

# ارائه مدل انتخاب وسیله نقلیه برای دسترسی زمینی به فرودگاه،

## مطالعه موردی: فرودگاه بین‌المللی شهید هاشمی نژاد مشهد

ابولفضل خسروی خلیران، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

غلامعلی شفاابخش (مسئول مکاتبات)، استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

سیدعلی تقی‌زاده، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

E-mail: Shafabakhsh@semnan.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۰/۰۱/۱۶ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۲۹

### چکیده

فرودگاه‌ها منابع ملی مهمی هستند و نقش مهمی در حمل‌ونقل افراد و کالاهای در سطح منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی ایفا می‌کنند. از این رو سیستم دسترسی زمینی کارآمد برای استفاده از تمام ظرفیت هر فرودگاه ضروری است. در این تحقیق به بررسی انتخاب وسیله نقلیه دسترسی زمینی به فرودگاه بین‌المللی شهید هاشمی نژاد مشهد پرداخته شده است. هدف از این تحقیق، بررسی شرایط فعلی دسترسی به فرودگاه مذکور، تعیین عوامل موثر و میزان اثر آنها بر انتخاب وسیله نقلیه دسترسی به فرودگاه مورد مطالعه است. داده‌های مورد نیاز از مسافران خروجی فرودگاه و با استفاده از پرسشنامه جمع‌آوری شدند. پرسشنامه‌ها براساس روش رجحان بیان شده و طرح متعامد طراحی شده بودند که براساس آنها نحوه رفتار انتخاب وسیله نقلیه مسافران مورد مطالعه تحت سه شرایط فرضی حمل بار و مجموعه‌ای از ویژگی‌ها بررسی شد. در هر یک از شرایط، مسافران باید از میان پنج وسیله نقلیه، خودروی شخصی (پارک کردن)، خودروی شخصی (رساندن مسافر)، تاکسی، مترو و اتوبوس، یکی را انتخاب می‌کردند. پیمایشی به صورت مصاحبه رو در رو و در طی نه روز در سال ۱۳۹۴ انجام شد. براساس پیمایش انجام شده، در مجموع ۵۹۶ پرسشنامه جمع‌آوری شدند که از این تعداد، ۵۳۳ پرسشنامه جهت مدلسازی به کار گرفته شد. در پایان، از مدل لوجیت چندگانه برای مدلسازی انتخاب وسیله نقلیه مسافران فرودگاه استفاده شد. نتایج نشان داد که در زمان مطالعه، تاکسی و خودروی شخصی (رساندن مسافر) اصلی‌ترین وسایل نقلیه انتخابی توسط مسافران مورد مطالعه بوده و اتوبوس به عنوان تنها وسیله نقلیه عمومی، سهم بسیار کمی در انتخاب مسافران هوایی داشته است (نزدیک به یک درصد). همچنین نتایج نشان داد که انتخاب وسیله نقلیه دسترسی به فرودگاه مورد مطالعه به طور معناداری تحت تاثیر متغیرهای هزینه سفر، درآمد بیش از ۲/۵ میلیون تومان، سطح تحصیلات، گروه سنی ۳۶ تا ۵۲ سال، جنسیت، محل سکونت، تعداد کیف و شلوغی وسیله نقلیه عمومی است.

واژه‌های کلیدی: انتخاب وسیله نقلیه دسترسی، فرودگاه بین‌المللی شهید هاشمی نژاد، لوجیت چندگانه، مدل انتخاب گسسته.

## ۱. مقدمه

ویژگی‌های به دست آمده از مطالعات پیشین شامل خصوصیات وسیله‌نقلیه (مانند زمان سفر)، خصوصیات سفر (مانند هدف سفر) و خصوصیات اقتصادی-اجتماعی مسافر (مانند درآمد) است که اثرات آنها بر انتخاب وسیله‌نقلیه دسترسی به فرودگاه مورد مطالعه بررسی شده است. همچنین به منظور بررسی انتخاب وسیله‌نقلیه دسترسی به فرودگاه مورد نظر از مدل لجیستیک چندگانه استفاده شد. فرودگاه بین‌المللی شهید هاشمی‌نژاد مشهد به عنوان فرودگاه مورد مطالعه انتخاب شده است که در ادامه مورد بررسی قرار گرفته است.

### ۱-۱ فرودگاه مورد مطالعه

فرودگاه بین‌المللی شهید هاشمی‌نژاد در جنوب شرقی شهر مشهد واقع شده است و دومین فرودگاه ایران از لحاظ میزان اعزام و پذیرش مسافر است. به عنوان مثال این فرودگاه در سال ۱۳۹۳ در مجموع توانسته است، ۸,۲۱۰,۱۷۰ مسافر هوایی را جابجا کند [Country Airports Specialized Holding Company, 2015]. همچنین آمارهای ارائه شده توسط شرکت مادر تخصصی فرودگاه‌های کشور در طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳ (شکل ۱) نشان می‌دهد که تعداد مسافران اعزام و پذیرش شده این فرودگاه، به طور متوسط، سالیانه ۱۶۷ درصد رشد داشته است [Country Airports Specialized Holding Company 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015]. در زمان اجرای تحقیق، وسایل نقلیه دسترسی به فرودگاه مورد نظر، شامل خودروی شخصی (پارک کردن و رساندن مسافر)، تاکسی، اتوبوس و خودروهای رایگان (خودروهای هتل و خودروهای تور) بودند. همچنین خط مترو برای سرویس دهی به فرودگاه در دست احداث بود. با توجه به اهمیت استراتژیک فرودگاه بین‌المللی شهید هاشمی‌نژاد و همچنین نبود پیشینه مطالعاتی برای آن، این فرودگاه به عنوان فرودگاه مورد مطالعه انتخاب شد. قابل ذکر است که شرایط دسترسی مشاهده شده برای هر فرودگاه، منحصر به فرد است و به نوع و حجم ترافیک فرودگاه، مکان و موقعیت جغرافیایی آن، شهری که فرودگاه در آن قرار دارد و به ساختار اقتصادی، اجتماعی و سیاسی کشور مربوطه بستگی دارد [Alhoussein, 2011] که این امر اهمیت مطالعه بر روی فرودگاه مورد نظر را بیشتر آشکار می‌کند.

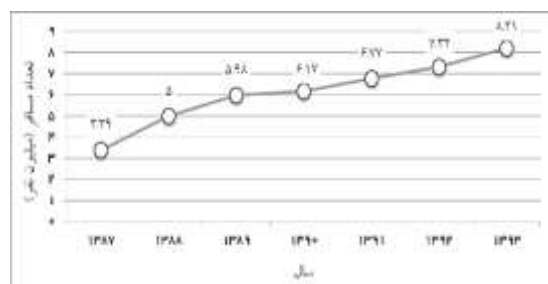
به جابجایی افراد و کالاها از یک مکان به مکان دیگر، حمل‌ونقل گفته می‌شود و بدیهی است که همیشه حمل‌ونقل سریع حائز اهمیت است. به همین دلیل فرودگاه‌ها نقش مهمی در صنعت حمل‌ونقل ایفا می‌کنند به گونه‌ای که اتحادیه بین‌المللی فرودگاه‌ها (۲۰۰۵) پیش‌بینی کرده است که تا سال ۲۰۲۰ میلادی، سالانه ۴ درصد به ترافیک مسافران هوایی افزوده شود [Tam, Lam and Lo, 2008].

تخمین زده می‌شود که یک فرودگاه با حجم جابجایی سالانه ۴۵ میلیون مسافر، می‌تواند روزانه تا پنج میلیون مایل (معادل تقریباً هشت میلیون کیلومتر) سفر دسترسی زمینی تولید کند [Budd, Ryley and Isont, 2014]. همچنین فیشر نشان داد که سیستم حمل‌ونقل دسترسی یکی از فاکتورهای کلیدی است که نه تنها حجم سرویس فرودگاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد بلکه بر کیفیت سرویس دهی و سهم فرودگاه در اقتصاد محلی تاثیرگذار است [Jou, Hensher and Hsu, 2011]. بنابراین بدیهی است که سیستم دسترسی زمینی کارآمد برای به کارگیری تمام پتانسیل هر فرودگاهی، حیاتی است. از این رو، برنامه‌ریزی برای پیرامون ترمینال‌ها، تسهیلات دسترسی زمینی به فرودگاه و اثرات زیست محیطی ناشی از آنها، نیازمند پیش‌بینی انتخاب وسیله‌نقلیه کاربران فرودگاه و عوامل موثر بر آن است [Gosling, 2008]. در این تحقیق علاوه بر ویژگی‌های بدست آمده از مطالعات پیشین، تاثیر میزان بار، بر انتخاب وسیله‌نقلیه مسافران هوایی جهت دسترسی به فرودگاه بین‌المللی شهید هاشمی‌نژاد مشهد نیز بررسی شده است. تاثیر میزان بار همراه مسافر با استفاده از روش رجحان بیان شده در سه حالت متفاوت بررسی گردید. این سه حالت عبارتند از: (۱) همراه داشتن فقط یک کیف دستی، (۲) همراه داشتن یک کیف دستی و یک چمدان با وزن متوسط و (۳) همراه داشتن یک کیف دستی و دو چمدان هر کدام با وزن متوسط. در هر یک از شرایط از پاسخ‌دهنده خواسته شده بود تا از میان پنج نوع وسیله‌نقلیه پیشنهادی، مناسب‌ترین وسیله‌نقلیه را انتخاب کنند. پنج نوع وسیله‌نقلیه پیشنهادی شامل، خودروی شخصی (پارک کردن و رساندن مسافر)، تاکسی، مترو و اتوبوس بودند. براساس دانش محققان، به نظر می‌رسد این تحقیق جزء اولین مطالعاتی است که تاثیر میزان بار، بر انتخاب وسیله‌نقلیه مسافران هوایی را اینگونه بررسی می‌کند.

## ارائه مدل انتخاب وسیله نقلیه برای دسترسی زمینی به فرودگاه.....

ملی کره بررسی شد. نتایج حاصل از پرداخت مدل لوجیت دوگانه نشان داد که زمان سفر دسترسی، فاصله سفر دسترسی، هدف سفر، جنسیت، سن، شغل و درآمد بر انتخاب وسیله نقلیه دسترسی به دو فرودگاه موثر است. همچنین نتایج نشان داد که به دلیل موقعیت جغرافیایی متمایز دو فرودگاه مورد مطالعه، انتخاب وسیله نقلیه دسترسی به آنها متفاوت بوده است. Tsamboulas, Moraiti and همکاران [Evmorfopoulos, 2012] به بررسی رفتار انتخاب وسیله نقلیه کارمندان فرودگاه بین‌المللی آتن پرداختند. نتایج بدست آمده از پرداخت مدل لوجیت چندگانه نشان داد که زمان سفر، هزینه سفر و درآمد کارکنان فرودگاه مهم‌ترین فاکتورهای موثر بر انتخاب وسیله نقلیه جهت دسترسی به فرودگاه است. همچنین یک سیستم ریلی مانند مترو با کرایه و زمان سفر قابل رقابت با سایر وسایل نقلیه، می‌تواند سهم قابل توجه‌ای از سفرهای کارمندان را جذب کند.

چانگ [Chang, 2013] رفتار مسافران در انتخاب وسیله نقلیه دسترسی به فرودگاه بین‌المللی تایپه را بررسی نمود. نتایج بدست آمده از پرداخت مدل لوجیت آشیاانه‌ای نشان داد که امنیت مهم‌ترین فاکتور و پس از آن سهولت استفاده از وسیله نقلیه و سهولت حمل بار، مهم‌ترین فاکتورهای موثر بر انتخاب وسیله نقلیه مسافران هوایی مسن (بیش از ۶۵ سال) جهت دسترسی به فرودگاه است. در مقابل امنیت، سر وقت بودن و عدم نیاز به جابجایی (عوض کردن وسیله نقلیه جهت دسترسی) مهم‌ترین فاکتورهای موثر برای مسافران هوایی غیر مسن است. جو و همکاران [Jou, Hensher and hsu, 2011] به بررسی رفتار انتخاب وسیله نقلیه دسترسی به فرودگاه بین‌المللی تائویوان در تایوان پرداختند. نتایج به دست آمده از پرداخت لوجیت ترکیبی نشان داد که مدت زمان سفر داخل وسیله نقلیه، زمان سفر خارج وسیله نقلیه و سهولت استفاده سه فاکتور اصلی موثر بر انتخاب وسیله نقلیه توسط مسافران مورد مطالعه است. همچنین زمان سفر کمتر، عدم نیاز به تعویض وسیله و تسهیلات ذخیره سازی و بازپس‌گیری بار، بر انتخاب وسیله نقلیه دسترسی به فرودگاه موثر بودند. الحسین [Alhussein, 2011] انتخاب وسیله نقلیه مسافران هوایی جهت دسترسی به فرودگاه بین‌المللی پادشاه خالد در عربستان سعودی را مورد مطالعه قرار داد. نتایج حاصل از پرداخت مدل لوجیت دوگانه نشان داد که درآمد، میزان



شکل ۱. تغییرات میزان اعزام و پذیرش مسافران فرودگاه بین‌المللی شهید هاشمی‌نژاد در هفت سال گذشته

در بخش بعدی به مرور مطالعات موجود در زمینه انتخاب وسیله نقلیه دسترسی به فرودگاه پرداخته شده است. در بخش سوم مباحث مربوط به روش انجام تحقیق ارائه شده است. در بخش چهارم، به ارائه نتایج تحقیق پرداخته شده است و بخش پایانی نیز به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات می‌پردازد.

## ۲. ادبیات تحقیق

ادبیات تحقیق، شواهدی مبنی بر عوامل موثر بر انتخاب وسیله نقلیه را ارائه می‌دهند و نشان داده‌اند که زمان، هزینه و تسهیلات نقش مهمی در میزان سهم هر یک از وسایل نقلیه دارند. در ادامه، مطالعات انتخاب وسیله نقلیه دسترسی به فرودگاه‌های مختلف ارائه شده است.

ادریسی و رضایی‌جعفری [Edrisi and Rezaeijafari, 2014] رفتار مسافران هوایی در انتخاب میان حمل‌ونقل عمومی و حمل‌ونقل شخصی جهت دسترسی زمینی به فرودگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) را بررسی کردند. نتایج بدست آمده از پرداخت مدل لوجیت دوگانه نشان داد که تعداد سفرهای بین‌المللی انجام شده توسط مسافر هوایی، اینرسی<sup>۱</sup>، گروه سنی ۱۴ تا ۲۵ سال، تعداد خودرو خانوار، تجربه استفاده از فرودگاه و میزان بار بر انتخاب وسیله نقلیه دسترسی موثر بوده‌اند. ممدوحی و همکاران [Mamdoohi, Taherpour and Yazdanpanah, 2013] به بررسی رفتار انتخاب وسیله نقلیه دسترسی به فرودگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) پرداختند. نتایج مدلسازی نشان داد که زمان سفر، هزینه سفر، هدف سفر، درآمد ماهیانه و تملک خودروی شخصی مهم‌ترین فاکتورهای موثر بر انتخاب وسیله نقلیه دسترسی به فرودگاه هستند. در همین راستا مطالعه چو و همکاران [Choo, You and Lee, 2012] در انتخاب وسیله نقلیه مسافران هوایی برای دسترسی به دو فرودگاه

سکونت، تجربه استفاده از فرودگاه، هدف از پرواز پیش رو تعداد وسایل نقلیه تحت ماکیت خانواده و درآمد خانواده بودند. بخش رجحان بیان شده، شامل مجموعه‌ای از سناریوها بود. سناریوها شامل پنج وسیله نقلیه خودروی شخصی (پارک کردن)، خودروی شخصی (رساندن مسافر)، تاکسی، مترو و اتوبوس بودند. متغیرها (ویژگی‌ها) مورد استفاده در سناریوها شامل زمان سفر و هزینه سفر برای تمامی وسایل نقلیه مذکور و زمان پیاده‌روی تا ایستگاه و شلوغی داخل وسیله نقلیه برای مترو و اتوبوس بود. برای هر یک از ویژگی‌های مذکور، دو سطح در نظر گرفته شد تا حداقل تعداد سناریو به دست بیاید [Tsamboulas, Moraiti and Evmorfopoulos, 2012]. متداول‌ترین نوع طراحی سناریوها، طرح عاملی کامل<sup>۴</sup> است که در آن تمامی ترکیب‌های سطوح ویژگی‌های گزینه‌ها، مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً با استفاده از این روش تعداد سناریوهای زیادی ایجاد می‌شود (برای این تحقیق در مجموع ۱۶۳۸۴ سناریو ایجاد خواهد شد)، به این دلیل از یک طرح عاملی کسری<sup>۵</sup> که زیر مجموعه‌ای از طرح عاملی کامل است، استفاده می‌شود [Hensher, Rose and Green, 2005]. بنابراین، سناریوها براساس طرح عاملی کسری و طبق روش طرح متعامد<sup>۶</sup> طراحی شدند. برای این منظور از نرم‌افزار SPSS استفاده شد [Hensher, Rose and Green, 2005] و نهایتاً ۱۶ سناریو بدست آمد.

هدف اصلی این تحقیق، بررسی نحوه انتخاب وسیله نقلیه دسترسی به فرودگاه توسط مسافران هوایی در سه حالت متفاوت میزان بار همراه مسافر است. به عبارت دیگر در بخش رجحان بیان شده از مسافر خواسته شده است تا براساس میزان بار فرضی همراه، در هر یک از شرایط، یک وسیله نقلیه را از میان پنج وسیله نقلیه ارائه شده، انتخاب کنند. طبق مطالعات پیشین، باید برای هر یک از سه شرایط حمل بار، یک طرح متعامد استفاده شود [Keumi and Hideki, 2012]. به عبارت دیگر هر پاسخ دهنده باید ۴۸ سناریو مختلف را ارزیابی کند. به دلیل این که ارزیابی این تعداد سناریو برای یک پاسخ دهنده بسیار طاقت‌فرسا است، سناریوها به ۱۶ قطعه تقسیم شدند، به این معنا که هر پاسخ دهنده با سه سناریو رو به رو می‌شود. در پایان، ۱۶ پرسشنامه بدست آمد که تفاوت آنها در بخش رجحان بیان شده بود. فرضیاتی نیز برای تهیه پرسشنامه صورت پذیرفت. مثلاً اثر

بار همراه مسافر، زمان دسترسی سفر و ملیت به طور قابل توجهی بر انتخاب وسیله نقلیه دسترسی تاثیر می‌گذارند. تام و همکاران [Tam, Lam and Lo, 2008] رفتار انتخاب وسیله نقلیه مسافران هوایی جهت دسترسی به فرودگاه بین‌المللی هنگ‌کنگ پرداختند. نتایج بدست آمده از پرداخت مدل لجیت چندگانه نشان داد که حاشیه ایمنی زمان سفر، هدف سفر، وضعیت اقامت، تعداد همسفران و میزان بار، فاکتورهای مهم موثر بر انتخاب وسیله نقلیه دسترسی زمینی به فرودگاه است. هاروی [Harvey, 1986] به بررسی انتخاب وسیله نقلیه دسترسی به فرودگاه توسط مسافران هوایی مقیم منطقه خلیج سان‌فرانسیسکو پرداخت. نتایج بدست آمده از پرداخت مدل لجیت چندگانه نشان داد که زمان سفر و هزینه سفر دسترسی به فرودگاه هستند و اهمیت زمان سفر وسیله نقلیه دسترسی به فرودگاه هستند و اهمیت زمان سفر دسترسی با افزایش زمان پرواز افزایش می‌یابد. کیف اضافه (یعنی بیش یک کیف به ازای هر شخص) به طور قابل ملاحظه‌ای جذابیت حمل و نقل عمومی را کاهش می‌دهد.

در این تحقیق، از فاکتورهای موجود در مطالعات پیشین جهت بررسی انتخاب وسیله نقلیه دسترسی به فرودگاه مورد مطالعه استفاده شده است. همچنین نحوه رفتار هر مسافر هوایی در مقابل افزایش میزان بار نیز بررسی شده است و به نظر می‌رسد این موضوع اولین بار است که به این شکل مورد بررسی قرار گرفته است.

### ۳. روش تحقیق

#### ۳-۱ طراحی پرسشنامه

معمولاً برای تحلیل انتخاب وسیله نقلیه به سه نوع داده نیاز است: نوع اول مربوط به خصوصیات مسافر (مانند سطح درآمد)، نوع دوم مربوط به خصوصیات سفر (مانند هدف سفر) و نوع سوم مربوط به خصوصیات سیستم‌های حمل و نقل (مانند هزینه سفر) است. متأسفانه چنین داده‌هایی برای این تحقیق در دسترس نبود. برای این منظور، پرسشنامه‌هایی که شامل سه بخش بودند، طراحی شدند. بخش اول شامل خصوصیات اجتماعی-اقتصادی، بخش دوم شامل خصوصیات سفر و بخش سوم شامل طرح رجحان بیان شده<sup>۳</sup> بود. متغیرهای مورد استفاده در هر سه بخش، براساس مطالعات پیشین تعیین شدند. متغیرهای بخش اول و دوم شامل جنسیت، سن، سطح تحصیلات، وضعیت تاهل، محل

[2009]، ولی به دلایل امنیتی، اجازه انجام پرسشگری در سالن ترانزیت داده نشد و به ناچار پرسشگری در سالن کنترل بلیط صورت گرفت. همچنین به دلیل محدودیت‌های موجود، امکان استفاده از روش نمونه‌گیری احتمالی میسر نبود و به ناچار از روش نمونه‌گیری غیراحتمالی استفاده شد [Hensher, Rose and Green, 2005]. همچنین تعداد نمونه به دست آمده از پیمایش مذکور، در مجموع ۵۹۶ پرسشنامه بوده است که با حذف پرسشنامه‌های ناقص و معیوب، نهایتاً ۵۳۳ پرسشنامه مناسب بدست آمد.

#### ۴. مدل‌سازی انتخاب وسیله نقلیه

در این تحقیق، برای مدل‌سازی انتخاب وسیله نقلیه مسافران هوایی جهت دسترسی زمینی به فرودگاه از مدل لجیت چندگانه استفاده شد. در مدل لجیت چندگانه براساس تئوری مطلوبیت تصادفی<sup>۷</sup> فرض می‌شود که هر مسافر سعی می‌کند وسیله نقلیه‌ای را انتخاب کند که حداکثر مطلوبیت را برایش ایجاد کند. مطلوبیت<sup>۸</sup> گزینه  $n$  (یعنی  $U_n$ ) به صورت رابطه (۳) ارائه می‌شود [Tam, Lam and Lo, 2008]:

$$U_n = \beta_n X \varepsilon_n \quad (3)$$

که  $X$  بردار متغیرهای مستقل است. این متغیرها شامل ویژگی‌های گزینه‌ها و خصوصیات سفر و مسافر است.  $\beta_n$  ضریب بردار متغیرهای مستقل و  $\varepsilon_n$  بخش تصادفی تابع مطلوبیت است. اگر  $\varepsilon_n$  به طور مستقل و طبق توزیع گامبل در میان مسافران و گزینه‌ها در نظر گرفته شود، مدل لجیت چندگانه بدست می‌آید [Tam, Lam and Lo, 2008]:

$$P_n = \frac{\exp(\beta_n X)}{\sum_{n'} \exp(\beta_{n'} X)} \quad (4)$$

که  $P_n$  احتمال انتخاب شدن گزینه  $n$  و  $N$  تعداد گزینه‌های در دسترس مسافر است.

#### ۴-۱ آزمون‌های ارزیابی مدل لجیت چندگانه

- آماره والدا<sup>۹</sup>:

این آماره همانند آماره  $t$  در رگرسیون خطی محاسبه و تفسیر می‌شود [Hensher, Rose and Green, 2005].  
- شاخص  $p^2$ :

تغییرات جوی و آب و هوایی هم می‌توانست در انتخاب مسافران فرودگاه بررسی گردد اما به لحاظ بارش اندک در مشهد این موضوع در پرسشنامه لحاظ نشده است. همچنین متغیرهایی نظیر هدوی و راحتی سفر در مطالعه پرداخت نشد و با شرایط موجود به حل مسئله پرداخته شد.

#### ۳-۲ حداقل تعداد نمونه

اندازه نمونه مورد نیاز برای مدل‌سازی انتخاب وسیله نقلیه مسافران هوایی با سطح اطمینان ۹۵ درصد از رابطه ۱ بدست می‌آید [Biggs and et al. 2009]:

$$n = \frac{1.96^2 \times p(1-p)}{(a/100)^2 + (1.96^2 \times p(1-p)/N)} \quad (1)$$

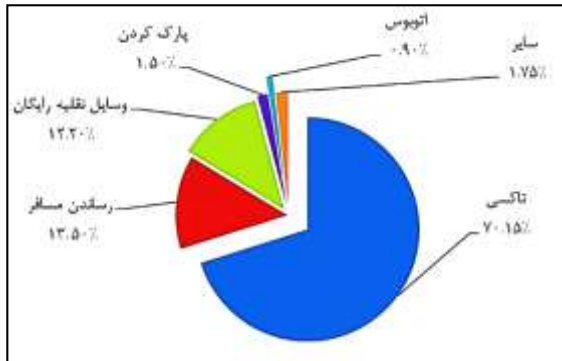
که در آن،  $n$  اندازه نمونه،  $N$  اندازه جامعه هدف،  $a$  میزان خطا،  $p$  نسبت تخمین زده شده از جمعیت در مقوله مورد نظر است. در صورتی که مقدار  $p$  برابر ۰٫۵، در نظر گرفته شود، بیشترین اندازه نمونه بر حسب  $p$  بدست می‌آید. معمولاً مقدار  $a$  برابر ۰٫۰۵ در نظر گرفته می‌شود. متأسفانه به دلیل نبود اطلاعاتی درباره تعداد مسافران هوایی خروجی، از مقدار کل مسافران اعزام و پذیرش شده فرودگاه مشهد در سال ۱۳۹۳ [شرکت مادر تخصصی فرودگاه‌های کشور، اسفند ماه ۱۳۹۳] استفاده شده است. بنابراین اندازه نمونه برابر است با:

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.5(1-0.5)}{(5/100)^2 + (1.96^2 \times 0.5(1-0.5)/8210170)} = 384.14 \approx 385 \text{ نفر} \quad (2)$$

#### ۳-۳ جمع‌آوری داده‌ها

به منظور جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، پیمایشی به صورت مصاحبه رو در رو با استفاده از پرسشنامه‌ها در طی نه روز در سال ۱۳۹۴ (۲۶ تا ۳۰ مهرماه و ۳ تا ۶ آبان ماه) انجام شد. پرسشگری از مسافران هوایی خروجی فرودگاه صورت گرفت. مطالعه مسافران هوایی خروجی از چند جنبه حائز اهمیت است. از جمله این که مسافران هوایی خروجی به دلیل زمان برنامه‌ریزی شده پرواز و امکان از دست دادن آن، تحت فشار بیشتری هستند. همچنین می‌توان اطلاعات بیشتری از مسافران هوایی خروجی بدست آورد به این دلیل که سفر دسترسی زمینی آنها، قبلاً انجام شده است [Gosling, 2008]. توصیه شده است که پرسشگری در سالن ترانزیت فرودگاه انجام شود [Biggs and et al.

موتور سیکلت و یا با دو سامانه حمل و نقلی به فرودگاه سفر کرده‌اند در قسمت سایر نمایش داده می‌شوند.



شکل ۲. سهم وسایل نقلیه انتخاب شده در زمان انجام تحقیق

به دلیل حجم زیاد ویژگی‌های بدست آمده از نمونه، در جهت اختصار، در ادامه به ارائه آمار توصیفی ویژگی‌های معنادار نمونه مورد مطالعه پرداخته شده است. در نمونه مورد مطالعه، ۴۳/۳ درصد از مسافران دارای درآمد بیش از دو و نیم میلیون تومان، ۱۳ درصد دارای درآمد بیش از چهار میلیون، ۲۰ درصد دارای مدرک فوق‌لیسانس یا دکتری، ۵۵/۶ درصد دارای مدرک فوق دیپلم یا لیسانس، ۲۹/۳ درصد در محدوده سنی ۳۶ تا ۵۲ سال بودند. همچنین ۶۹/۱ درصد از مسافران مرد و ۸۳/۴ درصد از مسافران غیر مقیم بودند. از آنجا که تمرکز این مطالعه بر روی مسافران هوایی خروجی است و به دلیل نبود اطلاعات نظیر، مقایسه نمونه با کل جامعه امکان‌پذیر نبود. همچنین نتایج بدست آمده از بخش رجحان بیان شده نشان داد که میزان بار همراه، اثر زیادی بر انتخاب وسیله نقلیه مسافران می‌گذارد. به گونه‌ای که در شرایط اول میزان بار (همراه داشتن فقط یک کیف دستی) مسافران تمایل به استفاده از مترو (۵۷/۲ درصد از مسافران) و تاکسی (۳۱/۸ درصد از مسافران) داشتند. در شرایط دوم (همراه داشتن یک کیف دستی و یک چمدان با وزن متوسط) مسافران تمایل به استفاده از تاکسی (۶۱/۸۸ درصد) و مترو (۲۴/۶ درصد) دارند. همچنین در شرایط سوم (همراه داشتن یک کیف دستی و دو چمدان هر کدام با وزن متوسط) مسافران تمایل زیادی به استفاده از تاکسی (۸۲/۱ درصد) و پس از آن تمایل به روش رساندن مسافر (۹/۸ درصد) دارند.

خوبی برازش مدل تخمین زده شده با استفاده از شاخص نسبت درست‌نمایی<sup>۱۰</sup> یا  $\rho^2$  تعیین می‌شود. رابطه این آماره در رابطه ۵ ارائه شده است [Hensher, Rose and Green, 2005]:

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL_{\text{مدل تخمین زده شده}}}{LL_{\text{مدل مبنا}}} \quad (5)$$

در این رابطه،  $\rho^2$  شاخص نسبت درست‌نمایی، مدل تخمین زده شده  $LL$  لگاریتم تابع احتمال به ازای ضرایب برآورد شده و مدل مبنا  $LL$  لگاریتم تابع احتمال به ازای پارامترهای ثابت است. شاخص نسبت درست‌نمایی معرف عملکرد مدل است و به طور کلی برای مدل‌های با برازش خوب، مقدار آن برابر یا بیشتر از ۰/۲ است و به ندرت این مقدار به بیش از ۰/۴ می‌رسد [Hoyos, 2010].

- کنترل همبستگی متغیرهای مستقل تخمین زده شده توصیه شده است که پس از تخمین متغیرها و کنترل‌های ذکر شده، همبستگی بین متغیرهای مستقل نیز باید کنترل شود و متغیرهایی که دارای همبستگی بالایی هستند از مدل حذف شوند تا اثر همخطی بین متغیرهای مستقل جلوگیری گردد [Hensher, Rose and Green, 2005].

- اعتبارسنجی مدل تخمین زده شده برای این منظور، از میان پرسشنامه‌ها، حدود ۱۰ درصد از آنها جداسازی شده و مدل‌سازی با ۹۰ درصد باقی مانده انجام می‌شود [Hess, 2004]. پس از بدست آوردن بهترین مدل، با استفاده از پرسشنامه‌های جدا شده، توانایی پیش‌بینی مدل ارزیابی می‌شود.

## ۵. نتایج تحقیق

### ۵-۱ آمار توصیفی

آمار بدست آمده از بخش رجحان آشکار شده در شکل ۲ ارائه شده است. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود تاکسی اصلی‌ترین وسیله نقلیه انتخاب شده برای دسترسی به فرودگاه مورد مطالعه است. همچنین اتوبوس به عنوان تنها سیستم حمل و نقل عمومی موجود سهم بسیاری کمی در میان وسایل نقلیه انتخاب شده دارد. وسایل نقلیه رایگان مربوط به سرویس‌های حمل و نقلی در هتل‌ها و سفارت‌خانه‌ها است و آنهایی که با

## ارائه مدل انتخاب وسیله نقلیه برای دسترسی زمینی به فرودگاه.....

### ۵-۲ تخمین مدل لجیت چندگانه

ساختار مدل لجیت چندگانه تخمین زده شده در این تحقیق در شکل ۳ ارائه شده است. برای ایجاد پایگاه داده، نیاز است که داده‌های بدست آمده از پرسشنامه‌ها مقیاس بندی و کدگذاری شوند. از این رو، در جدول ۱ متغیرهای توضیحی موجود در مدل نهایی همراه با نوع کدگذاری و مقیاس بندی، ارائه شده‌اند. جهت انجام مدلسازی به منظور تخمین مدل لجیت چندگانه، توابع مطلوبیت گوناگونی در نرم افزار Nlogit3 تعریف شد و در پایان، مدل نهایی تعیین گردید. تمامی متغیرهای تخمین زده شده در مدل نهایی دارای سطح معناداری حداقل ۹۰ درصد هستند که در جدول ۲ ارائه شده‌اند.



شکل ۳. ساختار لجیت چندگانه در این تحقیق

شاخص نسبت درست‌نمایی برای این تحقیق برابر است با:

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL_{\text{مدل تخمین زده شده}}}{LL_{\text{مدل مبنا}}} = 1 - \frac{-1133.398}{-1472.701} = 0.230 \quad (6)$$

با توجه به توضیحات پیشین، مقدار ۰,۲۳ برای شاخص نسبت درست‌نمایی معرف برازش خوب مدل است.

به منظور اعتبار سنجی از میان ۵۳۳ پرسشنامه، تعداد ۵۳ پرسشنامه (حدود ۱۰ درصد) جداسازی شده بود. از میان بیش از ۵۰ مدل ارائه شده مدلی با ضرائب تخمین زده شده در جدول ۲ بعنوان مدل نهایی انتخاب شده است که توانایی پیش‌بینی صحیح ۶۰/۵ درصد وسایل نقلیه انتخاب شده را دارد. همچنین بیشترین میزان همبستگی بین متغیرهای مستقل کمتر از ۰/۴ بود که این مقدار نشان‌دهنده وابستگی کم متغیرها است.

جدول ۱. متغیرهای مستقل مدل نهایی و کدگذاری

| توصیف متغیر و کدگذاری آن                                     | مقیاس متغیر          |
|--|----------------------|
| هزینه سفر (بر حسب هزار تومان)                                | نسبتی <sup>۱۲</sup>  |
| میانگین درآمد خانواده بیش از ۲/۵ میلیون، در غیر اینصورت: صفر | ساختگی <sup>۱۳</sup> |
| تحصیلات فوق لیسانس یا دکتری: یک، در غیر اینصورت: صفر         | ساختگی               |

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| ساختگی                      | گروه سنی ۳۶ تا ۵۲ سال: یک، در غیر اینصورت: صفر                   |
| ساختگی                      | جنسیت (مرد: یک، زن: صفر)   |
| ساختگی                      | وضعیت اقامت مسافر (غیر مقیم: ۱، در غیر اینصورت: صفر)             |
| نسبتی                       | میزان بار در رجحان بیان شده                                      |
| ساختگی                      | میانگین درآمد خانواده (بیش از ۴ میلیون: یک، در غیر اینصورت: صفر) |
| ساختگی (ویژه مترو و اتوبوس) | شلوغی داخل وسیله (پر بودن صندلی - ها: یک، در غیر اینصورت: صفر)   |
| ساختگی                      | تحصیلات فوق دیپلم یا لیسانس: یک، در غیر اینصورت: صفر             |

جدول ۲. ضرائب تخمین زده شده مدل نهایی

| وسيله نقلیه                | متغیر                         | ضریب    | آماره والد |
|----------------------------|-------------------------------|---------|------------|
| خودروی شخصی (پارک کردن)    | عبارت ثابت                    | -۴/۹۶۹  | -۱۱/۴۲     |
|                            | جنسیت                         | -۰/۶۴۵  | -۲/۷۵۵     |
| خودروی شخصی (رساندن مسافر) | تحصیلات فوق دیپلم یا لیسانس   | ۲/۶۵۴   | ۲/۶۵۶      |
|                            | وضعیت اقامت مسافر             | -۳/۱۷۵  | -۱۳/۰۵     |
|                            | گروه سنی ۳۶ تا ۵۲ سال         | -۰/۶۵۶  | -۲/۱۵۷     |
|                            | عبارت ثابت                    | ۱/۰۴۴   | ۲/۶۴۶      |
|                            | هزینه سفر                     | -۰/۱۱   | -۳/۴۱      |
| تاکسی                      | درآمد بیش از ۲/۵ میلیون تومان | ۰/۴۵۹   | ۳/۳۰۶      |
|                            | تحصیلات فوق-لیسانس یا دکتری   | -۰/۷۹۶  | -۴/۲۵      |
|                            | عبارت ثابت                    | ۲/۴۴۶۸  | ۶/۹۵۲      |
|                            | هزینه سفر                     | -۰/۴۶   | -۱/۶۹۲     |
|                            | جنسیت                         | ۰/۲۷۴۷  | ۱/۸۱۹      |
| مترو                       | میزان بار در رجحان بیان شده   | -۱/۷۳۶  | -۱۷/۱      |
|                            | درآمد بیش از ۴ میلیون تومان   | -۰/۵۷۳۱ | -۲/۴۳۹     |
|                            | شلوغی داخل وسیله              | -۰/۲۲۳  | -۱/۶۷۹     |

## ۶. جمع بندی

با توجه به اهمیت فرودگاه بین‌المللی شهید هاشمی نژاد دومین فرودگاه پر ترافیک کشور با رشد سالیانه تعداد مسافران هوایی و همچنین در حال احداث بودن خط مترو دسترسی به فرودگاه، این تحقیق صورت پذیرفت و به بررسی فاکتورهای موثر بر انتخاب وسیله‌نقلیه مسافران هوایی برای دسترسی به فرودگاه مورد مطالعه در سه حالت متفاوت حمل بار پرداخته است. به منظور جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، پرسشنامه‌هایی براساس روش رجحان بیان شده طراحی شدند و با استفاده از آنها، پیمایشی در سال ۱۳۹۴ به مدت ۹ روز انجام شد. در پایان از مدل لوجیت چندگانه برای مدلسازی و تعیین فاکتورهای موثر استفاده شد. وسایل نقلیه بررسی شده شامل خودروی شخصی (پارک کردن)، خودروی شخصی (رساندن مسافر)، تاکسی، مترو و اتوبوس بوده است. نتایج به دست آمده از تخمین مدل لوجیت چندگانه نشان داد که هزینه سفر، شلوغی وسیله‌نقلیه عمومی، میزان بار همراه مسافر، جنسیت، گروه سنی ۳۶ تا ۵۲ سال، درآمد بیش از ۲٫۵ میلیون تومان، وضعیت اقامت و سطح تحصیلات عوامل موثر بر انتخاب مسافران هوایی مورد مطالعه بوده است. قابل ذکر است که سیستم حمل‌ونقل عمومی (مانند مترو) با هزینه نسبتاً کم، شلوغی کم و تسهیلات حمل بار، می‌تواند تعدادی زیادی از مسافران را به خود جذب کند. با ارائه پارکینگ‌های مسقف و هزینه پارکینگ مناسب، می‌توان شرایط مطلوبی برای مسافرینی ایجاد نمود که تمایل به استفاده از خودروی شخصی (پارک کردن) دارند. این امید وجود دارد که نتایج این تحقیق بتواند برای برنامه‌ریزان فرودگاه به منظور بهبود تسهیلات دسترسی و مدیریت ترافیک دسترسی فرودگاه، مفید باشد.

به نظر می‌رسد مطالعات بیشتری برای بررسی انتخاب وسیله‌نقلیه دسترسی به فرودگاه بین‌المللی شهید هاشمی نژاد نیاز است. بنابراین پیشنهاد می‌شود که پس از راه‌اندازی خط متروی فرودگاه، مطالعه مجددی بر روی انتخاب وسیله‌نقلیه دسترسی به فرودگاه صورت گیرد. همچنین توصیه می‌شود که تاثیر فصول مختلف و تاثیر تعداد تعویض وسیله‌نقلیه بر انتخاب وسیله‌نقلیه دسترسی به فرودگاه نیز بررسی گردد. بعلاوه میتوان مطالعه

| عمومی                          |        |
|--------------------------------|--------|
| تحصیلات فوق دیپلم<br>یا لیسانس | ۰/۵۶۷۸ |
| میزان بار در رجحان             | ۳/۶۳۴  |
| بیان شده                       | -۱/۲۹۴ |
| درآمد بیش از ۴<br>میلیون تومان | -۲/۲۲  |
|                                | -۱/۳۵  |

نتایج مدل پرداخت شده نشان می‌دهد که افزایش یک واحدی میزان بار، تمایل مسافران به استفاده از سیستم حمل‌ونقل عمومی را به شدت کاهش می‌دهد و این کاهش برای مترو (۱/۷۳۶-) بیشتر از اتوبوس (۱/۲۹۴-) است. این یافته مشابه یافته هاروی [Harvey, 1986] است که نشان داد، کیف اضافه (یعنی بیش از یک کیف به ازای هر شخص) به طور قابل ملاحظه‌ای جذابیت حمل‌ونقل عمومی را کاهش می‌دهد. همچنین خانم‌ها تمایل بیشتری به استفاده از (یا انتخاب) روش رساندن مسافر دارند و در مقابل آقایان، تمایل بیشتری به استفاده از مترو دارند که در ایران با شرایط فرهنگی خاص قابل درک خواهد بود مسافران با تحصیلات فوق دیپلم یا لیسانس تمایل بیشتری به استفاده از روش رساندن مسافر و مترو دارند.

همچنین مسافران با تحصیلات فوق لیسانس یا دکتری تمایل کمتری به استفاده از تاکسی دارند. مسافران مقیم تمایل بسیار زیادی به استفاده از روش رساندن مسافر دارند. که به لحاظ عدم شناخت صحیح و کافی از مسیرهای سامانه حمل و نقل عمومی شهر مورد مطالعه توجه پذیر خواهد بود. مسافران با درآمد بیش از ۲/۵ میلیون تومان تمایل بیشتری به استفاده از تاکسی دارند. همچنین مسافران با درآمد بیش از ۴ میلیون تومان تمایل کمتری به استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی (مترو و اتوبوس) دارند که این موضوع نیز قابل درک است. شلوغی داخل مترو (یعنی شرایطی که صندلی‌ها پر بوده و فضای کافی برای ایستادن وجود دارد) سبب کاهش تمایل مسافران به استفاده از آن می‌شود. مسافران که در محدوده سنی ۳۶ تا ۵۲ سال قرار می‌گیرند، تمایل کمتری به استفاده از تاکسی دارند. بدیهی است که افزایش هزینه هر وسیله‌نقلیه سبب کاهش تمایل به استفاده از آن وسیله‌نقلیه می‌شود.



- Gosling, G. D. (2008) "Airport ground access mode choice models", Transportation Research Board, Synthesis 5.

- Hensher, D. A., Rose, J. M. and Greene, W. H. (2005) "Applied choice analysis: a primer", Cambridge: Cambridge University Press.

- Hess, S. (2004) "A model for the joint analysis of airport, airline, and access-mode choice for passenger's departing from the San Francisco Bay area", The European Transport Conference, Strasbourg.

- Hoyos, D. (2010) "The state of the art of environmental valuation with discrete choice experiments", Ecological Economics, Vol. 69, pp. 1595-1603.

- Jou, R. C., Hensher, D. A. and Hsu, T. L. (2011) "Airport ground access mode choice behavior after the introduction of a new mode: A case study of Taoyuan International Airport in Taiwan, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 47, No. 3, pp. 371-381.

- Keumi, C. and Hideki, M. (2012) "The role of schedule delays on passengers' choice of access modes: A case study of Japan's International Hub airports", Transportation Research Part E, Vol. 48, pp. 1023-1031.

- Mamdoohi, A. R., Taherpour, A. and Yazdanpanah, M. (2013) "Multinomial Logit modeling of access mode choice to airport, using stated preference survey data: a case study of IKIA", 17<sup>th</sup> air transport research society (ATRS) World Conference, Italy, pp. 63-73.

- Tam, M. L., Lam, W. H. K. and Lo, H. P. (2008) "Modeling air passenger travel behavior on airport ground access mode choices", Transportmetrica, Vol. 4, No. 2, pp. 135-153.

- Tsamboulas, D., Evamorfopoulos, A. P. and Moraiti, P. (2012) "Modeling airport employee commuting mode choice", Journal of Air Transport Management, Vol. 18, pp. 74-77.

- ادریسی، ع. و رضایی جعفری، ع.، (۱۳۹۳) "پرداخت مدل

حاضر را با روش‌های دیگر انتخاب گسسته از قبیل لجیستیک آشیانه‌ای بررسی نمود.

## ۷. پی نوشتها

### 1. Drop off

۲. اینرسی به معنای تمایل مسافر به استفاده مجدد از وسیله نقلیه‌ای که با آن به فرودگاه آمده است، خواهد بود.

### 3. Stated Preference

### 4. Full Factorial Design

### 5. Fractional Factorial design

### 6. Orthogonal Design

### 7. Random utility theory

### 8. Utility

### 9. Wald - test

### 10. Likelihood Index

### 11. Pseudo- $R^2$

### 12. Ratio

### 13. Dummy

## ۸. مراجع

- Alhussein, S. N. (2011) "Analysis of ground access modes choice King Khaled International Airport, Riyadh, Saudi Arabia", Journal of Transport Geography, Vol. 19, No. 6, pp. 1361-1367.

- Biggs, D. C., Bol, M. A., Baker, J., Gosling, G.D., Franz, J. D. and Cripwell, J. P. (2009) "ACRP Report 26. Guidebook for conducting airport user surveys", Transport Research Board, Washington DC.

- Budd, T., Ryley, T. and Ison, S. (2014) "Airport ground access and private car use: a segmentation analysis", Journal of transport Geography, Vol. 36, pp. 106-115.

-Chang, Y. (2013) "Factors affecting airport access mode choice for elderly air passengers", Transportation Research: Part E, Vol. 57, pp. 105-112.

- Choo, S., You, S. and Lee, H. " Exploring characteristics of airport access mode choice: a case study of Korea", Transportation Planning and Technology, Vol. 36, No. 4, pp. 335-351.



## ابولفضل خسروی خلیران، غلامعلی شفابخش، سیدعلی تقی‌زاده

ابولفضل خسروی خلیران، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۹۲ از دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران - راه و ترابری را در سال ۱۳۹۴ از دانشگاه سمنان اخذ نموده است. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان مدل‌های انتخاب گسسته در حمل‌ونقل شهری و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل است.



غلامعلی شفابخش، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران - عمران و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران - راه و ترابری را از دانشگاه علم و صنعت ایران و همچنین دومین کارشناسی ارشد خود در رشته عمران و دکتری در رشته مهندسی عمران - راه و ترابری را از دانشگاه INSA فرانسه اخذ نموده‌است. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان زیرسازی و روسازی راه، راه آهن و فرودگاه است. وی در حال حاضر عضو هیات علمی دانشگاه سمنان با مرتبه استاد است.



سیدعلی تقی‌زاده، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران - عمران را در سال ۱۳۸۸ و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران - راه و ترابری را در سال ۱۳۹۱ از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی اخذ نموده و هم‌اکنون دانشجوی دکتری در رشته مهندسی عمران - راه و ترابری در دانشگاه سمنان است. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان مدل‌سازی آلودگی هوا ناشی از سامانه‌های حمل‌ونقل شهری و فرودگاه‌ها، مدل‌های انتخاب گسسته در حمل‌ونقل و بهینه‌سازی بوده و در حال حاضر مدرس حق التدریس در چندین دانشگاه‌های دولتی و غیردولتی است.

