیده می شود. برای ایجاد چنین شرایطی در این جاده ها، تقاطع ها باید غیر همسطح بوده و نحوه ورود و خروج خودروها کاملاً کنترل شده و بر اساس طراحی صحیح باشد. مسیرهایی که ارتباط بین واحدهای مسکونی و مسکونی را به هم متصل می کند و آنها را به خیابان و پخش کننده متصل می کند، جاده های محلی هستند. معابر محلی نباید در ترافیک ترانزیتی قرار گیرند. حجم ترافیک تعداد وسایل نقلیه ای است که در یک واحد زمانی (ساعت) از یک زمان معین عبور می کنند. حجم ترافیکی که در یک روز خاص در یک زمان مشخص طی می شود، حجم ترافیک روزانه نامیده می شود. حداکثر تعداد وسایل نقلیه ای که می توان طی یک ساعت با کیفیت معین تردد از یک نقطه مشخص در مسیر تردد کرد. یک مسیر یک طرفه رایج که دو یدک کش مختلف را به هم

متصل می کند، رمپ یا شینگل نامیده می شود چن و بای، ۲۰۱۹. اخیراً روش‌شناسی‌های مختلف مدل‌ها و الگوریتم‌های متعددی را برای رسیدگی به مسئله زمان‌بندی مترو ارائه کرده‌اند. روش زمان بندی مختصات در برای نشان دادن نسبت خدمات کوتاه مدت مترو به خدمات تمام وقت مترو توصیه می شود. محققان نشان دادند که الگوی عملکرد زمان‌بندی ۱:۱ از برنامه‌ریزی تمام‌وقت مترو برای ماتریس مبدا مقصد به‌دست‌آمده از یک نظرسنجی بهتر عمل می‌کند، که به معنای یک سرویس چرخشی کوتاه است. این نشان می دهد که می تواند تقاضای مسافران را بهتر از دو سفر تمام طول برآورده کند. یک مدل چرخشی کوتاه برای بهینه‌سازی نرخ ها، ابعاد خودرو و پایانه‌های چرخشی برای خدمات سریع و کل مترو در راهروهای مترو در ایجاد شده است. در این اثر تنها یک دوره عملیاتی در نظر گرفته شده است. در عین حال، در الگوهای خدمات بر روی یک راهرو مترو در طول دوره های مختلف عملیات، با در نظر گرفتن استراتژی چرخش کوتاه و اندازه متمرکز شده است. متغیرهای مترو هزینه-های کاربر و اپراتور را کاهش می دهند. (lefer and et al, 2017) در رویکردی برای تعیین محل قرارگیری پایانه برای یک سرویس پایدار برنامه ریزی شده کوتاه و اینکه آیا مترو یک سرویس برنامه ریزی شده و چرخشی کوتاه در یک خط مترو دو طرفه بلادرنگ است ارائه داده اند. قرار دادن خدمات کوتاه مدت برای رسیدگی به سناریوی وقفه، مانند ظهور پایه ای برای سیستم های حمل و نقل سریع، برای کاهش زمان انتظار مسافر، شرح داده شده است . (قائمی و همکاران، ۱۳۹۷) نیز شرایطی را با انسداد کامل بررسی کردند. آنها یک مدل برنامه ریزی خطی عددی مختلط خطی را برای محاسبه برنامه مترو با اتخاذ یک استراتژی چرخش کوتاه ارائه کردند (. وانگ و همکاران در سال ۲۰۱۷ میلادی، برای بهینه‌سازی موضوع برنامه‌ریزی مترو با استراتژی چرخش کوتاه در سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی کلانشهرها و یک مدل برنامه‌ریزی مناسب برای اختلاط غیرخطی برای به حداقل رساندن هزینه‌های سفر مسافر و هزینه‌های عملیاتی پیاده‌سازی شده است. (Ab bie and et al, 2019)، در مدلی با هدف به حداقل رساندن قطارها، عملکرد مسافران را با بهینه سازی توزیع فضایی فضا برای بهینه سازی و تعادل برنامه ایجاد کرده است. پیش‌بینی جریان مسافر و سطوح مترو، الگوهای عملیاتی مختلف را با حالت‌های برنامه مختصات مختلف مورد بحث قرار می‌دهد و یک ایستگاه چرخشی ۱ خطی در شانگهای، اولین خط ریلی شهری شهر با استراتژی چرخش کوتاه انتخاب می‌کند. همچنین (. Gao, Z. Wang and et al, 2013) ، جریان مسافران و مترو ، با استفاده از یک رویکرد چرخشی کوتاه با تمرکز بر یک خط خاص در شبکه حمل‌ونقل ریلی شهری برای بهینه‌سازی برنامه مترو با محدود کردن محدوده مترو و تغییر ظرفیت واقعی مسافر، ارزیابی شده‌اند. یک مدل چند وجهی ایجاد شده است. علت عدم تعادل جریان مسافر و تحلیل امکان سنجی مدل عملیاتی با استراتژی چرخش کوتاه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. برنامه مترو را با فاکتور بارگذاری ارزیابی می کند. برنامه زمانبندی مترو نیز برای برنامه ریزی مهم است زیرا تعداد متروها محدود است.

(Du and et al, 2020)، در پژوهشی به بررسی تأثیر covid19 و فاصله گذاری اجتماعی متعاقب آن بر رفتار سفر پرداخت. افراد مسئول در حوزه حمل و نقل بایستی بر استفاده از شیوه ایمن مسافر تها و جابجای های مسافران در بازه زمانی اجرای فاصله گذاری اجتماعی بیشتر تمرکز کنند. این موضوع بسیار مهم است چرا که افراد زیادی خودروهای شخصی نداشته و یا مشکل جسمانی دارند که ارائه وسایل حمل و نقل عمومی با شرایط بهتر، رفت و آمد این افراد را تسهیل می بخشد. و افراد تمایل بیشتری در استفاده از وسایل حمل و نقل عمومی از خود نشان خواهند داد. اگرچه که ممکن است خدمات حمل و نقل عمومی شدیدا تحت تأثیر این شرایط قرار گرفته باشد ولی ارائه بهتر خدمات مترو و اتوبوس (افزایش تعداد، کم شدن فاصله حرکت، توقف کمتر در ایستگاه) میتواند ظرفیت حمل و نقل را نیز در این شرایط بالاتر ببرد و فاصله گذاری اجتماعی نیز حفظ

شود. البته دولت نیز باید در این برهه زمانی وارد میدان شود. سیاستگذاران و برنامه ریزان این حوزه نیز بایستی فضاهای ایمن بیشتری در شهرها فراهم نمایند تا افراد بتوانند با سهولت بیشتری (پیاده، دوچرخه، موتور) به محل کارشان بروند .

۲-۱ هدف پژوهش

هدف اصلی مطالعه حاضر ارائه مدل چند عاملی تعیین ظرفیت بهینه ایستگاه مترو با هدف کمینه کردن ابتلا به بیماری های واگیردار خواهد بود. در این پژوهش با بررسی ظرفیت بهینه ایستگاه مترو با استفاده از روش مدل و تحلیل عامل مبنا پرداخته خواهد شد و با بررسی ظرفیت بهینه ایستگاه مترو با هدف کمینه کردن ابتلا به بیماری های واگیردار و روشهای تاثیرگذار بر آنها پرداخته خواهد شد.

۲-۲ فرایند انجام و تعیین معیارهای موثر بر ظرفیت

روش مورد استفاده در این پژوهش، دستیابی به مدلی برای سنجش نو ع و میزان تاثیر رفتار تردد مسافران مترو در زمان ابتلا به covid19 بر شاخص های ظرفیتی ایستگاه قطار می باشد. در طی انجام این پژوهش پس از انجام مروری بر مطالعات پیشین انجام شده در این زمینه، فرضیه و اهداف پژوهش تعیین و سپس مرحله برداشت داده ها و اطلاعات مورد نیاز پژوهش آغاز می شود. با توجه به ویژگی های برداشت شده از رفتار افراد در تصاویر قبل از شیو ع covid19 و بعد از همه گیری این ویروس در ایستگاه مورد بررسی از مدلسازی استفاده میگردد. مدلسازی چند عاملی رویکرد مدل سازی برای ظرفیت.، اقدامات و تعاملات افراد مستقل، به منظور ارزیابی اثرات آنها بر سیستم به طور کلی مدنظر قرار می گیرد. پژوهش حاضر به صورت کتابخانه ای_میدانی می باشد. که ابزار مورد استفاده دراین تحقیق کتب، مقالات، پایان نامه ها و پرسش نامه می باشد. در روش کتابخانه ای به منظور جمع آوری اطلاعات در ارتباط با بررسی مدل عامل مبنا تعیین ظرفیت بهینه ایستگاه مترو با هدف کمینه کردن ابتلا به covid19 قبل از تصویب طرح پیشنهادی با بررسی کتب، مقالات و پژوهش های صورت گرفته مطالعه شده می باشد. اولین گام در راه دست یابی به اهداف تحقیق جمع آوری اطلاعات و در یافتن واقعیت ها می باشد و در مورد روش کتابخانه ای این روش در تمام تحقیقات علمی مورد استفاده قرار می گیرد. برای جمع آوری اطلاعات در زمینه های مبانی نظری و ادبیات تحقیق و پیشینه از کتاب‌ها، پایان نامه ها، مقالات و پایگاه های اطلاعاتی مرتبط با موضوع پژوهش(داخلی و خارجی) می باشد استخراج و استفاده شده می باشد.

همچنین این بخش با توجه به بررسی مقالات به روز در خصوص تعیین ظرفیت ایستگاه های حمل و نقل عمومی و بویژه ایستگاه حمل و نقل مترو در کشورهای مختلف، همچنین با درنظرگیری شرایط کرونا، حدود ۱۹ متغیر اولیه جهت تعیین ظرفیت بهینه ایستگاه در شرایط covid در نظر گرفته شد، این متغیرها با توجه به تقاضای ایستگاه مترو در روز های خاص و شرایط محدودیت برای کرونا با استفاده از آماربرداری و برداشت های محیطی و همچنین در نظرگیری میزان ازدحام در ایستگاه به مدت سی روز و هر روز ۳۰ مشاهده انجام شد، که درنهایت ۹۰۰ مشاهده و نمونه برای تعیین ظرفیت برای این شرایط خاص پرداخته شد. در ادامه به بررسی کلی آماری این شاخص ها پرداخته می شود، همچنین پس از بررسی پایایی داده های مشاهده شده با استفاده از تحلیل عاملی مهمترین متغیرها جهت مدل سازی و ارایه مدل تعیین ظرفیت انتخاب می شوند.

جدول ۱. تغییر متغیرهای ارزیابی جهت تعیین ظرفیت بهینه مترو در شرایط covid 19

ردیف	نام متغیر
۱	متغیر موثر در تعیین ظرفیت بهینه در شرایط covid
۲	درصد شاغلین نمونه در روز

ردیف	نام متغیر
۳	درصد سفرها-کاربری های تجاری و خدماتی
٤	شاخص ازدحام در مسیرهای پیاده با رعایت فاصله اجتماعی
٥	برداشت دسترسی افراد به مترو با تاکسی
٦	میزان درآمد میانگین (۲۰ برای خیلی کم و ۱۰۰ برای خیلی زیاد)
۷	برداشت دسترسی افراد به مترو پیاده
۸	درصد تعداد مالکان خودرو
۹	کیفیت دسترسی از محل کار یا منزل به ایستگاه
۱۰	برداشت فردی استفاده از مترو در هفته
۱۱	درصد سفرها-کاربری های اداری
۱۲	درصد سفرها-کاربری های تفریحی و گردشگری
۱۳	برداشت دسترسی افراد به مترو سواری
١٤	دسترسی افراد به مترو با BRT
١٥	میانگین سنی افراد نمونه در روز
١٦	درصد سفرها-کاربری های مسکونی
۱۷	کیفیت خدمات دهی کلی ایستگاه مترو- ظرفیت خدمات دهی مورد انتظار
۱۸	درصد تعداد محصلین
۱۹	برداشت دسترسی افراد به مترو با اتوبوس

۳. روش پژوهش

۳-۱ تحلیل عاملی

تحلیل عاملی روشی برای کاهش داده ها است. این کار را با جستجوی متغیرهای غیرقابل مشاهده (مخفی) زیربنایی انجام می دهد که در متغیرهای مشاهده شده (متغیرهای آشکار) منعکس می شوند. روش های مختلفی برای انجام تحلیل عاملی وجود دارد (مانند عامل محور اصلی، حداکثر احتمال، حداقل مربعات تعمیم یافته، حداقل مربعات بدون وزن)، همچنین انواع مختلفی از چرخش ها وجود دارد که می توان پس از استخراج اولیه انجام داد. عواملی، از جمله چرخش های متعامد، مانند واریمکس و اکویمکس، که محدودیتی را ایجاد می کنند که عوامل را نمی توان همبسته کرد، و چرخش های مورب، مانند پرومکس، که اجازه می دهد عوامل با یکدیگر همبستگی داشته باشند. همچنین باید تعداد فاکتورهایی را که می خواهید استخراج کنید مشخص کنید. با توجه به تعداد تکنیک ها و گزینه های تحلیل عاملی، تعجب آور نیست که تحلیلگران مختلف بتوانند با تجزیه و تحلیل مجموعه داده های یکسان به نتایج بسیار متفاوتی دست یابند. با این حال، همه تحلیل گران به دنبال ساختار ساده هستند. ساختار ساده الگوی نتایجی است که هر متغیر به شدت بر روی یک و تنها یک عامل بارگذاری می کند.

۳-۲ آزمون کرویت بارتلت

آزمون کرویت بارتلت یک آمار آزمون است که برای بررسی این فرضیه که متغیرها در جامعه همبستگی ندارند استفاده می شود. به عبارت دیگر، ماتریس همبستگی جمعیت یک ماتریس هویت است. هر متغیر کاملاً با خودش همبستگی دارد اما با متغیرهای دیگر همبستگی ندارد.

مقدار کمتر از ۰,۰۵ نشان می دهد که داده های در دست ماتریس هویت تولید نمی کنند، زیرا با ماتریس شناسایی، تحلیل عاملی بی معنی است. به این معنی که بین متغیرها رابطه معناداری وجود دارد. یک نتیجه قابل توجه (سطح معناداری کمتر از ۵ درصد) نشان می دهد که ماتریس یک ماتریس هویت نیست. به عنوان مثال، متغیرها به اندازه کافی با یکدیگر مرتبط هستند تا یک EFA معنادار را اجرا کنند.

اشتراک: میزان واریانسی است که یک متغیر با همه متغیرهای دیگر در نظر گرفته می شود. مقادیر کوچک، متغیرهایی را نشان می‌دهند که به خوبی با راه‌حل عامل تناسب ندارند و احتمالاً باید از تحلیل حذف شوند. به طور معمول مقادیر کمتر از ۰/۵۰ حذف می شوند.

درصد واریانس: درصد واریانسی را که می توان به هر عامل خاص نسبت به کل واریانس در همه عوامل نسبت داد.

ارزش ویژه: مقدار ویژه نشان دهنده کل واریانس توضیح داده شده توسط هر عامل است. عواملی که دارای مقادیر ویژه بیش از یک (۱) هستند برای مطالعه بیشتر انتخاب می شوند.

Scree Plot: نموداری از مقادیر ویژه و عدد عامل بر اساس ترتیب استخراج است. این نمودار برای تعیین تعداد بهینه عواملی که باید در حل نهایی حفظ شوند استفاده می شود.

بارگذاری عاملی: به آن همبستگی عامل-متغیر نیز گفته می شود. بارهای عاملی همبستگی ساده ای بین متغیرها و عوامل هستند. بارهای عاملی نشان می دهد که آیتم ها تا چه اندازه عامل اصلی را نشان می دهند.

ماتریس عاملی: یک ماتریس عاملی حاوی بارهای عاملی همه متغیرها بر روی همه عوامل استخراج شده است.

روش چرخش

درک الگوهای بارگیری را آسان می کند.

Varimax(متداول ترین روش)

تعداد متغیرها را با بارگذاری شدید (زیاد یا کم) روی یک عامل به حداقل می رساند. همبستگی بین عوامل را به حداقل می رساند.

فرآیند انجام تحلیل عاملی

مرحله ۱: فرمول مسئله

مرحله ۲: الزامات

مرحله ۳: تکنیک فاکتورسازی مناسب

مرحله ٤: تصمیم گیری در مورد تعداد عوامل

مرحله ٥: چرخش عاملی

مرحله ٦: مدل مناسب

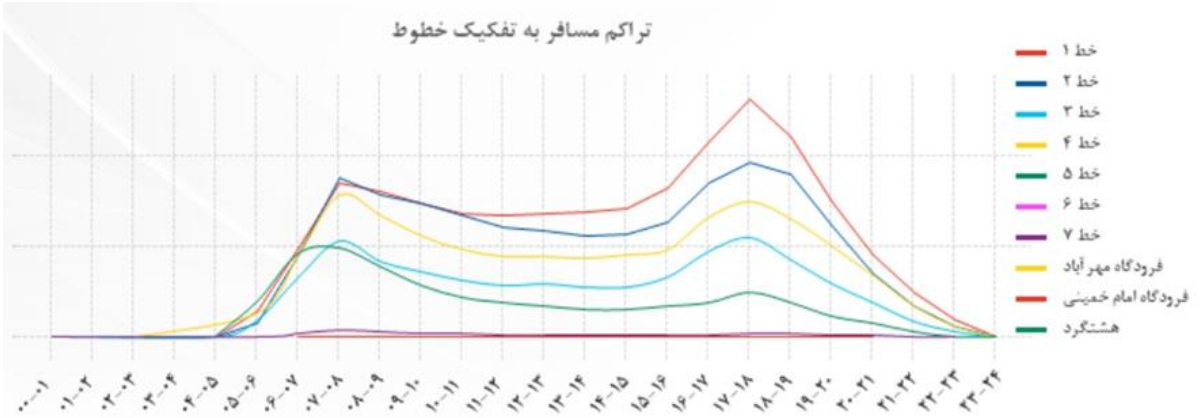
مرحله ۷: اجرای تحلیل عاملی اکتشافی

مرحله ۸: تفسیر و گزارش

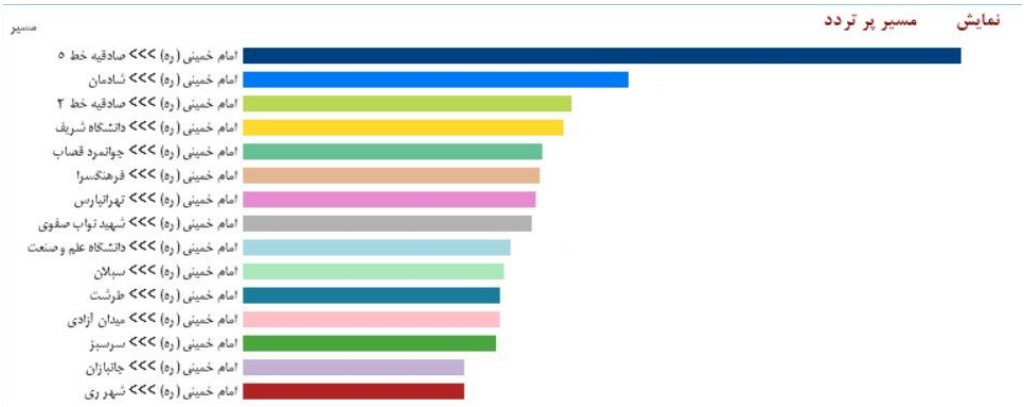
٤. شناخت و یافته‌ها

٤-۱ شناخت ایستگاه متروی امام خمینی

برخی از اطلاعات ترافیکی ایستگاه مترو در ادامه به در اشکال و جداول زیر به نمایش در آمده است:



شکل ۱. آمار مربوط به تراکم مسافر در خطوط مختلف در بازه های زمانی



شکل ۲. مسیرهای پرتردد منتهی به ایستگاه متروی امام خمینی

٤-۲ بررسی آمار برداری میدانی در ایستگاه متروی امام خمینی

این آماربرداری در سوالات کوتاه و برخی از ویژگی های شخصی تدوین شده است، هدف اصلی از جمع آوری این اطلاعات بررسی مدهای غالب و ترکیبی مورد استفاده با مترو در ایستگاه امام خمینی می باشد، که به عنوان گزینه های مد های حمل و نقل ترکیبی برای دسترسی به خدمات گردشگری پیرامون ایستگاه در نظر گرفته شده است.

- جنسیت

جدول ۲. توزیع جنسیت پاسخگویان

جنسیت	درصد
مرد	٦٤,٢
زن	٣٥,٨
جمع کل	١٠٠

- سن

جدول ۳. توزیع سن پاسخگویان

سن	درصد
٢٠ سال و کمتر	٧,٤
٢١-٣٠ سال	٤٦,٥
٣١-٤٠ سال	٣٢,٢
٤١-٥٠ سال	٩,١
٥١ سال و بیشتر	٤,٨
جمع کل	١٠٠

- شغل

جدول ٤. توزیع شغل پاسخگویان

شغل	درصد
کارمند	٢٥,٢
آزاد	٣١,٦
دانشجو	١٤,٧
دانش آموز	١٧,٣
بازنشسته	٤
خانه دار	٣,١
سایر	٢,٣
جمع کل	١,٨
	١٠٠

ملاحظه می‌شود؛ ۲۵/۲ درصد افراد پاسخگو کارمند، ۳۱/٦ درصد افراد شغل آزاد، ١٤/٧ درصد کارگران، ۱۷/۳ درصد دانشجویان، ٤ درصد دانش آموزان، ۳/۱ درصد افراد بازنشسته، ۲/۳ درصد افراد خانه دار و سایر مشاغل ۱/۸درصد مورد مطالعه را تشکیل میدهند.

- تحصیلات

جدول ۵. توزیع سطح تحصیلات پاسخگویان از مترو

تحصیلات	درصد
زیر دیپلم	٥,٨
دیپلم	٣٦,٦

تحصیلات	درصد
فوق دیپلم	۹,۵
لیسانس	۳۷,۱
فوق لیسانس	٤,٤
دکتری	٦,٦
جمع کل	۱۰۰

ملاحظه می‌شود؛ ۵/۸ درصد افراد پاسخگو تحصیلات زیر دیپلم، ۳٦/٦ درصد دیپلم، ۹/۵ درصد فوق دیپلم، ۳۷/۱ درصد لیسانس و ٤/٤ درصد افراد تحصیلات فوق لیسانس و ٦/٦ درصد افراد با تحصیلات دکتری را تشکیل می دهند.

- میزان استفاده از مترو

جدول ٦. توزیع میزان استفاده پاسخگویان از مترو

جدول میزان استفاده از مترو	درصد
یک بار در روز	١٤,٣
چند بار در روز	٤١,٧
چند بار در هفته	٢٦,٣
چند بار در ماه	١٧,٧
جمع کل	۱۰۰

ملاحظه می‌شود؛ ١٤/٣درصد افراد پاسخگو یک بار در روز، ٤١/٧ درصد چند بار در روز ، ٢٦/٣ درصد چند بار در هفته و ١٧/٧ درصد چند بار درماه از مترو استفاده می نمایند.

- امروز از چه وسیله ای برای دسترسی به ایستگاه مترو استفاده کردید؟

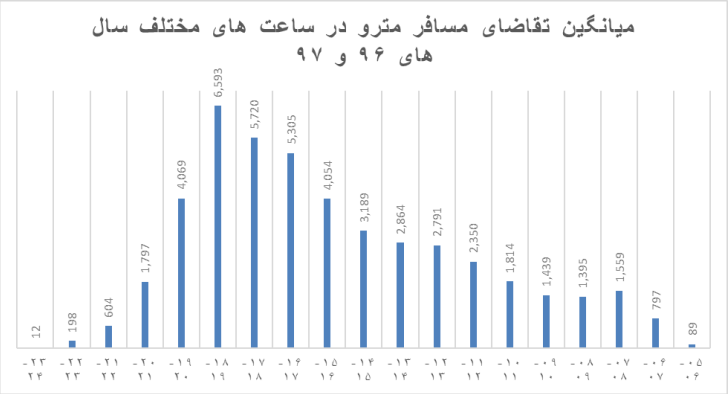
جدول ۷. توزیع پاسخگویان بر اساس نوع وسیله دسترسی به ایستگاه مترو

نوع وسیله	درصد
پیاده	۳۰,۲
BRT	۱۷
تاکسی	۳۹,۷
اتوبوس	۲/۹
دوچرخه	۰,۹
موتور سیکلت	۰,۲
اتومبیل شخصی	۲,۸
جمع کل	۱۰۰

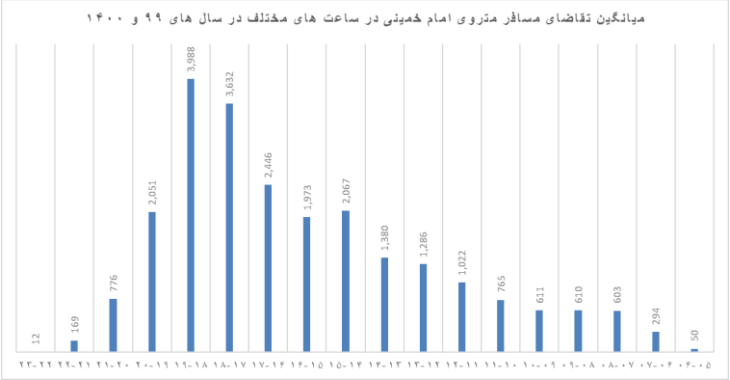
ملاحظه می‌شود؛ ۳۰/۲ درصد افراد پاسخگو پیاده، ۱۷ درصد از طریق BRT، ۳۹,۷ درصد با تاکسی، ۹/۲ درصد از طریق اتوبوس، ۰/۹ درصد با دوچرخه، ۰/۲ درصد با موتورسیکلت و ۲/۸ درصد افراد نمونه از اتومبیل شخصی خود برای دسترسی به ایستگاه مترو استفاده می کنند.

٤-۳ بررسی های میزان سفرهای انجام شده مترو در ساعات مختلف

به منظور بررسی نحوه تقاضا در حالت های مختلف در سال ١٣٩٦ و ١٣٩٧ به عنوان روز های عادی و شرایط غیر کرونایی و همچنین در سال ١٣٩٩ و ١٤٠٠ به عنوان شرایط کرونایی و رعایت فاصله اجتماعی در ایستگاه ، تقاضا در دو روز در شرایط روزهای معمول مورد ارزیابی قرار گرفته است، که ساعت های مختلف تقاضا را نشان می دهد:



شکل ۳. میانگین تقاضای مسافر متروی امام خمینی در ساعت های مختلف در سال های ۹٦ و ۹۷ (قبل از شرایط کرونا)



شکل ٤. میانگین تقاضای مسافر متروی امام خمینی در ساعت های مختلف در سال های ۹۹ و ۱٤۰۰ (در شرایط همه گیری کرونا)

طبق چارت های فوق همانطور که مشاهده می شود، تقریبا تقاضای ایستگاه مترو در شرایط همه گیری کرونا به ۵۰ درصد کاهش یافته است، این نشان می دهد شرایط بیماری و فاصله-گذاری های اجتماعی می تواند بر ظرفیت ایستگاه مترو تاثیرگذار باشد، حال نگارنده با توجه به بررسی های میدانی و مشاهدات و همچنین نظرسنجی از افراد در زمان کرونا می کوشد تا به یک مدل استاندارد و متاثر از عامل های مختلف و معنادار، مدل ظرفیت را در شرایط Covid و یا بیماری های واگیردار را اندازه گیری نماید.

٤-٤ تعیین حداقل و دموگرافی نمونه

فرمول کوکران یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای محاسبه حجم نمونه آماری است. تعیین حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران نیازمند آن است که حجم جامعه را بدانید. فرمول اصلی محاسبه حجم نمونه کوکران نیز به صورت زیر است:

- فرمول کوکران

فرمول کوکران درواقع برای نمونه‌گیری حجم نمونه استفاده می‌شود. این فرمول یکی از روش‌های پرکاربرد برای محاسبهٔ حجم نمونهٔ آماری در دنیاست.

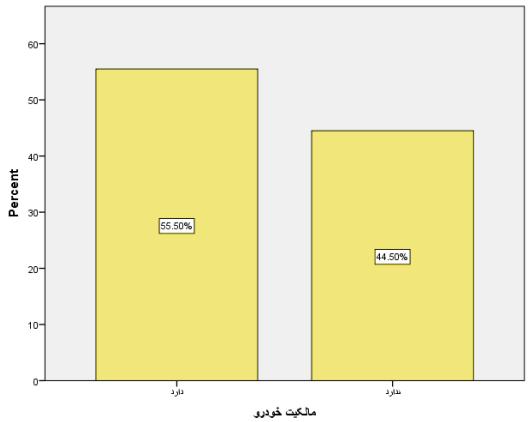
$$n = \frac{\frac{z^2 pq}{d^2}}{\left(1 + \frac{1}{N}\left(\frac{z^2 pq}{d^2} - 1\right)\right)} \qquad (1)$$

اطلاعات فرمول کوکران

- **n**: حجم نمونه؛
- **N**: حجم جمعیت آماری (حجم جمعیت شهر، استان و...) ؛
- **Z**: مقدار متغیر نرمال واحد استاندارد؛
- **p**: نسبتی از جمعیت دارای صفت معین؛
- **q= (١-p)**: نسبتی از جمعیت فاقد صفت معین؛
- **d**: مقدار اشتباه مجاز یا درصد خطا؛
- **Z**: مقدار متغیر نرمال واحد استاندارد که در میزان اطمینان ۹۵٪ برابر ۱/۹۶ است؛
- **d**: مقدار اشتباه مجاز که معمولاً برابر ۰/۰۱ یا ۰/۰۵ است؛

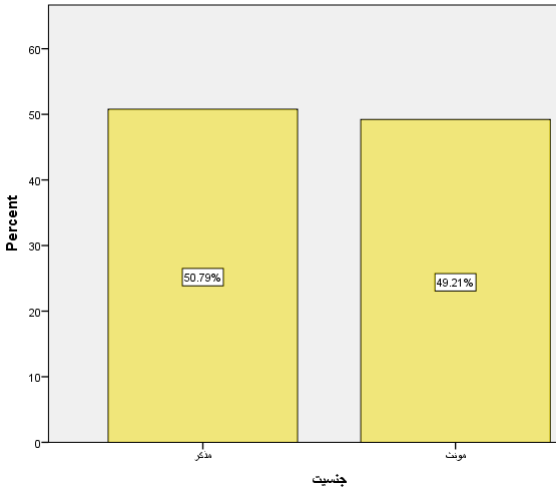
با توجه به حجم نمونه، که در واقع در اینجا ایستگاه مترو و منطقه سه است، جمعیت را بالای ۱۰۰ در نظر گرفته شده است، در این تحقیق با درصد خطای ۰/۰۵) حجم نمونه برابر با ۳۸٤ پرسشنامه می باشد.

- شاخص های آماری کلی



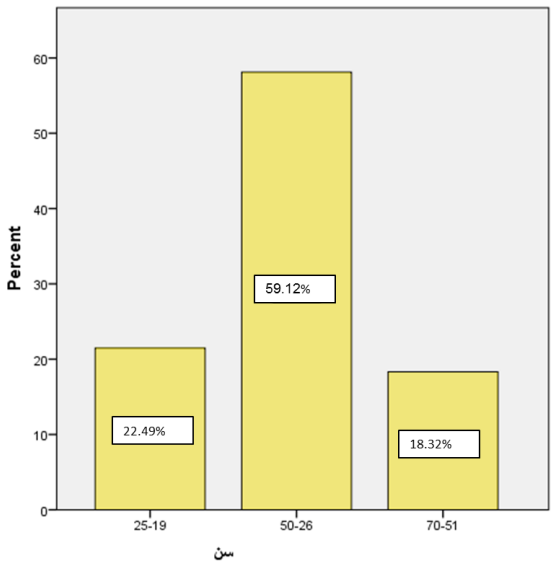
شکل ۵. درصد اطلاعات مربوط به مالکیت خودرو

همانطور که مشخص می باشد، بیش از نیمی از افراد نمونه جامع آماری دارای مالکیت خودرو می باشند.



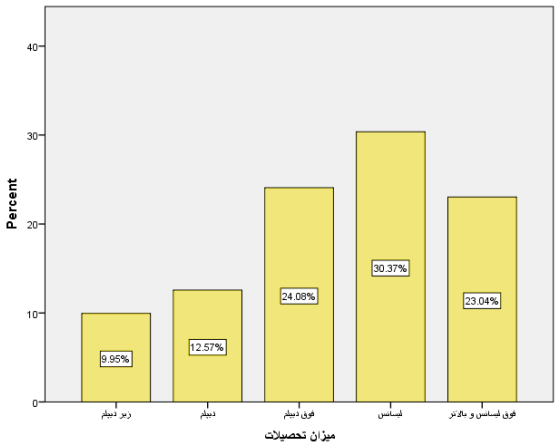
شکل ٦. فراوانی اطلاعات مربوط به جنسیت افراد مختلف

در تهیه و جمع آوری اطلاعات پرسشنامه ای سعی نگارنده براین بوده است، که از نسبت جنسی برابر جهت تکمیل آن ها بهره برد.



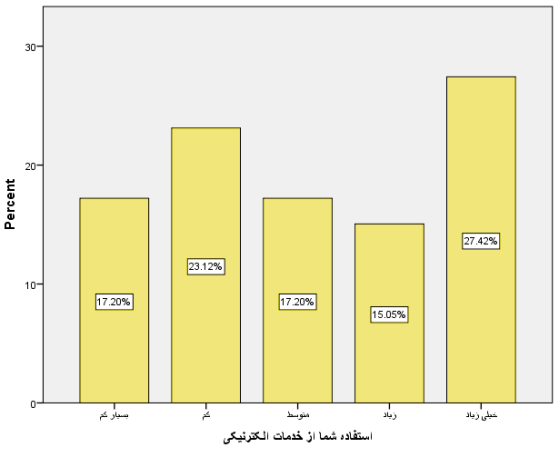
شکل ۷. درصد اطلاعات مربوط به رنج سنی افراد

دو گروه عمده سنی ٢٦-٥٠ و ١٩-٢٥ به ترتیب بیشترین درصد-ها را در نمونه آماری به خود اختصاص داده اند که با توجه به بررسی های میدانی توسط محقق مربوط به سنین فعال جامعه آماری می باشد.



شکل ۸. درصد اطلاعات مربوط به میزان تحصیلات

بیشترین درصد اطلاعات جمع آوری شده از افراد، دارای تحصیلات لیسانس و بالاتر می باشند که درصد تقریبی آن حدود ٥٤ می باشد.



شکل ۹. نمودار میزان استفاده افراد از خدمات الکترونیک(تلفن همراه و ...)

همانطور که مشخص است، در نمونه جامعه آماری بیش از ٦٠ درصد افراد از کارایی تلفن همراه هوشند بهره مند می باشند.

٤-٥ بررسی پایایی ارزیابی های متغیرها

روش استفاده از ضریب آلفای کرونباخ را برای تعیین پایایی یک پرسشنامه یا آزمون با تاکید بر همبستگی درونی می-توان استفاده کرد. در این روش اجزا یا قسمتهای پرسشنامه برای سنجش ضریب پایایی آزمون به کار می‌روند. میزان آلفای کرونباخ بر اساس میزان همبستگی درونی متغیرها مشخص می

شود. عدد آلفای کرونباخ بالای ۰/۷ تا ۰/۸ خوب، ۰/۸ تا ۰/۹ خیلی خوب و ۰/۹ تا ۱ عالی می¬باشد. در جدول ٤-۱۰ درخصوص بررسی همبستگی بین متغیرهای مشاهده شده جهت تعیین ظرفیت بهینه ایستگاه متروی امام خمینی در شرایط Covid، آلفای کرونباخ ۰/۷۵۱ تعیین شده است.

جدول ۸. آلفای کرونباخ جهت بررسی پایایی متغیرهای مشاهده شده جهت تعیین ظرفیت بهینه ایستگاه متروی امام خمینی در شرایط Covid

Reliability Statistics		
Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
۰/۷۵۱	۰/۷۵۲	۱۹

همچنین در جدول زیر در صورت حذف هریک از متغیرها آلفای کرونباخ مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۹. آلفای کرونباخ در صورت حذف هریک از متغیرها

	Cronbach's Alpha if Item Deleted
کیفیت خدمات دهی کلی ایستگاه مترو- ظرفیت خدمات دهی مورد انتظار (رعایت دستور عمل ها)	۰/۸۱۳
درصد شاغلین نمونه در روز	۰/۷۳۵
درصد تعداد مالکان خودرو	۰/۷۲٤
درصد تعداد محصلین	۰/٦۷٤
میانگین سنی افراد نمونه در روز	۰/٦۰۳
میزان درآمد میانگین (۲۰ برای خیلی کم و ۱۰۰ برای خیلی زیاد)	۰/۷٤۳
کیفیت دسترسی از محل کار یا منزل به ایستگاه	۰/۸۹٤
برداشت دسترسی افراد به مترو سواری	۰/۵۸۰
برداشت دسترسی افراد به مترو با تاکسی	۰/۷۷۹
برداشت دسترسی افراد به مترو پیاده	۰/۷۱۸
برداشت دسترسی افراد به مترو با BRT	۰/۸۱٦
برداشت دسترسی افراد به مترو با اتوبوس	۰/٤۰۲
برداشت فردی استفاده از مترو در هفته	۰/۵۲۸
درصد سفرها-کاربری های تجاری و خدماتی	۰/۸۷٤
درصد سفرها-کاربری های مسکونی	۰/۷۳۷
درصد سفرها-کاربری های تفریحی و گردشگری	۰/۵۸۱
درصد سفرها-کاربری های اداری	۰/۷۸۸
شاخص ازدحام در مسیرهای پیاده با رعایت فاصله اجتماعی	۰/۷۲۵
میانگین جنسیت مرد به زن	۰/۸٦۱

با توجه به عدم پایایی اندازه گیری مشاهدات و متغیرهایی نظیر: درصد تعداد محصلین، میانگین سنی افراد نمونه در روز، برداشت دسترسی افراد به مترو سواری، برداشت دسترسی افراد به مترو با اتوبوس، برداشت فردی استفاده از مترو در هفته، درصد سفرها-کاربری های تفریحی و گردشگری جهت تحلیل عاملی حذف خواهند شد (رنگ مشخص شده قرمز در جدول که عددی زیر ۰/۷ را دارند).

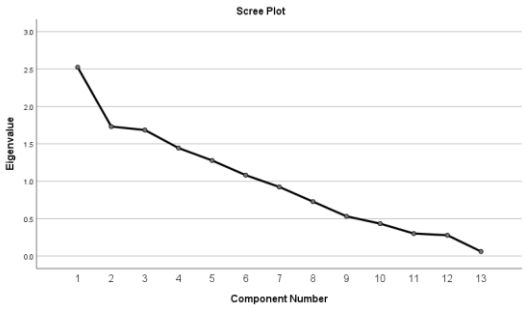
۵. بررسی روایی و تحلیل عاملی اولویت-بندی متغیرها

نتایج حاصل از بررسی روایی ارزیابی متخصصین در جدول ۵ آورده شده است. با توجه به ضریب ۰/۷٤ که در تحلیل عاملی در نرم افزار **SPSS** محاسبه شده است، عدد **KMO** بالای ۰/۷ بوده و همبستگی بین عامل ها در حد مطلوبی است و می توان گفت، تحلیل عاملی جهت ارزیابی تعیین همبستگی متغیرها در ارتباط با تعیین ظرفیت بهینه ایستگاه متروی امام خمینی در شرایط **Covid** دارای سطح معناداری است.

جدول ۱۰. آزمون KMO جهت بررسی روایی ارزیابی پرسشنامه

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		۰/۷۹۱
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	۱۰۷۵/۸۰٤
	Df	٤٤

Sig.	۰/۰۰۰



شکل ۱۰. نمودار اسکری گراف برای تعیین تعداد عامل ها در ارتباط با پیشبینی مدل تعیین ظرفیت بهینه ایستگاه متروی امام خمینی در شرایط Covid

همانطور که مشخص است با تایید جدول واریانس داده ها و همچنین **y=1** در نمودار اسکری پلات ۷ عامل اول می توانند در مدل سازی مورد اندازه گیری قرار گیرند. در ادامه به اولویت بندی متغیرهای تعیین ظرفیت بهینه برای ایستگاه مترو امام خمینی پرداخته خواهد شد.

- سهم متغیرها در عامل ها

جدول ۱۱ اثر اولویت بندی متغیرها در با ارتباط با پیشبینی مدل تعیین ظرفیت بهینه ایستگاه متروی امام خمینی در شرایط **Covid** را نشان می دهد که عامل ها بعد از چرخش ۵ بار تکرار می دهد. هر متغیر در عاملی قرار می گیرد که با آن عامل همبستگی بالای معنی داری داشته باشدکه اعداد مشخص شده اند.

با توجه به نتایج تحلیل عاملی عواملی نظیر درصد شاغلین نمونه در روز، برداشت دسترسی افراد به مترو با تاکسی، درصد تعداد مالکان خودرو، درصد سفرها-کاربری های تجاری و خدماتی، میزان درآمد میانگین، درصد سفرها-کاربری های اداری و شاخص ازدحام در مسیرهای پیاده با رعایت فاصله اجتماعی از جمله هفت متغیر با اولویت مهمتر در تحلیل عاملی است، که در ادامه در مدل رگراسیون پیشنهادی در اندازه گیری ظرفیت بهینه ایستگاه مترو امام خمینی در شرایط کرونا مورد استفاده قرار می گیرد.

جدول ۱۱. معناداری متغیرها در مقادیر ویژه – اولویت بندی متغیرها در ارتباط با پیشبینی مدل تعیین ظرفیت بهینه ایستگاه متروی امام خمینی در شرایط Covid

Rotated Component Matrix[a]							
	Component						
	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷
میانگین جنسیت مرد به زن	۰,۸۳٥	۰,۰۷٥	۰,۲۸۹	۰,۰۸۹	۰,۰٦۰	۰,۱۹۷	۰,۱۳۱
کیفیت دسترسی از محل کار یا منزل به ایستگاه	۰,۷۷۹	۰,۱۳۹	۰,۳۲۲	۰,۲٥۷	۰,۲۷٥	۰,۱۸٥	۰,۰۷۷
برداشت دسترسی افراد به مترو با BRT	۰,٦۰۰	۰,۰٤٦	۰,۰۲٦	۰,۱۱۱	۰,٤۰۸	۰,۲٦۹	۰,۳٦٥
درصد سفرها-کاربری های مسکونی	۰,۰۲٦	۰,۸۳۰	۰,۲٤۰	۰,۱۸۸	۰,۰۳۸	۰,۰٦٤	۰,۲٤۸
برداشت دسترسی افراد به مترو پیاده	۰,۰۹٥	۰,٦۷٤	۰,۲۸۱	۰,۰٥۱	۰,٤۱۰	۰,۰٥۸	۰,۰۷٥
کیفیت خدمات دهی کلی ایستگاه مترو- ظرفیت خدمات دهی مورد انتظار	۰,۳۷٤	۰,٥٦۸	۰,٤۱٤	۰,۱۸۷	۰,۱۰۸	۰,۱۳۲	۰,۱۱٦
شاخص ازدحام در مسیرهای پیاده با رعایت فاصله اجتماعی	۰,۰۲۸	۰,۰۲٦	۰,۹٥۹	۰,۰۲۱	۰,۰۰٤	۰,۱۳۰	۰,۰۷۷
درصد سفرها-کاربری های اداری	۰,۰۱۹	۰,۰۷۱	۰,۱۱۲	۰,۸٤٦	۰,۲۱٥	۰,۱۱۷	۰,۲٤٤

میزان درآمد میانگین (۲۰ برای خیلی کم و ۱۰۰ برای خیلی زیاد)	۰,۰۳۹	۰,۰۲۸	۰,۱۹۳	۰,۷۵۱	۰,۲۷۹	۰,۱۶۷	۰,۳۹۳
درصد سفرها-کاربری های تجاری و خدماتی	۰,۱۲۲	۰,۱۱٤	۰,۰۱۷	۰,۰۲۲	۰,۸۹۸	۰,۰۳۱	۰,۱۲۳
درصد تعداد مالکان خودرو	۰,۰۲۷	۰,۲۷۹	۰,۱۰۲	۰,۰٤۱	۰,۲۰۲	۰,۷٦۳	۰,۲۱۹
برداشت دسترسی افراد به مترو با تاکسی	۰,۰۰۲	۰,۳۸۸	۰,۰۳۷	۰,۰۲۵	۰,۱۵۸	۰,۷۵۸	۰,۰٤۰
درصد شاغلین نمونه در روز	۰,۰۳۲	۰,۱٦۳	۰,۰۷٤	۰,۰۳٤	۰,۰۹٦	۰,۱۵۷	۰,۸۸۱

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 11 iterations.

٦. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتایج حاصل از بررسی های تحلیل عاملی که به منظور دسته بندی و کاهش متغیرها در ارتباط با پیش بینی ظرفیت در شرایط کرونا بودند، به ترتیب عوامل درصد شاغلین نمونه در روز، برداشت دسترسی افراد به مترو با تاکسی، درصد تعداد مالکان خودرو، درصد سفرها-کاربری های تجاری و خدماتی، میزان درآمد میانگین، درصد سفرها-کاربری های اداری و شاخص ازدحام در مسیرهای پیاده با رعایت فاصله اجتماعی از جمله هفت متغیر با برتری بالاتر در مدل سازی عاملی است، اولویت بندی شده اند. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، در سال-های آتی تقاضای استفاده از حمل و نقل در خصوص ایستگاه-های حمل و نقل انبوه بر مترو در شرایط کرونا با ارایه مدل پیشبینی ظرفیت قابل اندازه گیری است.

با توجه به اهمیت موضوع هدف از این تحقیق ارائه مدل پیش بینی ظرفیت ایستگاه مترو با درنظر گرفتن شرایط بیماری های واگیر دار می باشد، اهمیت این موضوع را در این تحقیق بالا می برد. بر اساس اطلاعات موجود سهم جابجایی در درون محدوده شهر روزانه شاهد بیش از ۱۸ میلیون سفر شهری است. این سهم از جذب مسافر با توجه به محدودیت‌های سیستم حمل و نقل مترو بسیار قابل توجه است. با درنظر گیری شرایط بیماری های واگیر دار برای نمونه شرایط کوید به دلایل کیفیت پایین سفر و مدت زمان طولانی سفر با قطار از جمله مشکلاتی است که باید در جهت رفع مشکلات و نقیصه‌ها در حمل‌ونقل مسافری شهری به آن توجه شود.

به طور کلی با سرمایه‌گذاری در بخش مترو و استفاده از سیستم مدرن و مجهز به فناوری روز و همچنین توسعه ناوگان مسافری، افزایش واگن ها و کوتاه کردن ورود و خروج قطارها در ایستگاه مترو می‌توان سهم قابل ملاحظه از معضلات مربوط به سرویس دهی به خصوص در شرایط این گونه بیماری های واگیردار را در جابجایی مسافر کاهش داد.

برخی از پیشنهادات در خصوص تحقیقات اتی را می توان در موارد زیر خلاصه نمود:

- بررسی عوامل موثر در هوشمندسازی دسترسی افراد به حمل و نقل انبوه بر مترو و کاهش ازدحام در شرایط بیماری های واگیردار

– استفاده از نرم افزار viswalk و نقشه های معماری ایستگاه و تحلیل سطح سرویس و ازدحام افراد در خود ایستگاه.

۷. مراجع

– تمنایی، محمد و ولی، محمدحسین (۱۳۹۷). ارائه الگوریتم رفع بهینه گلوگاههای شبکه ریلی با هدف توجیه پذیر نمودن برقی سازی محورها، مطالعه موردی: محور ریلی ناحیه راه آهن شمال ایران. نشریه علمی پژوهشی مهندسی عمران. دوره هجدهم، شماره دوم.

– محمدی، محمود و احدی، حمیدرضا (۱۳۹۸). ارزیابی بهره وری نیروی انسانی در راه آهن ایران با روش ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل پوششی داده های بین المللی پیشرفتهای اخیر در مهندسی راه آهن. تهران.

– نادم ثامنی، ملودی و رضایی، کیارش (۱۳۹۸). ارزیابی کارایی ایستگاههای مترو تهران در جذب سفر با روش تحلیل پوششی داده ها. ششمین کنفرانس بین المللی پیشرفتهای اخیر در مهندسی راه آهن.

– D. An, X. Tong, K. Liu, and E. H. W. Chan, "Understanding the impact of built environment on metro ridership using open source in Shanghai," Cities, vol. 93, pp. 177–187, 2019.

– G. Gao, Z. Wang, X. Liu, Q. Li, W. Wang, and J. Zhang, "Travel behavior analysis using 2016 Qingdao's household traffic surveys and Baidu electric map API data," Journal of Advanced Transportation, vol. 2019, Article ID 6383097, p. 18, 2019.

– L. Cheng, X. Chen, S. Yang, Z. Cao, J. De Vos, and F. Witlox, "Active travel for active ageing in China: the role of built environment," Journal of Transport Geography, vol. 76, pp. 142–152, 2019.

– M. Du, L. Cheng, X. Li, and J. Yang, "Factors affecting the travel mode choice of the urban elderly in healthcare activity: comparison between core area and suburban area," Sustainable cities and society, vol. 52, Article ID 101868, 2020.

– M. Palm and S. Farber, "The role of public transit in school choice and after-school activity participation among Toronto high school students," Travel Behaviour and Society, vol. 19, pp. 219–230, 2020.

– O. D. Cardozo, J. C. García-Palomares, and J. Gutiérrez, "Application of geographically weighted regression to the direct forecasting of transit ridership at station-level," Applied Geography, vol. 34, pp. 548–558, 2012.

– R. Zhang, E. Yao, and Z. Liu, "School travel mode choice in Beijing, China," Journal of Transport Geography, vol. 62, pp. 98–110, 2017.

– S. Y. He and G. Giuliano, "School choice: understanding the trade-off between travel distance and school quality," Transportation, vol. 45, no. 5, pp. 1475–1498, 2018.

– Tianyi Li, Longzhong Zhou, Wenjun Du, Zhiming Sun, Ning Zhang (2017). The conceptual discussion of the long-distance public passenger transportation system, Transportation Information and Safety (ICTIS), 2017 4th International Conference on.

– Y. Zhang, E. Yao, R. Zhang, and H. Xu, "Analysis of elderly people's travel behaviours during the morning peak hours in the context of the free bus programme in Beijing, China," Journal of Transport Geography, vol. 76, pp. 191–199, 2019.

ظرفیت بهینه ایستگاه مترو با هدف کمینه کردن ابتلا به بیماری‌های واگیردار تنفسی (مطالعه موردی: ایستگاه مترو امام خمینی تهران)

آرمین خلج امیری

دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز ایران، ۱۳۹۵

مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرقدس

گروه آموزشی: مهندسی عمران

رایانامه: arminkhalajamirii@gmail.com

دکتر حمید میرزاحسین

درجه علمی: دانشیار- دکتری تخصصی مهندسی برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۹۵

گروه آموزشی: مهندسی عمران-برنامه ریزی حمل و نقل

رایانامه: mirzahossein@eng.ikiu.ac.ir

دکتر محمود صفارزاده

نام و نام خانوادگی: محمود صفارزاده، دانشگاه تربیت مدرس، بخش مهندسی عمران، گروه حمل و نقل، درجه علمی: استاد – پایه ۳۶ – دانشگاه تربیت مدرس.

دکترای راه و ترابری با گرایش برنامه ریزی و طراحی فرودگاه، دانشگاه کارلتون کانادا

رایانامه: saffar_m@modares.ac.ir