تحلیل و ارزیابی تأثیر عوامل مختلف بر احتمال ابتلا به ویروس کرونا در انواع مدهای حمل‌ونقل عمومی شهری

مقاله علمی – پژوهشی

*امیرحسین جشنیان (نویسنده مسئول)، دانشجوی دکتری، دانشکده عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
محمدامین ابراهیم‌زاده، گروه عمران برنامه ریزی حمل و نقل، دانشکده فنی‌ومهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
امیررضا خسروزاده، دانش آموخته کارشناسی ارشد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: amirjashnian@yahoo.com

دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۱۴– پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۲
صفحه ۳۷۴-۳۵۹

چکیده

امروزه حمل‌ونقل و ترافیک شهری به عنوان مباحث کلیدی در برنامه ریزی شهری و منطقه‌ای مطرح هستند، زیرا که یکی از نقش‌های اساسی در زیرساخت‌های شهری را تشکیل می‌دهند که با ارتباط دادن امور انسانی به یکدیگر و جریان یابی افراد، کالا، انرژی و اطلاعات، محقق می‌گردد. این پژوهش با هدف ارزیابی ریسک ابتلا افراد به ویروس کرونا در مدهای مختلف حمل‌ونقل در شهر تهران برای گروه‌های سنی و جنسیتی مختلف صورت پذیرفت. به بیان ساده‌تر بررسی شد که شهروندان با مقایسه جنسیت، سن و مد حمل‌ونقلی مورد استفاده تا چه میزان در خطر ابتلا به ویروس کرونا قرار دارند. با کمک روش انتخاب مدل و رگرسیون لجستیک به بررسیتحلیل و ارزیابی متغیرهای مختلف ابتلا به ویروس کرونا در مدهای مختلف حمل ونقل درون شهری پرداخته شده است جامعه آماری این تحقیق شهروندان تهران می‌باشند. برای این مطالعه از ۱۵۰ نمونه از شهروندان تهران استفاده شده است. نتایج مدل انتخاب برازش شده نشان داد که از عوامل مورد بررسی ما، ۵ عامل در افزایش خطر ابتلا به بیماری کرونا تاثیر معناداری دارد. لذا، تاثیر این عوامل در مد اتوبوس از بقیه مدها بیشتر بود نتایج مدل رگرسیون لجستیک برازش شده به کمک ٤ عامل اصلی استخراج شده درصد احتمال ابتلا به ویروس کرونا در هرکدام از مدهای حمل‌ونقلی را به ما داد که طبق نتایج اتوبوس بیشترین درصد احتمال ابتلا و خودروی شخصی کمترین درصد احتمال ابتلا را دارا بود.

واژه‌های کلیدی: ویروس کرونا، رگرسون لجستیک، مدل انتخاب، ارزیابی

۱-مقدمه

همه‌گیری ویروس کرونا به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بحران‌های بهداشتی قرن اخیر، پیامدهای گسترده‌ای بر ساختارهای اجتماعی، اقتصادی و به‌ویژه سیستم‌های حمل‌ونقل شهری بر جای گذاشته است. از آنجا که حمل‌ونقل شهری نقش اساسی در جابه‌جایی روزانه شهروندان و پویایی فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی دارد، بررسی ارتباط میان شیوه‌های

مختلف حمل‌ونقل و احتمال ابتلا به این بیماری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. استفاده از مدهای حمل‌ونقل عمومی به دلیل تراکم مسافر، تماس‌های نزدیک و محدودیت در رعایت فاصله اجتماعی، همواره به‌عنوان یکی از عوامل بالقوه افزایش ریسک ابتلا به بیماری‌های واگیردار مطرح بوده است. در این میان، شیوع ویروس کرونا موجب تغییر الگوهای سفر شهری و افزایش نگرانی شهروندان نسبت به ایمنی مدهای حمل‌ونقلی مختلف شده است. این مسئله نه‌تنها بر رفتار سفر افراد تأثیر گذاشته، بلکه چالش‌های جدیدی را برای برنامه‌ریزان و مدیران حمل‌ونقل شهری در زمینه تداوم خدمات، کاهش ریسک ابتلا و حفظ سلامت عمومی ایجاد کرده است. ازاین‌رو، ارزیابی دقیق ریسک ابتلا به ویروس کرونا در مدهای مختلف حمل‌ونقل شهری و شناسایی عوامل مؤثر بر آن می‌تواند نقش مهمی در تدوین سیاست‌های کنترلی، بهبود پروتکل‌های بهداشتی و افزایش تاب‌آوری سیستم حمل‌ونقل در شرایط بحران‌های مشابه ایفا کند.

در دسامبر ۲۰۱۹، یک ویروس کرونای جدید کووید ۱۹ در ووهان، چین ظاهر شد (Commission, 2020).

در ۳۰ ژانویه ۲۰۲۰، سازمان بهداشت جهانی شیوع این بیماری را یک وضعیت اضطراری بهداشت عمومی با نگرانی بین‌المللی اعلام کرد (World Health Organization, 2020).

۳۱ ژانویه ۲۰۲۰، ۱۹۲ مورد مرگ و میر و ۳۲۱۵ مورد تایید شده آزمایشگاهی در ووهان گزارش شده است. ۸۵۷۶ مورد دیگر در بیش از ۳۰۰ شهر در سرزمین اصلی چین پخش شد. و ۱۲۷ مورد صادراتی در ۲۳ کشور/ایالت در آسیا، اروپا، اقیانوسیه و آمریکای شمالی گزارش شده است. گسترش سریع جهانی، افزایش تلفات، مخزن حیوانات ناشناخته، و شواهدی از پتانسیل انتقال فرد به فرد در ابتدا شبیه اپیدمی سارس در سال ۲۰۰۳ بود و نگرانی هایی را در مورد گسترش جهانی ایجاد کرد (Guan et al, 2020). شبکه حمل‌ونقل جهانی از راه‌های دریایی، هوایی و زمینی در حال رشد است و سرعت حمل مسافران و کالاها در سراسر جهان در حال افزایش است. عوامل پاتوژن و حامل‌های ویروسی می‌توانند سریع‌تر، دورتر و در تعداد بیشتر از قبل منتقل شوند. یکی از عواقب گسترش شبکه حمل‌ونقل جهانی ایجاد اپیدمی‌های جهانی و حمل و انتقال پاتوژن‌های ویروسی جدید به نقاط مختلف دنیا بوده است. کارآمدی، سرعت و وسعت حمل‌ونقل مدرن، افراد را در معرض خطر بیماری‌های آشنا یا بیماری‌هایی کاملاً جدید قرار می‌دهد. علاوه بر این رشد اقتصاد جهانی و توریسم و مهاجرت انسانی باعث افزایش بیش از پیش موارد حرکت و انتقال ناقل‌های بیماری می‌شود. .انتشار ویروس کرونا تاثیر قابل توجهی در حمل‌ونقل شهروندان گذاشته و این ادعا که استفاده از حمل‌ونقل عمومی باعث شیوع ویروس کرونا می‌شود، تاثیر بسیار مخربی بر روی این سیستم می‌گذارد، لذا بحث ارزیابی مدهای حمل‌ونقل و ارزیابی ریسک ابتلا به کرونا در هرکدام مطرح می‌گردد. یکی از بحث برانگیزترین مسائل در اقدامات پیش‌گیرانه در یک اپیدمی میزان سود رسیده به مردم از رعایت اقدامات بهداشتی از جمله رعایت فاصله اجتماعی و کاهش یا متوقف شدن سیستم‌های حمل‌ونقل انبوه است. چشم‌انداز کمی برای روشن‌سازی این مسئله در اختیار می‌گذارد. هنگام بررسی تاثیر سیاست احتمالی اغلب در تاثیرات بهداشتی بالقوه بسته شدن حمل‌ونقل‌های همگانی شهری در طی یک اپیدمی (در نتیجه به تاخیر انداختن گسترش در جمعیت)، در مقابل منافع فردی برای جلوگیری از حمل‌ونقل همگانی (کاهش در احتمال خطر ابتلای فردی) سردرگمی‌هایی وجود دارد. همچنین امور زیادی به این امر وابسته خواهند بود. در این مطالعه با توجه به ماهیت خاص این ویروس جدید و مشخصات جدید آن و نیاز کشور و جهان به شناسایی سریع‌تر آن، به بررسی میزان ریسک و احتمال مبتلا شدن شهروندان در مدها و شیوه‌های حمل‌ونقل نظیر تاکسی، تاکسی اینترنتی،

اتوبوس و مترو پرداخته می‌شود. در این تحقیق بر اساس فرآیند مورد نظر و بررسی مطالعات و تحقیقات پیشین، جامعه هدف و بر اساس آن نمونه‌گیری تعیین می‌گردد. بر این اساس تعداد مشخصی به عنوان نمونه آماری مورد پرسشگری با روش خود تکمیلی قرار می‌گیرند و سپس پرسشنامه‌های حاصله مورد غربالگری قرار خواهند گرفت و پرسشنامه‌های تکمیل شده غیرمعتبر حذف می‌گردند و در نهایت نتایج حاصل از پرسشنامه‌های معتبر، توسط نرم‌افزارهای مربوطه مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهند گرفت. بعد از اتمام پاسخ‌دهی، از افراد خواسته می‌شود که اگر سؤالی را جواب نداده‌اند، به آنها پاسخ دهند. جامعه آماری این تحقیق شهروندان تهران می‌باشند. برای این مطالعه از ۱۵۰ نمونه از شهروندان تهران استفاده شده و پرسشنامه تحویل داده شد و پاسخ‌دهندگان پس از تکمیل، فرم پاسخنامه را به آماربردار عودت دادند. لازم به ذکر است، از ۱۵۰ نفر از جامعه آماری مورد نظر توسط آماربردار در هفته دوم فرودین ماه ۱۴۰۰ صورت گرفته است. در این مقاله به ۲ سوال زیر پرداخته می‌شود: ۱-احتمال ابتلا در هرکدام از مدهای مختلف همچون مترو و اتوبوس و تاکسی و سواری شخصی چگونه است؟ ۲- متغیرهای مختلف ابتلا در مدهای مختلف حمل ونقل چیست؟

۲-پیشینه تحقیق

در این پژوهش به مطالعات کشورهای مختلف در مورد اپیدمی‌های مختلف و همچنین تاثیر حمل‌ونقل در مدهای مختلف در پخش ویروس پرداخته می‌شود. چارچوب اقدامات کنونی انگلیس برای مقابله با اپیدمی‌های ویروسی مانند آنفلوانزا، اظهار دارد که سفرهای داخلی باید به شکل عادی در جریان باشند ولی افراد باید اقدامات بهداشتی را به خوبی رعایت کرده، از ترددهای غیرضروری که باعث ایجاد ازدحام شود خورددداری کرده و در صورت نشان دادن علائم ابتلا به آنفلوانزا در خانه بمانند (Du, Z et al, 2020). این توصیه‌ها نشان‌دهنده نیاز به حفظ و تداوم هر چه بیشتر روند تجارت و عملکرد تقریباً عادی در جامعه است، اما برخی داده‌ها وجود دارند که بر نقش وسایل حمل‌ونقل همگانی به خصوص خطوط هواپیمایی تجاری در انتشار عوامل ویروسی مانند آنفلوانزا اذعان دارند (Shen, J,2020). تا این اواخر اطلاعاتی که مستقیماً ارتباط و نقش حمل‌ونقل زمینی در ابتلا و انتشار بیماری‌های واگیردار تنفسی را رد یا تایید کند، وجود نداشت. خطری که تماس‌های انسانی عادی به وجود می‌آورد، هنوز به درستی تشخیص داده نشده است. با این حال یک مطالعه توسط کوهورت که اخیراً از کارکنان مراقبت‌های بهداشتی در بیماران ارائه شده است، هیچ ارتباطی بین ابتلا به آنفلوانزای فصلی و استفاده از وسایل حمل‌ونقل همگانی نشان نداد. با این حال استفاده قبل از شروع بیماری تنفسی مورد بررسی قرار نگرفت (Yamagishi et al,2020). یک بررسی که در گذشته در زمان شیوع آنفلوانزا نوع آ و اچ۱ان۱ در سال ۲۰۰۹ در میان بچه‌های مدرسه‌ای انجام شد، اظهار داشت که هیچ گسترش انتشاری رویت نشده است حتی با توجه به اینکه کودکان حتی به مدت ۶۰ دقیقه در اتوبوس مدرسه بودند. این عدم قطعیت وضع سیاست‌های استفاده از وسایل حمل‌ونقل همگانی در دوران یک اپیدمی را دشوار می‌کند. البته از نظر آماری ارتباط معنی‌داری بین بیماری‌های واگیردار تنفسی و استفاده از اتوبوس یا تراموا در ۵ روز قبل از شروع علائم وجود دارد. این خطر در بین کاربران گاه به گاه اتوبوس یا تراموا بیشتر به نظر می‌رسد، اما این روند از نظر آماری معنی‌دار نیست. با این حال، داده‌ها در رابطه با احتمال بیشتر رشد آنتی‌بادی‌های محافظتی برای ویروس‌های تنفسی رایج در صورت تماس مکرر قابل قبول هستند. این یافته‌ها پیامدهای مختلفی برای کنترل عفونت‌های حاد تنفسی فصلی و بیماری‌های ویروسی مانند آنفلوانزای همه‌گیر دارد (Assessment, 2019). در این مطالعه

همه‌گیری ویروس کرونا تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر انتخاب مدهای حمل‌ونقلی توسط شهروندان گذاشته است. در این تحقیق با استفاده از پرسشنامه‌ای که توسط ۱۵۰ نفر از بیماران مبتلا به کرونا در بیمارستان مسیح دانشوری شهر تهران پاسخ داده شده است، با کمک روش تحلیل عاملی اکتشافی به بررسی احتمال ریسک ابتلا در مدهای حمل‌ونقلی مختلف پرداخته شده است. نتایج نشان داد که مردان به سبب فعالیت بیشتر خارج از خانه بیشتر در معرض ابتلا قرار دارند. افرادی که از مد حمل‌ونقل همگانی استفاده کرده‌اند با اینکه سلامتی بیشتری داشته‌اند، اما به ویروس کرونا مبتلا شده‌اند. مطالعات نشان داد با افزایش سن به دلیل کاهش سلامت فردی، میزان ابتلا به ویروس افزایش یافته است. ابتلا در گروه کم‌درآمد بیشتر است و خطر برای این گروه بیشتر است، زیرا این افراد بالاجبار از مد حمل‌ونقل همگانی استفاده می‌کنند (عبدالمنافی و همکاران، ۱۴۰۲). ویروس کرونا در سال ۲۰۲۰ در دنیا همه‌گیر شد، در اواخر سال ۲۰۱۹ نشانه‌هایی از شیوع یک ویروس واگیردار از خانواده کرونا در شهر ووهان چین پدیدار شد. به مرور این ویروس در سطح چین و حتی در کشورهای دیگر دنیا مشاهده شده و در۳۰ ژانویه سال ۲۰۲۰ سازمان بهداشت جهانی انتشار این ویروس را یک خطر جهانی تلقی کرد. افزایش میزان مرگ و میرها و شمار بالای مبتلایان در مدت کم و انتشار ویروس در کشورهای دیگر، شرایطی مشابه با اپیدمی سارس در سال ۲۰۰۳ ایجاد شد و نگرانی درباره این ویروس به یک مسئله جهانی تبدیل شد. در ۲۲ ژانویه سال ۲۰۲۰ ووهان قرنطینه شد و به مرور طی یک هفته ۱۶ شهر دیگر چین نیز وارد قرنطینه شدند. فستیوال بهاره‌ی چین که هر ساله باعث سفر میلیون‌ها نفر در چین می‌شود، یکی از مشکلات اصلی در زمینه‌ی گسترش ویروس بود (Scott and .Duncan,2019) با ورود به دوره قرنطینه و محدود کردن بازه زمانی بیش از ۱۰ روز قبل از قرنطینه، دوره کمون یا نهفتگی بیماری حدود ۵ یا ٦ روز در نظر گرفته شد و مدت ٤ یا ۵ روز نیز برای بروز علائم و تشخیص بیماری در نظر گرفته شد. زمانیکه مشاهده شد میزان پایین شناسایی توام با بازه زمانی ۱۰ روزه بین ابتلا و تشخیص بیماری بود این فرض ایجاد شد که افراد مبتلا و حامل ویروس که تا مدتی علائم بیماری را دارا نبودند قبل از قرنطینه از شهر ووهان خارج شده و وارد شهرهای دیگر شده و تا مدتی شناسایی نشده و باعث انتشار ویروس شده بودند. در تاریخ ۲۲ ژانویه سال ۲۰۲۰ چین در شهر ووهان اعلام قرنطینه کرد و تا تاریخ ۳۰ ژانویه قرنطینه را به ۱٦ شهر دیگر گسترش داد. در زمان قرنطینه در چین ۲ هفته از زمان فستیوال بهاری ٤۰ روزه گذشته بود که در این بازه چندین میلیارد نفر برای جشن سال نو در سراسر چین سفر می‌کنند با محدود کردن بازه زمانی بیش از ۱۰ روز قبل از قرنطینه، دوره کمون ۵ یا ٦ روز در نظر گرفته شد و مدت زمان ٤ یا ۵ روز نیز برای بروز علائم و تشخیص بیماری در نظر گرفته شد. هنگامی که مشاهده شد میزان پایین شناسایی توام با بازه زمانی ۱۰ روزه بین ابتلا و تشخیص بیماری بود. این فرض ایجاد شد که افراد مبتلا و حامل ویروس که تا مدتی علائم بیماری را دارا نبودند قبل از قرنطینه از شهر ووهان خارج شده و وارد شهرهای دیگر شده و تا مدتی شناسایی نشده و باعث انتشار ویروس شده بودند. احتمال انتقال موارد آلوده به ویروس کرونا از شهر ووهان قبل از تاریخ ۲۳ ژانویه با استفاده از یک الگوی رشد نمایی ساده به همراه یک مدل تصادفی از تحرک افراد در میان ۳٦۹ شهر چین محاسبه شد. با توجه به اینکه تخمین زده شد ۹۸٪ کل سفرهای بین ووهان و سایر شهرهای چین در این مدت به وسیله قطار یا خودرو انجام شده باشند، تحلیل از داده‌های سفرهای هوایی، ریلی و جاده‌ای نشان‌دهنده این بود که خطر مسافرت‌هایی هوایی به تنهایی بیشتر می‌باشد(Shen,2020). با تناسب مدل اپیدمولوژیک با داده‌های مربوط به ۱۹ مورد ابتلای گزارش شده خارج از چین زمان ۲ برابر شدن میزان اپیدمی ۳۱,۷ روز و در مجموع ۱۲٤۰۰ مورد ابتلا در شهر ووهان تا تاریخ ۲۲ ژانویه ۲۰۲۰ تخمین زده شد. هر دو

تخمین با آنالیز مدل اپیدمولوژیک داده‌های ٤٢٥ مورد اول مبتلا به ویروس در ووهان متناسب بودند. با توجه به این مقادیر رشد اپیدمی تخمین زده شد که در مدت ۳ هفته قبل از قرنطینه در ۱۳۰ شهر چین بیش از ۵۰٪ مواردیکه از شهر ووهان وارد این شهرها شده بودند، افراد مبتلا و ناقل بوده‌اند. در تاریخ ٢٦ ژانویه ۱۰۷ مورد از شهرهای با ریسک بالا موارد گزارش شده از ابتلا داشتند و در ۲۳ شهر دیگر موارد ابتلای گزارش شده دیده نمی‌شد که شامل ۵ شهر با احتمال بیش از ۹۹٪ احتمال ورود افراد ناقل و جمعیتی بیش از ۲ میلیون نفر بودند. بازهونگ، لایبین، زیانگ و چوکسونگ، ارزیابی ریسک چندین شهر در سراسر چین را شناسایی کرده است که احتمالاً موارد غیر قابل کشف کووید ۱۹ را در هفته پس از قرنطینه در خود جای داده‌اند و نشان می‌دهد که در اوایل سال ۲۰۲۰ سفرهای زمینی و ریلی موارد ناقل و مبتلا را به محدوده‌ای بسیار دورتر از شهر ووهان حمل کرده‌اند. این محاسبات بر اساس تعدادی نشانه‌های کلیدی بودند. برای طراحی مدل حرکتی خود از داده‌های تنسنت که یک شرکت رسانه اجتماعی مالک ویچت و کیوکیو می‌باشد، استفاده شد. بنابراین مدل ممکن بود از لحاظ جمعیتی بر اساس پایگاه کاربران تنسنت باشد. فرض برای مدت ۱۰ روزه تأخیر در شناسایی افراد بیمار بر اساس طول دوره کمون ویروس کووید و فرض‌های قبلی بر اساس بازه بین ابتلا و تشخیص برای سارس بوده است و پیش‌بینی شد که زمان مورد نیاز برای رشد ۲ برابری اپیدمی و تعداد موارد ابتلا با در اختیار داشتن داده‌های اپیدمولوژیک بیشتر و فهرست‌های بازسازی شده بهبود و کاهش می‌یابد. با این حال بینش به شکل قوی تحت تاثیر این عدم قطعیت‌ها بود که شامل انتقال موارد مبتلا به کووید ۱۹ قبل از قرنطینه به سراسر نقاط چین و گزارش تعداد موارد بیشتر در ووهان نسبت به قبل از قرنطینه بود) (Bai et al, 2020. ابراهیم‌زاده و همکاران (۱٤۰۳) در پژوهشی به بررسی تأثیر همه‌گیری ویروس کرونا بر انتخاب مدهای حمل‌ونقلی و ریسک ابتلا به بیماری پرداختند. در این مطالعه، با استفاده از داده‌های حاصل از پرسشنامه تکمیل‌شده توسط ۱۵۰ نفر از بیماران مبتلا به کرونا در شهر تهران و به‌کارگیری روش تحلیل عاملی اکتشافی، عوامل مؤثر بر ریسک ابتلا در مدهای مختلف حمل‌ونقل شناسایی شد. نتایج نشان داد چهار عامل اصلی شامل شرایط اقتصادی، میزان در معرض بودن، رعایت پروتکل‌های بهداشتی و سلامت فردی نقش معناداری در احتمال ابتلا دارند. همچنین مردان، افراد مسن و گروه‌های کم‌درآمد به دلیل استفاده بیشتر از حمل‌ونقل عمومی، ریسک بالاتری برای ابتلا به ویروس کرونا تجربه می‌کنند.

۳-روش شناسی

۳-۱-مدل انتخاب گسسته

گسسته بودن مدل‌های انتخاب وسیله بدان معنا است که کاربران سیستم حمل ونقل (فرد یا گروه) از میان گزینه‌های موجود تنها یک گزینه برای انجام سفر خود انتخاب می‌کنند. متغیر احتمال ابتلای افراد به ویروس کرونا در مدهای مختلف حمل‌ونقلی با ستفاده از مدل‌سازی انتخاب گسسته مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه پس از معرفی نظریه مطلوبیت روش مدلسازی انتخاب لوجیت بررسی می‌شود.

افراد پیوسته در موقعیت‌های زمانی و مکانی مختلف مجبور به تصمیم‌گیری هستند. گزینه‌های پیش‌روی افراد گاهی ۲ مورد بوده و گاهی بیشتر از ۲ گزینه پیش‌رو دارند. در آخر با فرض بر اینکه فرد درک صحیحی از گزینه‌ها و جزئیات آنها داشته باشد و با علم بر اینکه منطقی رفتار می‌کند از بین گزینه‌های پیش‌رو مطلوب‌ترین گزینه را انتخاب می‌کند. در مجموع تابع مطلوبیت کمک می‌کند که فرد مطلوب‌ترین گزینه را شناسایی کرده و گزینه برتر را انتخاب کند. تابع مطلوبیت که مقدار مطلوبیت هر گزینه برای یک فرد را نشان می‌دهد وابسته به دو بخش مطلوبیت غیر قابل مشاهده و قابل مشاهده می‌باشد که رابطه بین آن‌ها از ساختار خطی تبعیت می‌کند.

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \qquad (۱)$$

در رابطه فوق U_{in} مطلوبیت گزینه i برای مشاهده n ام بوده که شامل دو بخش مطلوبیت مشاهده شده (V_{in}) و مطلوبیت مشاهده نشده (ε_{in}) می‌باشد. به‌طور کلی مطلوبیت مشاهده نشده بیانگر اثر بقیه متغیرهایی است که در جمع متغیرهای اثرگذار بر مطلوبیت لحاظ نشده‌اند. همچنین ممکن است برخی از متغیرها بصورت غیرخطی بر تابع مطلوبیت اثر بگذارند که در این صورت باعث وجود خطا در مقدار مطلوبیت می‌شوند که یکی از دلایل وجود بخش مشاهده نشده مطلوبیت همین است. مطلوبیت مشاهده شده علاوه بر این خود وابسته به ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری (ویژگی‌های گزینه انتخابی و ویژگی‌های فرد تصمیم‌گیرنده) است.

$$V_{in} = \beta_i X_{in} + \beta_{0e} \qquad (۲)$$

در رابطه بالا V_{in} مطلوبیت مشاهده شده گزینه i برای فرد n، β_i بردار پارامترهای تخمینی برای گزینه i و x_{in} بردار ویژگی‌های قابل اندازه گیری مربوط به گزینه i و فرد n است. در آخر با محاسبه مطلوبیت هرکدام از گزینه‌های پیش‌رو فرد گزینه‌ای که دارای بیشترین مطلوبیت باشد را انتخاب می‌کند. بطور مثال برای شخصی که می‌خواهد از بین مدهای مختلف حمل‌ونقلی یکی را انتخاب کند مطلوبیت تمام مدها بررسی می‌شود و فرد شیوه‌ای که بیشترین مطلوبیت دارد را انتخاب می‌کند.

۳-۲-رگرسیون لجستیک

در روند پژوهش از مدل سازی رگرسیون لجستیک یک مدل ریاضی برای متغیرهای وابسته دووجهی یا چندوجهی کیفی با متغیرهای مستقل پیوسته استفاده شده است. به عبارت دیگر رگرسیون لجستیک، به جای حداقل کردن مجذور خطاها (کاری که رگرسیون خطی انجام می‌دهد)، احتمالی را که یک واقعه رخ می‌دهد، حداکثر می‌کند. در رگرسیون لجستیک، از آماره‌های کای اسکوار و والد استفاده می‌شود. در بحث مدل‌سازی، رگرسیون ابزاری برای یافتن رابطه‌ای بین متغیر هدف y و مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل $x_1.x_2.x_3....x_n$ است که آن را بصورت $y = f(x_1.x_2.x_3....x_n)$ می‌نویسند. برای مثال در ابتلا به کرونا به عوامل یک (X_1)، عامل دو (X_2)، عامل سه (X_3)، عامل چهار (X_4) بر متغیر هدف به عنوان متغیر میزان ابتلا به کرونا تاثیر می‌گذارند.

۳-۲-۱- ساختار مدل رگرسیونی لجستیک

در بحث مدل‌سازی، رگرسیون ابزاری برای یافتن رابطه‌ای بین متغیر هدف y و مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل $x_1.x_2.x_3....x_n$ است که آن را بصورت $y = f(x_1.x_2.x_3....x_n)$ می‌نویسند.

برای مثال در ابتلا به کرونا به عوامل یک (x_1)، عامل دو (x_2)، عامل سه (x_3)، عامل چهار (x_4) بر متغیر هدف به عنوان متغیر میزان ابتلا به کرونا تاثیر می‌گذارند. شکل کلی مدل را می‌توان به صورت یک رابطه خطی مانند روبرو نوشت.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + ... + \beta_n x_n \qquad (۳)$$

که در آن، ضرایب $\beta_0.\beta_1.....\beta_n$ به یک نمونه تصادفی و معمولاً به روش کمترین مربعات خطا برآورد می‌شود. اگر متغیر پاسخ دووجهی باشد، یعنی پاسخ‌ها تنها شامل دو حالت وجود یا عدم وجود (که آنها را با مقایر صفر (۰) و ۱ نمایش می‌دهند) است و از طرفی دیگر متغیرهای پیشگو که می‌توانند بر متغیر پاسخ اثر بگذارند، متغیرهایی کمّی باشند در چنین حالتی در طرف چپ تساوی رابطه ۳ فقط شامل مقادیر ۰ و یا ۱ می‌شود.

۳-۳-معرفی متغیرهای مورد بررسی در فرآیند مدلسازی

مطابق با ادبیات موضوع مشخص گردید عوامل مختلفی (شرایط اقتصادی، در معرض بودن، رعایت پروتکل‌های بهداشتی و سلامتی

فردی) بر ریسک ابتلا به کرونا در مدهای مختلف حمل‌ونقلی اثرگذار هستند. کلیه این متغیرهای اثرگذار که در بانک اطلاعاتی این مطالعه جمع‌آوری شده و برای مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین نام‌گذاری اختصاری متغیرها در جدول آورده شده است.

جدول ۱. متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی

نوع متغیر	دسته متغیر	توضیح متغیر	نوع	نماد
مستقل	شرایط اقتصادی	درآمد ماهانه فرد: ۱=کمتر از ۵ میلیون تومان، ۲=بین ۵تا۱۰میلیون تومان، ۳=بیش از ۱۰میلیون تومان	رتبه‌ای	P-inc
		هزینه ماهانه فرد: ۱=کمتر از ۵ میلیون تومان، ۲=بین ۵تا۱۰میلیون تومان، ۳=بیش از ۱۰میلیون تومان	رتبه‌ای	P-exp
		توانایی پس انداز (۱=بلی، ۰=خیر)	ساختگی	A-savings
		مالکیت خانه (۱=بلی، ۰=خیر)	ساختگی	Own-H
		درآمد خانوادگی (۱=کمتر از ۵ میلیون تومان، ۲=بین ۵ تا۱۰ میلیون تومان، ۳=بیش از ۱۰میلیون تومان)	رتبه‌ای	F-Inc
		مالکیت وسیله‌نقلیه شخصی (۱=بلی، ۰=خیر)	ساختگی	V-own
		وجود بدهی (۱=بلی، ۰=خیر)	ساختگی	Lib
	در معرض بودن	فعالیت در بیرون از منزل (۱=کمتر از ۵ ساعت، ۲=بین ۵ تا ۱۰ ساعت، ۳=بیش از ساعت)	رتبه‌ای	Out-w
		دیدار دوستان و اقوام (۱=کمتر از ۵ ساعت، ۲=بین ۵تا۱۰ ساعت، ۳=بیش از ساعت)	رتبه‌ای	Meet-f
		ساعت کاری (۱=کمتر از ۵ ساعت، ۲=بین ۵تا۱۰ ساعت، ۳=بیش از ساعت)	رتبه‌ای	Hours-W
		گروه شغلی (۱=دولتی، ۲=خصوصی، ۳=آزاد)	رتبه‌ای	Work-g
		تعداد ارباب رجوع (۱=بدون مراجعه کننده، ۲=کمتر از ۱۰ مراجعه کننده، ۳=بیشتر از ۱۰ مراجعه کننده)	رتبه‌ای	Cus-N
	رعایت پروتکل‌ها	شستشوی دست (۱=اهمیت زیاد، ۲=اهمیت متوسط، ۳=بی اهمیت)	رتبه‌ای	HW

		استفاده از ماسک (۱=اهمیت زیاد، ۲=اهمیت متوسط، ۳=بی اهمیت)	رتبه‌ای	WM
		رعایت فاصله اجتماعی (۱=اهمیت زیاد، ۲=اهمیت متوسط، ۳=بی اهمیت)	رتبه‌ای	SD
		استفاده از الکل و مواد بهداشتی (۱=اهمیت زیاد، ۲=اهمیت متوسط، ۳=بی اهمیت)	رتبه‌ای	AU
	سلامتی فردی	سابقه بیماری زمینه ای (۱=بلی، ۰=خیر)	ساختگی	RI
		رعایت رژیم غذایی سالم (۱=اهمیت زیاد، ۲=اهمیت متوسط، ۳=بی اهمیت)	رتبه‌ای	HF
		سبک زندگی ایده آل و ورزش (۱=اهمیت زیاد، ۲=اهمیت متوسط، ۳=بی اهمیت)	رتبه‌ای	HL
		تناسب اندام (۱=متناسب، ۰=اضافه وزن)	ساختگی	sym
	سن	(۱=کمتر از ۳۰سال، ۲=بین ۳۰تا۵۰ سال، ۳=بیش از ۵۰سال)	رتبه‌ای	age
	جنسیت	(۱=مرد، ۰=زن)	ساختگی	S
	تحصیلات	(۱=زیردیپلم، ۲=دیپلم و فوق دیپلم، ۳=لیسانس و فوق لیسانس، ٤=دکتری)	رتبه‌ای	Edu
وابسته	-	ریسک ابتلا به کرونا در هر مد حمل‌ونقل		R-affection

٤-۳-مطالعه موردی

در این تحقیق بر اساس فرآیند مورد نظر و بررسی مطالعات و تحقیقات پیشین، جامعه هدف و بر اساس آن نمونه‌گیری تعیین می‌گردد. بر این اساس تعداد مشخصی به عنوان نمونه آماری مورد پرسشگری با روش خود تکمیلی قرار می‌گیرند و سپس پرسشنامه‌های حاصله مورد غربالگری قرار خواهند گرفت و پرسشنامه‌های تکمیل شده غیرمعتبر حذف می‌گردند و در نهایت نتایج حاصل از پرسشنامه‌های معتبر، توسط نرم‌افزارهای مربوطه مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهند گرفت. بعد از اتمام پاسخ‌دهی، از افراد خواسته می‌شود که اگر سؤالی را جواب نداده‌اند، به آنها پاسخ دهند. جامعه آماری این تحقیق شهروندان تهران می‌باشند. تعیین حجم نمونه اهمیت فراوانی در قابلیت تعمیم نتایج آزمون به جامعه دارد. روش‌های مختلفی جهت تعیین حجم نمونه وجود دارد که دقیق‌ترین روش‌ها، روش‌های ریاضی جهت تعیین حجم نمونه است. از آنجاکه چارچوب جامعه آماری در این تحقیق محدود و در دسترس قرار دارد، جهت تعیین حجم نمونه از تابع نرمال استاندارد با خطای ۵٪ استفاده شده است. بدینصورت که پس از مشخص شدن حجم جامعه ۱۵۰ تا نهایی نمونه آماری پرسشنامه‌ها مطابق با حجم نمونه آماری تهیه و بین شهروندان تهران تحویل داده شد و پاسخ‌دهندگان پس از تکمیل، فرم پاسخنامه را به آماربردار عودت دادند. لازم به ذکر، از ۵۰ نفر از جامعه آماری مورد نظر توسط آماربردار در هفته دوم فرودین ماه ۱٤۰۰ صورت گرفته است. تهران پرجمعیت‌ترین شهر کشور و پایتخت جمهوری اسلامی ایران، مرکز استان تهران و شهرستان تهران است. این شهر با ۸,٦۹۳,۷۰٦ نفر جمعیت، بیست و چهارمین شهر پرجمعیت جهان و پرجمعیت‌ترین شهر باختر آسیا به‌شمار

می‌رود. کلان‌شهر تهران دومین کلان‌شهر پرجمعیت خاورمیانه است.

٤-پرداخت مدل‌های انتخاب

هدف از پرداخت مدل‌ها، یافتن ضرایب متغیرهای توضیحی تابع مطلوبیت و تعیین میزان اهمیت هر یک از آنهاست. همانطور که گفته شد این مطالعه در نظر دارد تغییرات مطلوبیت و اثرگذاری هر کدام از عوامل موثر بر ابتلا به کرونا را در مدهای مختلف حمل‌ونقلی بررسی کند.

از این‌رو در این مطالعه یک مدل انتخاب لوجیت (اثرگذاری هر کدام از عوامل ابتلا به کرونا در مدهای مختلف حمل‌ونقل) برازش شده است که در جدول ۲ ارائه شده است.

در جدول ۲ اثر هر کدام از متغیرهای معنادار بر درصد ابتلا به کرونا در هر کدام از مدهای حمل‌ونقلی محاسبه شده است. همانطور که در جدول ۲ مشخص شده است، عواملی از جمله درآمد و هزینه فردی، در دسترس بودن خودرو شخصی، سن، میزان فعالیت خارج از خانه، ملاقات با اقوام و آشنایان، تعداد مراجعین، رعایت فاصله اجتماعی، استفاده از ماسک و سابقه بیماری معنادار شده‌اند.

مطابق جدول ۲ در تابع مطلوبیت درصد ریسک ابتلا به کرونا هر کدام از مدهای حمل‌ونقلی در شهر تهران ۵ عامل از عامل‌های مورد بررسی در مطالعه ما معنادار شده‌اند، علاوه بر این در غالب متغیرهای معنادار شده، بزرگی ضرایب متفاوت بوده و این اهمیت غیریکسان این متغیرها در ریسک ابتلا به کرونا در هر کدام از مدهای مورد بررسی حمل‌ونقلی را نشان می‌دهد. این مطلب از مقادیر اثر حاشیه‌ای محاسبه شده نیز قابل تشخیص است که در ادامه و در قسمت تفسیر ضرایب مورد بررسی قرار خواهد گرفت. بررسی تابع مطلوبیت ریسک ابتلا به کرونا در مدهای مختلف حمل‌ونقلی شهر تهران نشان می‌دهد که از عوامل مورد بررسی در این مطالعه ۵ عامل از بین تمامی عامل‌ها معنادار شده‌اند و ارتباط بیشتری با ابتلای افراد به کرونا داشته‌اند. همچنین از مقادیر اثر حاشیه‌ای مشخص است این عوامل در مدهای حمل‌ونقل همگانی تاثیر بیشتری بر افراد داشته‌اند و این تاثیر بر افرادی که از خودروی شخصی استفاده می‌کنند کمتر است.

در جدول ۳ کالیبره بودن مدل رگرسیون لوجستیک آمده است که مقدار سطح معناداری کمتر از ۰,۰۵ است که تائید کننده مناسب بودن فیتینگ است.

جدول ۲. مدل انتخاب لوجیت نهایی برازش شده

عنوان متغیر	ضرایب متغیرهای معنی‌دار (اثر حاشیه/ کشش) در مدل لاجیت مربوط به			
	تاکسی اینترنتی	تاکسی	اتوبوس	مترو
سن	۲,۹۸ *** (۰,۰۰۲)	۲,۳۱ ** (۰,۰۲)	۲,۱۳ ** (۰,۰۰۳)	–
استفاده از ماسک	۱,۸۲* (۰,۰۰٦)	۱,۷۵ * (۰,۰۸)	–	–
شستشوی دست ها	۰,٤٤*** (۰,۰۰۷)	۰,۵ *** (۰,۰۷)	۰,۸ *** (۰,۰۹)	۰,۷ *** (۰,۰۸)
رعایت رژیم غذایی سالم	–	–	−۱,٦٦* (۰,۰۹۷)	−۱,٦٥* (۰,۰۹۵)
ریسک ابتلا به کرونا	−٤,۰٦*** (۰ .۰)	−۲,۸۵ *** (۰,۰٤)	−۲,۰۷** (۰,۰۳۸)	۲,۱ ** (۰,۰۳۵)
***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.				

٤-١- مدلسازی رگرسیون لوجستیک

در مورد مدل‌سازی، معمولاً تحقیقاتی که با استفاده از روش تحلیل عاملی صورت می‌گیرند پیش‌مطالعاتی هستند و زمینه‌ساز برای مطالعات بعدی می‌باشند. در این مطالعات پژوهشگر به دنبال ارتباط و کشف عوامل موثر است و مدل‌سازی در مطالعات پیشنهادی این

جدول ٤ مقدار پیرسون برای صحت سنجی مدل با سطح معناداری کمتر از ۰,۰۵ مورد تایید است. مقدار دیوانس معمولاً در تضاد فرضیه پیرسون است؛ که سطح معنا داری آن بیشتر از ۰,۰۵ است که که فرضیه صفر رد می‌گردد و درست است و معمولاً اگر پیرسون تائید کند دیوانس آن را رد می‌کند.

جدول ۳. کالیبره بودن مدل

اطلاعات مربوط به ساختار مدل						
مدل	معیارهای برازش مدل			آزمون‌های نسبت احتمال		
	تابع درستنمایی AIC	تابع درستنمایی BIC	تابع درست نمایی	آزمون کای دو	درجه آزادی	سطح معنی داری
مقدار ثابت	٤٢٠,٩١١	٤٣٢,٩٢٦	٤١٢,٩١١			
نهایی	٢١٦,٥١٩	٢٧٦,٥٩٨	١٧٦,٥١٩	٢٣٦,٣٩١	١٦	۰,۰۰۰

جدول ٤. مقدار پیرسون

برازش			
سطح معنی داری	درجه آزادی	آزمون کای دو	
۰,۰۰۰	۲۰۰	۸۷۳,٦۱۱	پیرسون
۰,۹۷٦	۲۰۰	١٦٢,٣٥٤	انحراف

در جدول۵ مقدار کاک اسنل و ناگلکر و مک فادن آمده است، معمولاً در مدل لوجیت R^2 معمولی نیست. از شاخص‌های زیر برای کالیبره بودن مدل استفاده می‌شود. مقدار بالای ۷۰٪ مقدار خوبی است.

جدول ۵. صحت‌سنجی مدل

مقدار برازش خطی Pseudo	
.795	کاک اسنل
.837	ناگلکر
.527	مک فادن

جدول ٦ آزمون صحت‌سنجی مدل برای فاکتوهای تحلیل عاملی آمده است که مقدار همه آن برای سطح معناداری کمتر کمتر از ۰,۰۵ است که مورد تایید است. به ترتیب مخفف متغیرهای مربوط به عامل شرایط اقتصادی، مربوط به عامل در معرض بودن مسافر، مربوط به عامل رعایت پروتکل‌های بهداشتی، مربوط عامل سلامتی فردی است. در زیر متغیرهای استفاده شده در رابطه معرفی می‌گردد.

F1: (مربوط به عامل شرایط اقتصادی)

F2: (مربوط به عامل در معرض بودن مسافر)

F3: (مربوط به عامل رعایت پروتکل‌های بهداشتی)

F4: (مربوط عامل سلامتی فردی)

جدول ٦. آزمون صحت سنجی مدل برای فاکتورهای

آزمون نسبت درستنمایی						
آزمون نسبت درستنمایی			Model Fitting Criteria			اندازه تاثیر
سطح معنی داری	درجه آزادی	آزمون کای دو	تابع درستنمایی	تابع درستنمایی BIC	تابع درستنمایی AIC	
۰,۰۰۰	٤	۲۲,٥٥۸	۱۹۹,۰۷۷	۲۷۹,۱٤۱	۲۳۱,۰۷۷	مقدار ثابت
۰,۰۰۰	٤	۷۱,۷۸۹	۲٤۸,۳۰۹	۳۲۸,۳۷۲	۲۸۰,۳۰۹	عامل اول
۰,۰۰۰	٤	٤٥,٥۸۸	۲۲۲,۱۰۸	۳۰۲,۱۷۱	۲٥٤,۱٥۸	عامل دوم
۰,۰۱۳	٤	۱۲,۷۳۸	۱۸۹,۲٥۷	۲٦۹,۳۲۱	۲۲۱,۲٥۷	عامل سوم
۰,۰۸٥	٤	۸,۱۹٤	۱۸٤,۷۱٤	۲٦٤,۷۷۷	۲۱٦,۷۱٤	عامل چهارم

در جدول ۷ درصد احتمال ابتلا در مدهای مختلف آمده است. این جدول با استفاده از لوجیت چندگانه بدست آمده است. به این صورت که عاملی که در آن سطح معناداری زیر ۰,۰۵ است در آن مد اهمیتش برای مد اتوبوس بیشتر از مدهای دیگر است. اما علت مقایسه با مد اتوبوس این است، که در مدل لوجیت به صورت odd-ratio نسبت‌ها اندازه‌گیری می‌گردد. برای مثال فاکتور دوم در مد اتوبوس نسبت به مترو.

جدول ۷. تاثیر عامل‌های ٤گانه اصلی در مدها

Parameter Estimates									
مدها		B	خطای استاندارد	آزمون والد	درجه آزادی	سطح معنی داری	Exp(B)	صحت اطمینان Exp(B)	
								کران پایین	کران بالا
مترو	Intercept	٦,٧٠٤	٢,٠٤٢	١٠,٧٣٣	١	٠,٠٠١			
	عامل اول	−٠,٣٢٩	٠,٢٤٠	١,٨٧٤	١	٠,١٧١	٠,٧٢٠	٠,٤٤٩	١,١٥٣
	عامل دوم	−١,٥٥٥	٠,٤٤٤	١٢,٢٨٩	١	٠,٠٠٠	٠,٢١١	٠,٠٨٩	٠,٥٠٤
	عامل سوم	−٠,٣٣٤	٠,٣٦٢	٠,٨٥٢	١	٠,٣٥٦	٠,٧١٦	٠,٣٥٢	١,٤٥٥
	عامل چهارم	٠,٣٧٢	٠,٤٥١	٠,٦٨١	١	٠,٤٠٩	١,٤٥١	٠,٥٩٩	٣,٥١٥
تاکسی اینترنتی	Intercept	٩,٦٨٣	٤,٠٤٤	٥,٧٣٤	١	٠,٠١٧			
	عامل اول	١,٨٦٩	٠,٦٢٣	٩,٢٦٢	١	٠,٠٠٢	٦,٦٦١	١,٩٦٤	٢٢,٥٩١
	عامل دوم	−٤,٦٠١	٠,٨٢٤	١٩,٩٠٧	١	٠,٠٠٠	٠,٠٢٧	٠,٠٠٥	٠,١٣٧
	عامل سوم	−٠,٠٠٤	٠,٦١١	٠,٠٠٠	١	٠,٩٩٥	٠,٩٩٦	٠,٣٠١	٣,٣٠٢
	عامل چهارم	−١,٨٣٥	٠,٨١٥	٥,٠٦٩	١	٠,٠٢٤	٠,١٦٠	٠,٠٣٢	٠,٧٨٩
تاکسی	Intercept	٨,٧٣٩	٣,٢٠٧	٧,٤٢٤	١	٠,٠٠٦			
	عامل اول	٠,٩٦٧	٠,٤٢١	٥,٢٨٨	١	٠,٠٢١	٢,٦٣١	١,١٥٤	٦,٠٠٢
	عامل دوم	−١,٢٦٩	٠,٥٧٦	٤,٨٥٧	١	٠,٠٢٨	٠,٢٨١	٠,٠٩١	٠,٨٦٩
	عامل سوم	−٢,٠٠٤	٠,٧٧٩	٦,٦١١	١	٠,٠١٠	٠,١٣٥	٠,٠٢٩	٠,٦٢١
	عامل چهارم	−٠,٦٤٩	٠,٧١٥	٠,٨٢٤	١	٠,٣٦٤	٠,٥٢٢	٠,١٢٩	٢,١٢٢
خودرو شخصی	Intercept	−١,٥٤٠	٢,٤٨٩	٠,٣٨٣	١	٠,٥٣٦			
	عامل اول	١,٥٢٢	٠,٣٥٤	١٨,٤٩٢	١	٠,٠٠٠	٤,٥٨١	٢,٢٨٩	٩,١٦٦
	عامل دوم	−٠,٥٦٩	٠,٥٩٦	٠,٩١٢	١	٠,٣٤٠	٠,٥٦٦	٠,١٧٦	١,٨٢١
	عامل سوم	−٠,٤٦٧	٠,٤٧١	٠,٩٨٠	١	٠,٣٢٢	٠,٦٢٧	٠,٢٤٩	١,٥٨٠
	عامل چهارم	٠,٤٠٩	٠,٠١٢	١	٠,٩١٤	٠,٩٥٧	٠,٤٢٩	٢,١٣٥	

٤-۲-درصد ریسک ابتلا در مدهای مورد بررسی

در جدول ۸ احتمال ابتلا به کرونا نسبت به ٤ عاملی که در این فصل بدست آمده است ارزیابی شده است. لازم به ذکر است احتمال ابتلا نسبت به عوامل دیگری که در این مطالعه مورد ارزیابی قرار نگرفته است بررسی نشده است. در جدول ۸ احتمال ابتلا در مد تاکسی نسبت به این ٤ عامل از همه بیشتر است و کمترین احتمال ابتلا متعلق به مد سواری شخصی است.

جدول ۸. بررسی ریسک مدها مختلف در مدهای مختلف

طبقه‌بندی						
مشاهده شده	پیش بینی شده					
	۱,۰۰	۲,۰۰	۳,۰۰	٤,۰۰	٥,۰۰	درصد درست
اتوبوس	٤٥	٦	۰	۰	٤	٪۸۱,۸
مترو	۸	۲٤	۱	۱	۱	٪٦۸,٦
تاکسی اینترنتی	۰	۱	۱۹	۰	۱	٪۹۰,٥
تاکسی	۰	۰	۰	۱٥	۰	٪۱۰۰
خودرو شخصی	٤	۰	۰	۷	۱۲	٪٥۲,۲
درصد نهایی	٪۳۸,۳	٪۲۰,۸	٪۱۳,٤	٪۱٥,٤	٪۱۲,۱	٪۷۲,۲

جدول ۹. ریسک ابتلا به کرونا در مدهای مختلف در مدهای مختلف

مدهای حمل‌ونقل	درصد ریسک ابتلا
اتوبوس	۳۸,۳٪
مترو	۲۰,۸٪
تاکسی اینترنتی	۱۳,٤٪
تاکسی	۱٥,٤٪
خودرو شخصی	۱۲,۱٪

احتمال ابتلا به ویروس کووید در مدهای مختلف حمل‌ونقلی شهر تهران طبق بررسی و مدل‌سازی صورت گرفته از سبک زندگی و ویژگی‌های اشخاص استفاده‌کننده از هر مد حمل‌ونقلی در این مطالعه در جدول ۹ آورده شده است و همانطور که مشخص است اتوبوس دارای بیشترین درصد خطر و وسیله شخصی دارای کمترین درصد خطر می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری

این پژوهش با تحلیل و ارزیابی متغیرهای مختلف ابتلا به ویروس کرونا در مدهای مختلف حمل ونقل درون شهری برای گروه‌های سنی و جنسیتی مختلف صورت پذیرفت. به بیان ساده‌تر بررسی شد که شهروندان با مقایسه جنسیت، سن و مد حمل‌ونقلی مورد استفاده تا چه میزان در خطر ابتلا به ویروس کرونا قرار دارند. نتایج مدل انتخاب برازش شده نشان داد که از عوامل مورد بررسی ما، ۵ عامل در افزایش خطر ابتلا به بیماری کرونا تاثیر معناداری دارد. همچنین تاثیر این عوامل در مد اتوبوس از بقیه مدها بیشتر بود نتایج مدل رگرسیون لجستیک برازش شده به کمک ٤ عامل اصلی استخراج شده درصد احتمال ابتلا به ویروس کرونا در هرکدام از مدهای حمل‌ونقلی را به ما داد که طبق نتایج اتوبوس بیشترین درصد احتمال ابتلا و خودروی شخصی کمترین درصد احتمال ابتلا را دارا بود. در نهایت می‌توان بیان کرد که با بهبود شرایط اقتصادی رعایت پروتکل‌های بهداشتی و سلامت فردی افزایش می‌یابد. پس یکی از دلایل افزایش شیوع ویروس کرونا در زمان همه‌گیری ضعیف بودن شرایط اقتصادی افراد است. همچنین نتیجه شد افرادی که بیشتر از مد حمل‌ونقل همگانی استفاده کرده‌اند، بنابر نوع و مقدار فعالیت‌ها بیشتر در معرض ابتلا به بیماری قرار داشته‌اند. نتایج این پژوهش می‌تواند به امر کاهش میزان مبتلایان در زمان پاندمی با نشان دادن اینکه افراد با مقایسه جنسیت، سن و انتخاب مد حمل‌ونقل چقدر در خطر ابتلا به ویروس هستند، کمک کند.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش و نقش معنادار برخی عوامل در افزایش ریسک ابتلا به ویروس کرونا در مدهای مختلف حمل‌ونقل شهری، پیشنهادات زیر جهت کاهش خطر ابتلا و بهبود مدیریت حمل‌ونقل در شرایط اپیدمی ارائه می‌شود:

-تقویت و نظارت بر اجرای پروتکل‌های بهداشتی در حمل‌ونقل عمومی با توجه به بالا بودن ریسک ابتلا در مدهای حمل‌ونقل همگانی به‌ویژه اتوبوس و مترو، پیشنهاد می‌شود نظارت دقیق‌تری بر رعایت استفاده از ماسک، ضدعفونی مستمر ناوگان و رعایت فاصله اجتماعی در این مدها اعمال شود.

-مدیریت تقاضای سفر و کاهش تراکم مسافر در ساعات اوج برنامه‌ریزی برای افزایش تعداد ناوگان فعال در ساعات اوج تردد، تغییر ساعات کاری سازمان‌ها و تو سعه دورکاری می‌تواند نقش مؤثری در کاهش تراکم مسافر و در نتیجه کاهش ریسک ابتلا داشته باشد.

-افزایش آگاهی عمومی و آموزش شهروندان آموزش شهروندان در خصوص رفتارهای ایمن در سفرهای شهری، اهمیت رعایت پروتکل‌های بهداشتی و انتخاب آگاهانه مد حمل‌ونقل می‌تواند به کاهش شیوع بیماری در محیط‌های حمل‌ونقلی کمک کند.

-حمایت از گروه‌های آسیب‌پذیر و کم‌درآمد از آنجا که افراد کم‌درآمد بیشتر ناچار به استفاده از حمل‌ونقل عمومی هستند، ارائه یارانه‌های هدفمند، افزایش کیفیت خدمات بهداشتی ناوگان و فراهم کردن شرایط ایمن‌تر برای این گروه‌ها ضروری به نظر می‌رسد.

-توسعه حمل‌ونقل پاک و مدهای جایگزین کم‌ریسک توسعه زیرساخت‌های پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری و حمل‌ونقل خرد می‌تواند به‌عنوان گزینه‌های کم‌خطرتر در دوران همه‌گیری مورد توجه قرار گیرد و فشار تقاضا را از حمل‌ونقل عمومی بکاهد.

-به‌کارگیری نتایج پژوهش در سیاست‌گذاری‌های حمل‌ونقلی در شرایط بحران نتایج این تحقیق می‌تواند به‌عنوان مبنایی علمی برای تدوین دستورالعمل‌ها و سیاست‌های مدیریت حمل‌ونقل شهری در زمان بروز بحران‌های بهداشتی و اپیدمی‌های مشابه در آینده مورد استفاده قرار گیرد.

-پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، حجم نمونه افزایش یابد، شهرهای مختلف مورد بررسی قرار گیرند و همچنین اثر متغیرهایی نظیر کیفیت تهویه وسایل نقلیه، مدت زمان سفر و تراکم واقعی مسافر به‌صورت کمی در مدل‌ها لحاظ شود.

٦-مراجع

-Assessment, R. R. (2020). Coronavirus disease 2019 (COVID-19) in the EU/EEA and the UK–ninth update. *European Centre for Disease Prevention and Control: Stockholm.*

-Bai, Y., Yao, L., Wei, T., Tian, F., Jin, D. Y., Chen, L., & Wang, M. (2020). Presumed asymptomatic carrier transmission of COVID-19. *Jama*, *323*(14), 1406-1407.
doi: 10.22034/tri.2023.351926.3060

-Du, Z., Wang, L., Cauchemez, S., Xu, X., Wang, X., Cowling, B. J., & Meyers, L. A. (2020). Risk for transportation of 2019 novel coronavirus (COVID-19) from Wuhan to cities in China. *MedRxiv.*

-Ebrahimzadeh, M. A., Abdolmanafi, S. E., & Khosrozadeh, A. R. (2024). Assessing the Risk of Coronavirus (COVID) Infection in different Modes of Transportation in Tehran. *Journal of Transportation Research*, *21*(1), 197-210.

-Epidemiology, causes, clinical manifestation and diagnosis, prevention and control of coronavirus disease (COVID-19) during the early outbreak period: a scoping review. *Infectious Diseases of Poverty*, *9*(1), 1-12.

-Keeling, M. J., & Gilligan, C. A. (2000). Meta population dynamics of bubonic plague. *Nature,* 407(6806), 903-906.

-Li Q, Guan X, Wu P, Wang X, Zhou L, Tong Y. et al. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus–infected pneumonia. *N Engl J Med*. 2020; NEJMoa2001316; E.pub. ahead of print. **doi:10.1056/NEJMoa2001316**

-Lounibos, L. P. (2002). Invasions by insect -

Adhikari, S. P., Meng, S., Wu, Y. J., Mao, Y. P., Ye, R. X., Wang, Q. Z. & Zhou, H. (2020).

-Scott, S., & Duncan, C. J. (2004). Return of the black death: the world's greatest serial killer. *John Wilev & Sons.*

-Shen, J. (2020). Analyzing the determinants of the spread of covid-19 among the provincial regions in China. vectors of human disease. *Annual Review of Entomology*, *47*(1), 233-266.

Twigg, G. (2003). The black death: a problem of population-wide infection. *Local Population Studies*, *71*, 40-52.

-World Health Organization. Statement on the second meeting of the International Health Regulations (2005). Emergency Committee regarding the outbreak of novel coronavirus (2019-nCoV). Geneva: The Organization; 2020 [cited 2020 Feb 5].

-Wuhan Municipal Health Commission. Wuhan Municipal Health Commission briefing on the pneumonia epidemic situation 31 Dec 2019 [in Chinese]. 2020. [cited 2020 Jan 11].

-Yamagishi, T., Kamiya, H., Kakimoto, K., Suzuki, M., & Wakita, T. (2020). Descriptive study of COVID-19 outbreak among passengers and crew on Diamond Princess cruise ship, Yokohama Port, Japan, 20 January to 9 February *Eurosurveillance,* 25(23), 2000272.

-Ebrahimzadeh, M. A., Abdolmanafi, S. E., & Khosrozadeh, A. R. (2024). Assessing the Risk of Coronavirus (COVID) Infection in different Modes of Transportation in Tehran. *Journal of Transportation Research*, *21*(1), 197-210.

Analysis and Evaluation of the Impact of Various Factors on the Probability of Contracting COVID-19 in Different Modes of Urban Public Transportation

Amirhossein Jashnian, *Department of Civil Engineering, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.*
Mohammad Amin Ebrahimzadeh, Transportation Planning Civil Engineering Group, Faculty of Engineering, Imam Khomeini International University (IKIU), Qazvin, Iran.

Amirreza Khosrozadeh, Department of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, Architectural Art, Azad University of Science and Research, Tehran, Iran.

E-mail: amirjashnian@yahoo.com

Received: September 2025- Accepted: February 2026

ABSTRACT

Today, urban transportation and traffic are key issues in urban and regional planning, as they form a crucial part of urban infrastructure. These systems enable human interactions and the flow of people, goods, energy, and information. This study aims to assess the risk of COVID-19 infection in various modes of transportation in Tehran, considering different age and gender groups. In simple terms, the study examines how gender, age, and the mode of transportation used influence citizens' risk of contracting the COVID-19 virus. Using a choice modeling approach and logistic regression, this research analyzes and evaluates various factors contributing to the risk of COVID-19 infection across different modes of urban transportation. The study's sample consists of 150 Tehran residents. The results of the fitted choice model indicated that five factors significantly increased the risk of infection. Furthermore, the effect of these factors was higher in buses compared to other modes of transportation. The results from the logistic regression model, based on the four main factors identified, show the probability of infection across different transport modes. According to the findings, buses have the highest risk of infection, while private cars have the lowest risk.

Keywords: COVID-19, Logistic Regression, Choice Model, Risk Assessment