برآورد ارزش زمان در رقابت قطار سریع‌السیر با سفر هوایی (تحلیلی مبتنی بر رجحان بیان‌شده از عوامل اجتماعی- اقتصادی، محیط زیستی و روان‌شناختی در کریدور تهران- مشهد)

مقاله علمی – پژوهشی

محمد فعلی، دانشجوی دکتری، گروه عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران
*علی نادران (نویسنده مسئول)، استادیار، گروه عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
محمود صفارزاده، استاد، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت‌مدرس، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: naderan@iau.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۱۰- پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۲
صفحه ۲۰-۱

چکیده

این مطالعه به بررسی ارزش زمان در انتخاب شیوه سفر میان قطار سریع‌السیر و سفر هوایی در کریدور تهران- مشهد می‌پردازد و خلاهای موجود در شناسایی تاثیر عوامل محیط زیستی، اجتماعی- اقتصادی و روان‌شناختی مؤثر بر ترجیحات مسافران را مورد توجه قرار می‌دهد. با به‌کارگیری یک پرسش‌گری رجحان بیان‌شده از ۱۰۰ مشارکت‌کننده در ۱۸ سناریو، از مدل‌های لوجیت چندجمله‌ای، بر پایه نظریه مطلوبیت تصادفی، برای برآورد ارزش زمان استفاده شد. نتایج نشان داد علی‌رغم گنجاندن متغیرهایی چون درآمد، نگرانی‌های ایمنی و ترس از پرواز، و اهمیت تصمیم‌گیری‌های زیست‌محیطی، ارزش زمان ثابت باقی ماند که این امر بازتاب‌دهنده ساختار جبری قوی مبادله زمان- هزینه و خاصیت عدم تغییر مقیاس مدل‌های لوجیت است. مدل شماره ۳۷، که متغیرهای نگرانی‌های ایمنی پرواز، درآمد و اهمیت تصمیم‌گیری‌های زیست‌محیطی را با ویژگی‌های پایه (زمان، هزینه، راحتی) یکپارچه ساخت، با کسب بالاترین R^2 کاذب و لگاریتم درست‌نمایی ۱۹۲۰/۵- قدرت تبیینی برتری برای رفتار مسافران در این کریدور ارائه داد. این یافته‌ها بر پتانسیل قطار سریع‌السیر برای رقابت با سفر هوایی، به ویژه در بخش‌های آگاه به محیط زیست و حساس به هزینه، تأکید نموده و سیاست‌های حمل و نقل پایدار در ایران را هدایت می‌نمایند.

واژه‌های کلیدی: ارزش زمان، قطار سریع‌السیر، انتخاب شیوه سفر، مطلوبیت، رجحان بیان‌شده

۱- مقدمه

در طول چندین دهه‌ی اخیر، پیشرفت سریع سامانه‌های قطار سریع‌السیر و گسترش مداوم شبکه‌های حمل و نقل هوایی، جابه‌جایی بین‌شهری را در سطح جهانی متحول کرده است. از آنجایی که این دو شیوه حمل و نقل به طور فزاینده‌ای برای رقابت بر سر بخش‌های مشابهی از بازار مسافری به یکدیگر نزدیک شده‌اند، این امر بحث‌های گسترده‌ای را در متون علمی پیرامون عوامل تعیین‌کننده‌ی انتخاب شیوه سفر، رقابت تحمیل‌شده‌ی متقابل در بازار سفر، و پیامدهای رفاه اجتماعی ناشی از انتخاب سفر هوایی یا سفر با قطار سریع‌السیر برانگیخته است. در کانون این مباحث و به عنوان یک عنصر اصلی در انتخاب شیوه سفر، مفهوم ارزش زمان قرار دارد که به نحوه ارزش‌گذاری اقتصادی مسافران برای صرفه‌جویی در زمان، در میان شیوه های حمل و نقل جایگزین اشاره می‌کند (Cai ,Xiao & Jiang, 2021).

ارزش زمان صرفاً یک پارامتر رفتاری نیست، بلکه یک شاخص چندبعدی است که می‌تواند انتخاب‌های در سطح خُرد یک مسافر را به کارایی سطح کلان سیستم حمل و نقل متصل کند. از دیدگاه علم اقتصاد، ارزش زمان معیاری برای سنجش هزینه فرصتِ زمان است و نشانگر این است که یک مسافر چقدر مایل است برای کوتاه‌تر کردن زمان مورد نیاز سفر هزینه کند. از منظر برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری نیز، ارزش زمان به طور مستقیم بر تعیین نسبت‌های هزینه- فایده، قیمت‌گذاری و هزینه‌های مربوط به سرمایه‌گذاری در یک پروژه زیرساختی حمل و نقل تأثیر می‌گذارد. بنابراین، اگر قرار است به طور معناداری مزایای قطار سریع‌السیر در مقایسه با سفر هوایی برآورد شود، لازم است بررسی شود که آیا، و چگونه، ارزش زمان میان قطار سریع‌السیر و سفر هوایی متغیر است. درک ارزش زمان یک پیش‌نیاز برای ادراک ویژگی های مطلوبیت مسافر، رقابت‌پذیری سفر و پایداری بلندمدت آنها به شمار می‌آید (Evgeniia ,Pantelaki ,Bashir & Pagliara, 2025).

این پژوهش بر محاسبه و تفسیر ارزش زمان میان قطار سریع‌السیر و هواپیما در کریدور تهران- مشهد، با در نظر گرفتن ویژگی‌های مختلف اجتماعی- اقتصادی و نگرش‌های محیط زیستی و شخصی متمرکز است. ساختار مقاله به شرح زیر است: بخش بعدی به تحلیل مرور ادبیات موجود خواهد پرداخت. سپس، در بخش سوم، مبانی نظری مدل سازی مورد بحث قرار خواهد گرفت. پس از توصیف داده‌های استفاده‌شده و نحوه ایجاد آن، نتایج ارزیابی خواهند شد. در نهایت، این مقاله با یک نتیجه‌گیری به پایان خواهد رسید.

۲- روش‌شناسی تحقیق

پژوهش‌های متعددی چگونگی تأثیر زمان سفر، هزینه و کیفیت خدمات را بر انتخاب میان قطار سریع‌السیر و هواپیما بررسی کرده‌اند. برخی از نخستین پژوهش‌ها بر مبادله‌ی هزینه- زمان تمرکز داشتند، در حالی که تحقیقات بعدی به بررسی رفتارهای نهفته، مانند راحتی و قابلیت اطمینان و نیز نگرانی های محیط زیستی مسافران پرداختند. مطالعات تجربی، تفاوت های چشمگیری در ارزش زمان را در میان هدف سفر (تجاری در مقابل تفریحی)، سطح درآمد و کیفیت خدمات ادراک‌شده گزارش می‌دهند (Sun ,Zhang & Wandelt, 2017).

افزون بر این، پویایی‌های گسترده‌تری در حوزه فناوری و سیاست‌گذاری وجود دارد که بر رابطه رقابتی میان قطار سریع‌السیر و سفر هوایی اثر می‌گذارد. در چنین محیط‌هایی، این امکان وجود دارد که ارزش زمان مؤثر افزایش یابد، که این امر نشان‌دهنده ارزش افزوده‌ای است که مسافران برای زمان‌بندی قابل اطمینان و اتصال یکپارچه قائل می‌شوند (Dobruszkes, 2011).

انقلاب قطار سریع‌السیر یکی از پیشرفت‌های عمده در سامانه‌های حمل و نقل در سطح جهان بوده و جابه‌جایی مسافر را در سراسر قاره‌ها دگرگون ساخت. ظهور قطار سریع‌السیر همچنین یک رقابت ماندگار میان خدمات ریلی و هوایی به وجود آورده است، به ویژه در بازارهای با مسافت کوتاه و میان‌برد که زمان‌های سفر ارائه شده توسط هر دو شیوه یکسان است (Zhang ,Hu ,Chen ,Cai & Jiang, 2024).

نخستین سامانه فعال قطار سریع‌السیر، یعنی سامانه شینکانسن ژاپن، در سال ۱۹٦٤ میلادی معرفی شد و عصر جدیدی را در سفرهای بین‌شهری آغاز کرد. ژاپن توسعه شبکه قطار سریع‌السیر را طی دهه‌های پس از آن ادامه داد، که اکنون روزانه به میلیون‌ها مسافر خدمات‌رسانی می‌کند (Smith, 2014). اروپا به سرعت از نمونه‌ی ژاپن پیروی کرد. در سال ۱۹۸۱ میلادی، فرانسه خط قطار سریع‌السیری خود، با نام TGV را میان پاریس و لیون افتتاح کرد که می‌توانست با سرعت ۲۷۰ کیلومتر بر ساعت به فعالیت بپردازد، و پس از آن این سامانه را به بیش از ۲۸۰۰ کیلومتر خطوط ریلی اختصاصی قطار سریع‌السیر گسترش داد. آلمان سامانه ICE خود را در سال ۱۹۹۱ معرفی کرد و پیوندهای ریلی را در میان مناطق کلان‌شهری اصلی در سراسر منطقه‌ی اروپای مرکزی برقرار نمود. تا سال ۲۰۲۰ میلادی، سامانه AVE اسپانیا به یکی از بزرگترین شبکه‌های قطار سریع‌السیر در جهان تبدیل شد که طول شبکه آن از ۳۰۰۰ کیلومتر فراتر رفت. در دهه‌ی ۲۰۰۰ میلادی، دولت چین یک برنامه عظیم سرمایه‌گذاری عمومی را برای ایجاد بزرگترین شبکه قطار سریع‌السیر جهان به انجام رساند. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ طول شبکه آن به بیش از ٤٥۰۰۰ کیلومتر برسد و جابه‌جایی داخلی و الگوهای سفر را در مناطق شهری متحول سازد. اجرای قطار سریع‌السیر به طور بنیادین ساختار بازار سفر بین‌شهری را دگرگون کرده است. شواهد از ژاپن، فرانسه، اسپانیا و چین نشان می‌دهد که معرفی

تسهیلات قطار سریع‌السیر تأثیرات چشم‌گیری بر انتخاب شیوه سفر از هواپیما به قطار داشته است (Ebeling, 2005; Givoni, 2006; Lawrence ,Bullock & Liu, 2019). همچنان که قطار سریع‌السیر به گسترش سهم بازار خود ادامه می‌دهد، صنعت حمل و نقل هوایی نیز رویکرد رقابتی خود را حفظ کرده است. شرکت‌های هواپیمایی ساختارهای تعرفه را تغییر داده‌اند، خدمات به مقاصد خاص یا خطوط هوایی مشخصی را متوقف کرده‌اند، و برای حفظ سودآوری، راهبردهای متمرکز بر مسافت‌های طولانی‌تر یا کانون‌های اصلی پرواز (Hubs) را هدف قرار داده‌اند. در برخی از بخش های بازار، شرکت‌های هواپیمایی کم‌هزینه به بازار مسافت کوتاه وارد شده‌اند تا با دیگر شرکت‌ها رقابت کنند، اما معمولاً این هزینه از طریق زمان هنگام عملیات از فرودگاه‌های دور افتاده یا فرعی به مسافران منتقل می شود (Reiter ,Voltes-Dorta & Suau-Sanchez, 2022).

همزمان با این تحولات، اپراتورهای قطار سریع‌السیر اقدام به معرفی تمایز خدمات کرده‌اند که شامل بلیت‌های با برنامه زمانی منعطف، اینترنت بی‌سیم درون قطار و برنامه‌هایی برای جذب مسافران تجاری است که پرواز را ترجیح می‌دهند. این تعدیل‌ها و سازگاری‌ها در قطار سریع‌السیر نشان‌دهنده یک تعادل در حال تکامل است که در آن این دو شیوه حمل و نقل صرفاً رقیب نیستند، بلکه ترکیبی از تعاملات رقابتی و تعاملات مشارکتی را به نمایش می‌گذارند (Román & Martín, 2014). عوامل متعددی، رقابت‌پذیری قطار سریع‌السیر را تقویت می‌کنند و زیربخش بعدی به توصیف آنها خواهد پرداخت.

۲-۱- متغیرهای موثر

این بخش به توصیف ویژگی‌های در دسترس در پژوهش‌های پیشین می‌پردازد که شناخته شده هستند و بر رقابت میان قطار سریع‌السیر و هواپیما تأثیر می‌گذارند.

۲-۱-۱- اجزای زمان سفر و ویژگی‌های خدمات

این عامل یک مولفه حیاتی در تعیین ارزش زمان شامل چگونگی ساختاربندی کل زمان سفر است، که دربرگیرنده زمان دسترسی/خروج، انتظار، زمان درون‌وسیله و زمان تعویض/انتقال است. هر یک از این اجزا به گونه‌ای متفاوت در مطلوبیت منفی (Disutility) سفر، و در نتیجه در ارزشی که مسافران برای زمان قائل می‌شوند، سهیم هستند. مسافران برای این اجزای زمان سفر اهمیت قائل هستند و نشان می‌دهند که زمان‌های انتظار و جابه‌جایی به مراتب آزاردهنده‌تر از زمان درون‌وسیله درک می‌شوند. پژوهش‌های زیر بر جنبه‌های پیش‌گفته تمرکز کرده‌اند:

-زمان سفر کل: (Adler ,Pels & Nash, 2010; Tsunoda, 2018; Xia & Zhang, 2016b)

-زمان سفر درون وسیله نقلیه: (Milan, 1993; Raturi & Verma, 2017; Xia & Zhang, 2016a)

-زمان سفر دسترسی و خروج: (Román,Espino & Martín, 2010; Román & Martín, 2011)

سیر تحول مدل‌سازی زمان سفر در پژوهش‌های مورد بررسی، تأکید فزاینده‌ای بر پیچیدگی و ماهیت چندبعدی چگونگی تأثیر زمان سفر بر انتخاب شیوه سفر میان حمل و نقل هوایی و قطار سریع‌السیر را نشان می‌دهد. پژوهش‌های اولیه، زمان سفر را صرفاً به عنوان یک شاخص مقایسه‌ای در نظر می‌گرفتند. با این حال، تحقیقات بعدی عوامل افزوده‌ای چون زمان دسترسی، قابلیت اطمینان و ادراک مسافر را نیز گنجاندند. در فاز آغازین پژوهش، زمان سفر به عنوان مولفه اصلی انتخاب شیوه سفر در نظر گرفته می شد، به طوری که تأثیر قطار سریع‌السیر بر سفر هوایی، تا حد زیادی به کل زمان سفر وابسته بود (Tsunoda, 2018; Zhang ,Wan & Yang, 2019). این پژوهش‌ها اهمیت زمان سفر قطار سریع‌السیر را به عنوان یک عنصر رقابتی کلیدی در پویایی‌های رقابت هوایی- ریلی شناسایی کردند و نشان دادند که زمان‌های کوتاه‌تر سفر قطار سریع‌السیر با کاهش تقاضای سفر هوایی مرتبط بوده است (Xia ,Wang & Zhang, 2018; Zhang ,Wan & Yang, 2019). پژوهش‌های متأخر، عناصر مکملی چون زمان دسترسی و زمان عزیمت (یا خروج) را معرفی کردند تا نمایش جامع‌تری از فرآیند سفر ارائه دهند (Román ,Espino & Martín, 2010; Román & Martín, 2011). پژوهش های تازه‌تر بر ابعاد رفتاری سفر متمرکز شده‌اند که شامل ارزش صرفه‌جویی زمان و تأثیرات قابلیت اطمینان (اعتمادپذیری) و تغییرپذیری (نوسان) زمان سفر است (Fu ,Oum & Yan, 2014; Román & Martín, 2010). یک پارچه‌سازی شیوه‌های رجحان بیان‌شده با داده‌های رجحان آشکارشده نیز به درک دقیق‌تری از ترجیحات و ادراکات مسافران یاری رسانده

است (Danapour ,Nickkar ,Jeihani & Khaksar, 2018; Román & Martín, 2011).

۲-۱-۲- ویژگی‌های اجتماعی-اقتصادی و جمعیتی

ارزش زمان با درآمد، اشتغال، سطح تحصیلات و هدف سفر مسافران، همبستگی نزدیکی دارد. نظریه اقتصادی کلاسیک توضیح می‌دهد که زمان در ارتباط با هزینه فرصت مرتبط با فعالیت‌های ناتمام، که معمولاً توسط نرخ دستمزد بازنمایی می‌شود، ارزش‌گذاری می‌گردد. بنابراین، مسافران تجاری و افرادی با سطح درآمد بالاتر، به احتمال زیاد ارزش زمان بالاتری برای صرفه‌جویی در زمان قائل هستند. شواهد گسترده از پژوهش‌ها، به طور ثابتی از این دیدگاه پشتیبانی می‌کنند.

-درآمد: (Danapour ,Nickkar ,Jeihani & Khaksar, 2018; Li & Sheng, 2016; Pagliara ,Vassallo & Román, 2012).

-هدف سفر: (Li & Sheng, 2016; Milan, 1993; Wang ,Xia & Zhang, 2017)

-جنسیت و سن: (Román ,Espino & Martín, 2007, 2010).

-تواتر سفر: (Yang & Zhang, 2012; Zhang ,Wan & Yang, 2019; Zhang ,Yang & Wang, 2017)

۲-۱-۳-هدف سفر

هدف از سفر، چه تجاری، چه کاری (رفت‌وآمد روزانه)، یا تفریحی، تأثیر عمده‌ای بر ارزش زمان و پیامدهای آن برای برنامه‌ریزی سفر و قیمت‌گذاری دارد. در سفرهای تجاری، صرفه‌جویی در زمان اغلب به عنوان بهره‌وری اقتصادی مستقیم در نظر گرفته می‌شود. مسافران تجاری اغلب کرایه‌های بالاتری پرداخت می‌کنند تا تأخیر را به حداقل برسانند.

با این حال، برای مسافران تفریحی، تقاضا کشش بیشتری دارد و صرفه‌جویی در زمان دارای ارزش پولی کمتری است، اما با این وجود می‌تواند بر اینکه آیا سفر راحت‌تر و مناسب‌تر است، تأثیر بگذارد.

هدف سفر در مطالعات بسیاری مورد کاوش قرار گرفته است، از جمله: (Li & Sheng, 2016; Pagliara ,Vassallo & Román, 2012; Román ,Espino & Martín, 2010). ارزش‌گذاری پولی زمان سفر بر اساس هدف سفر متفاوت است، به گونه‌ای که مسافران تجاری معمولاً ارزش بالاتری برای صرفه‌جویی در زمان نسبت به مسافران تفریحی قائل می شوند (Adler ,Nash & Pels, 2008; Román ,Espino & Martín, 2007, 2010).

همچنین، ادراک و تأثیر هزینه‌های سفر ممکن است بر اساس هدف سفر و ویژگی‌های شخصی مسافر، متفاوت باشد (Román ,Espino & Martín, 2007).

رفتار کاربران نشان می‌دهد که آن‌ها گزینه‌های موجود را بر اساس کیفیت خدمات و هزینه‌ی بلیت انتخاب می‌کنند. با این حال، در مورد سفرهای تجاری، زمان سفر به عنوان زمان هدررفته همراه با یک هزینه در نظر گرفته می‌شود. زیرا اگر آن سفر انجام نمی‌شد، این زمان می‌توانست صرف کار و فعالیت‌های درآمدزا شود (Milan, 1993).

۲-۱-٤- قابلیت اطمینان و ادراک ریسک

قابلیت اطمینان یک مولفه مهم برای ارزش زمان است، زیرا تغییرپذیری (نوسان) در زمان سفر عدم قطعیت زمان‌بندی را پدید می‌آورد که اغلب توسط مسافران ارزش منفی بیشتری نسبت به خود میانگین زمان دارد. ارزش قابلیت اطمینان، بسطی از ارزش زمان است که نشان می‌دهد مسافران چقدر مایلند برای کاهش تغییرپذیری در زمان سفر بپردازند. این مولفه در منابعی مانند موارد زیر مورد پژوهش قرار گرفته است: (Givoni & Dobruszkes, 2013; Román & Martín, 2010)

همانند قابلیت اطمینان (اعتمادپذیری)، ادراک ریسک (خطر) نیز مولفه دیگری است که پیچیدگی و چندبعدی بودن انتخاب میان قطار سریع‌السیر و هواپیما را نشان می‌دهد. این دو مولفه، عناصر مکملی برای این انتخاب هستند و مورد تمرکز پژوهشی قرار داشته‌اند (Fu ,Oum & Yan, 2014; Román & Martín, 2010)

۲-۱-۵- راحتی و امکانات رفاهی

قطار سریع‌السیر و سفر هوایی، تجربه‌های متفاوتی از نظر راحتی و امکانات رفاهی ارائه می‌دهند، و پژوهش‌های گوناگونی این تفاوت‌ها را در ابعاد چندگانه بررسی کرده‌اند. راحتی یک عامل مهم در انتخاب شیوه سفر است، به حدی که در یک پژوهش در سال ۲۰۱٤ توسط دوبرو شکز و همکاران، ۱۷ درصد از پاسخ‌دهندگان راحتی را به عنوان دلیل اصلی

انتخاب قطار سریع‌السیر ذکر کردند. در مقابل، ۳۱ درصد از پاسخ‌دهندگان همین دلیل، یعنی راحتی، را برای انتخاب هواپیما برشمرده‌اند (Dobruszkes ,Dehon & Givoni, 2014).

قطار سریع‌السیر راحتی بیشتری فراهم می سازد و امکان انجام فعالیت‌های اضافی در طول سفر، مانند دسترسی به شبکه اینترنت و استفاده از بوفه (کافه‌تریا) را می‌دهد (Pagliara ,Vassallo & Román, 2012).

به علاوه، داشتن صندلی‌های بزرگتر (در قطار سریع‌السیر در مقایسه با سفر هوایی) یک مزیت برای قطار در نظر گرفته می‌شود (Adler ,Nash & Pels, 2008).

۲-۱-۶- آگاهی زیست‌محیطی

سهم قابل توجهی از متون علمی (ادبیات پژوهشی)، تأثیر نگرش‌های محیط زیستی بر انتخاب شیوه سفر را به رسمیت می‌شناسد (Adler ,Nash & Pels, 2008; D'Alfonso ,Jiang & Bracaglia, 2016; Socorro & Viecens, 2013). مسافران آگاه به محیط زیست ممکن است زمان‌های سفر طولانی‌تر یا کرایه‌های بالاتر را در ازای کاهش اثرات زیست‌محیطی بپذیرند، که این امر نشان‌دهنده یک تبادل ضمنی میان زمان، هزینه و پایداری است.

۲-۱-۷- هزینه‌های سفر

هزینه سفر یکی از مهم‌ترین متغیرهای مستقلی است که نقشی کلیدی در رقابت میان قطار سریع‌السیر و سفر هوایی ایفا می‌کند. هزینه شامل بهای بلیت (Martín & Nombela, 2007)، هزینه‌های دسترسی و خروج (Givoni & Dobruszkes, 2013; Hensher, 1997; Nurhidayat ,Widyastuti ,Sutikno & Upahita, 2023) و عوارض (Román ,Espino & Martín, 2010) است. علاوه بر این، هزینه رفت‌وآمد به ایستگاه قطار سریع‌السیر یا فرودگاه در تعیین رفتار مسافر اهمیت فراوانی دارد (Hensher, 1997). اگرچه انتظار می‌رود بهای بلیت بر انتخاب شیوه سفر تأثیر بگذارد، برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهند که کشش قیمتی ممکن است به اندازه‌ی زمان سفر در تعیین گزینش شیوه سفر موثر نباشد (Givoni & Dobruszkes, 2013). با وجود این، مسافران تمایل دارند شیوه سفر ارزان‌تر را انتخاب کنند (Danapour ,Nickkar ,Jeihani & Khaksar, 2018).

۲-۱-۸- تواتر سرویس

تواتر سرویس‌دهی یک متغیر تأثیرگذار بر انتخاب شیوه سفر است، به ویژه برای مسافران تجاری. تواتر بالاتر، انعطاف‌پذیری بیشتری برای مسافران فراهم می‌کند. مسافران، بر اساس کیفیت خدمات، که شامل تواتر خدمات است، تمایل به پرداخت متفاوتی از خود نشان می‌دهند (Pagliara ,Vassallo & Román, 2012). همچنین، در مسافت‌های کوتاه (فاصله پروازی کمتر از ۶۰۰ کیلومتر)، افزایش تواتر خدمات قطار سریع‌السیر بر اساس زمان، تأثیر منفی بر تعداد مسافران هوایی دارد. در مقابل، در مسافت‌های طولانی (فاصله پروازی بیش از ۱۱۰۰ کیلومتر)، نه تناوب خدمات مبتنی بر زمان و نه زمان سفر فضایی (مسافتی)، حساسیتی نسبت به تعداد مسافران هوایی ندارند (Yang ,Burghouwt ,Wang ,Boonekamp & Dijst, 2018).

۲-۱-۹- مشخصات اقتصادی- اجتماعی

ویژگی‌های اجتماعی- اقتصادی، که شامل مشخصات فردی (جنسیت، سن، درآمد، اشتغال، تحصیلات) و متغیرهای خانوار (اندازه، درآمد، مالکیت خودرو) است، برای درک انتخاب‌ها و رفتار حمل و نقلی حیاتی هستند. سن برای سهم بازار اهمیت دارد. در رقابت میان قطار سریع‌السیر و سفر هوایی، برای افراد با درآمد کمتر (۱۷۰۰ دلار یا کمتر) که ۳۰ سال یا بیشتر سن دارند، سهم حمل و نقل هوایی برای افراد متأهل ۱۶ تا ۲۱ در صد و برای افراد مجرد ۱۹ تا ۲۶ در صد تحت شرایط بهینه قطار سریع‌السیر بود (Danapour ,Nickkar ,Jeihani & Khaksar, 2018). در حالی که برخی یافته‌ها نشان می‌دهند که سن ممکن است با شیوه سفر تغییر نکند (Pagliara ,Vassallo & Román, 2012). درآمد یک عامل مهم و تأثیرگذار بر تصمیمات سفر است (Milan, 1993)، و شاخص‌های اقتصادی منطقه‌ای بالاتر مانند تولید ناخالص داخلی سرانه وزنی با اقتصادهای منطقه‌ای قوی‌تر، درآمد بالاتر خانوار، و تقاضا و عرضه بالاتر خدمات هوایی مرتبط است. در نهایت، هزینه زمان از دست رفته برای مسافران با معیارهایی مانند میانگین ارزش واحد زمانی برنامه‌ریزی مسافر، تأخیرهای جابه‌جایی و زمان درون‌وسیله کمّی سازی (مقداردهی) می شود (Chen, 2017; Milan, 1993).

۲-۲- خلا تحقیقاتی

با وجود پژوهش های گسترده پیرامون رقابت میان قطار سریع‌السیر و سفر هوایی و محوریت ارزش زمان در انتخاب شیوه سفر، سه کاستی مهم همچنان پابرجا مانده است. نخست، کمبود توجه به متغیرهای محیط زیستی در پژوهش‌های موجود ارزش زمان است که این امر اهمیت فزاینده‌ی پایداری در تصمیم‌گیری‌های مسافران را نادیده می‌گیرد. دوم، کمبودی بارز و آشکار در تحلیلِ تأثیر درآمد و توان مالی بر ارزش زمان مشاهده می‌شود. سوم، کمبود اساسی توجه به ویژگی‌های خاص بازار ایران است، به این معنی که یافته‌های جهانی کنونی ممکن است به طور دقیق بافت اجتماعی- اقتصادی، زیرساختی و رفتاری مسافران این منطقه را بازتاب نکند. این پژوهش با ارائه نخستین محاسبه‌ی جامع ارزش زمان میان قطار سریع‌السیر و سفر هوایی در کریدور تهران-مشهد که به طور همزمان متغیرهای محیط زیستی، یک تحلیل ریزبینانه از توان مالی و پویایی‌های خاص بازار محلی را دربر می‌گیرد، این محدودیت‌ها را برطرف می‌سازد.

۳- داده‌ها

در این قسمت، سه زیربخش مهم مورد پژوهش قرار می‌گیرد. زیربخش نخست می‌کوشد تا مفهوم ارزش زمان را واکاوی کند. زیربخش دوم جزئیاتی درباره‌ی گردآوری داده‌ها ارائه خواهد داد. و در نهایت، زیربخش سوم بینش هایی در خصوص توصیف داده‌ها و متغیرها فراهم خواهد کرد.

۳-۱- ارزش زمان

ارزش زمان یکی از بنیادی‌ترین و گسترده‌ترین مفاهیم تحلیل شده در اقتصادِ حمل و نقل و پژوهش رفتار سفر است. این مفهوم مقدار پولی را تعیین می‌کند که یک مسافر مایل است برای صرفه‌جویی در یک واحد زمان سفر بپردازد و به عنوان پلی میان تصمیم‌گیری فردی و ارزیابی اجتماعی سیاست‌های حمل و نقل عمل می‌کند. این مفهوم در نقطه‌ی تلاقی نظریه اقتصاد خُرد، حداکثر سازی مطلوبیت و مدل سازی رفتاری قرار دارد و امکان پولی سازی (Monetization) صرفه‌جویی‌های زمانی و گنجاندن آن‌ها در تحلیل هزینه-فایده، پیش‌بینی تقاضا و ارزیابی سیاست‌ها را فراهم می‌سازد (Athira ,Muneera ,Krishnamurthy & Anjaneyulu, 2016).

در زمینه رقابت قطار سریع‌السیر و حمل و نقل هوایی، ارزش زمان به طور ویژه اهمیت می‌یابد، زیرا تفاوت اصلی آن‌ها در کل زمان سفر، قابلیت اطمینان (اعتمادپذیری)، راحتی و هزینه است. از این رو، ارزش زمان ادراک‌شده و اندازه‌گیری‌شده تبدیل به یک عامل تعیین‌کننده حیاتی برای انتخاب شیوه سفر، تعادل بازار و پیامدهای رفاه اجتماعی می‌شود (Evgeniia ,Pantelaki ,Bashir & Pagliara, 2025).

بنیان نظری ارزش زمان از اصل اقتصاد خُرد یعنی هزینه فرصت سرچشمه می‌گیرد. ارزش زمان نشان‌دهنده نرخ نهایی جانشینی میان زمان و پول است؛ یعنی مقدار پولی که یک فرد مایل است در ازای کاهش نهایی (جزئی) در زمان سفر، با حفظ مطلوبیت کلی ثابت، مبادله کند (Aschenbrenner, 2012; González, 1997).

بیان رسمی این مفهوم چنین است:

$$VOT = \frac{\frac{\partial U}{\partial T}}{\frac{\partial U}{\partial C}} \qquad (۱)$$

که در آن U تابع مطلوبیت، T زمان سفر، و C هزینه سفر است. علامت منفی بیانگر آن است که افزایش در زمان سفر، مطلوبیت را کاهش می‌دهد. در این فرمول‌بندی، ارزش زمان بر اساس هدف و زمینه سفر، ویژگی‌های مسافر و خصیصه‌های شیوه حمل و نقل متفاوت است.

در ارزیابی حمل و نقل، ارزش زمان به عنوان معادل پولی صرفه‌جویی زمان عمل می‌کند، و به تحلیل‌گران این امکان را می‌دهد که کاهش زمان را به مزایای اقتصادی تبدیل کنند. این مزایا سپس با هزینه‌های سرمایه‌گذاری زیرساخت مقایسه می‌شوند تا منفعت خالص اجتماعی پروژه‌های حمل و نقل تعیین گردد. در نتیجه، برآورد دقیق ارزش زمان برای تضمین تخصیص کارآمد منابع عمومی حیاتی است (de Rus ,Socorro ,Valido & Campos, 2022).

الگوی حداکثرسازی مطلوبیت، پایه‌ی رفتاری مدل‌های جدید تقاضای سفر است. فرض بر این است که هر مسافر، آن گزینه ای (مانند قطار یا هواپیما) را انتخاب می‌کند که به گمان او بیشترین مطلوبیت (رضایت یا منفعت) را ارائه دهد (Aleskerov ,Bouyssou & Monjardet, 2007).

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \qquad (۲)$$

در این رابطه، V_i جز قطعی است و بر اساس ویژگی‌های قابل مشاهده مانند هزینه و زمان تعیین می شود و ε_i جزء تصادفی

است که تأثیرات ناپیدا را دربر می‌گیرد. به بیان ساده خطی می‌توان معادله فوق را به شرح زیر بازنویسی کرد:

$$V_i = \beta_1 Cost_i + \beta_2 Time_i + \beta_3 X_i \quad (۳)$$

در این معادله، X_i بیانگر سایر متغیرها (نظیر راحتی و قابلیت اطمینان) است. بر این اساس، ارزش زمان برابر نسبت ضرایب زمان به هزینه است.

$$VOT = \frac{\beta_2}{\beta_1} \quad (۴)$$

این رویکرد برآورد، به طور گسترده‌ای در مطالعات رجحان آشکارشده و بیان‌شده استفاده می‌شود تا تمایل به پرداخت مسافران برای صرفه‌جویی در زمان کمی‌سازی شود.

۳-۲- جمع‌آوری داده‌ها

در این پژوهش، از رجحان بیان‌شده برای گردآوری داده‌ها استفاده شده است. برای انجام این کار، یک پرسش‌نامه طراحی شد و از پاسخ‌دهندگان خواسته شد که آن را با دقت تکمیل کنند. طراحی پرسش‌نامه به فرآیند ایجاد مجموعه‌ای ساختارمند از پرسش‌ها برای جمع‌آوری داده‌ها از پاسخ‌دهندگان اشاره دارد. این امر تضمین می‌کند که داده‌های گردآوری شده قابل اعتماد و مرتبط با اهداف این پژوهش باشند. یک پرسش‌نامه با طراحی خوب به جلوگیری از سوگیری‌ها کمک می‌کند و تضمین می‌دهد که پاسخ‌دهندگان بتوانند به آسانی پرسش‌ها را درک کرده و به آن‌ها پاسخ دهند. طراحی خوب پرسش‌نامه برای به دست آوردن اطلاعات و داده‌ها حیاتی است، زیرا مستقیماً بر کیفیت داده‌ها تأثیر می‌گذارد، و طراحی ضعیف یا نادرست می‌تواند منجر به داده‌های ناقص، سوگیرانه، یا بدفهمی‌شده شود که به نوبه‌ی خود می‌تواند بر یافته‌های پژوهش تأثیر بگذارد.

این پرسش‌گری، داده‌های اجتماعی-اقتصادی و مالی مفصلی را گردآوری کرد که شامل سن فرد (دسته‌بندی شده در پنج گروه)، جنسیت، سطح تحصیلات و درآمد ماهانه (بر اساس دهک‌های اقتصادی به‌روز شده) بود. همچنین اطلاعاتی در مورد درآمد ماهانه خانوار گردآوری شد و وضعیت درآمدی پاسخ‌دهنده برای خرید بلیت‌های هوایی ارزیابی گردید. پرسش‌های مالی دیگر، هزینه‌کرد گذشته برای سفرهای هوایی و درصد درآمد ماهانه‌ی اختصاص‌یافته به سفرهای بین‌شهری را پرسش نمودند. این داده‌ها کمک می‌کند تا حساسیت به هزینه و توانایی مالی در میان بخش‌های مختلف مسافران سنجیده شود.

پرسش‌نامه به بررسی عواملی پرداخت که مستقیماً بر انتخاب شیوه سفر تأثیر می‌گذارند. پرسش‌ها تجربه‌ی قبلی با قطار سریع‌السیر در کشورهای دیگر، تواتر سفرهای هوایی در گذشته، و اینکه کدام یک از سه عامل رقابتی، یعنی زمان سفر، هزینه سفر، یا رفاه، برای رقابت قطار سریع‌السیر با سفر هوایی مهم‌ترین است، را ارزیابی کردند. یک پرسش فرضی بسیار حیاتی، حداکثر تمایل به پرداخت پاسخ‌دهنده برای یک بلیت قطار سریع‌السیر در مسیر تهران و مشهد را تعیین کرد.

در این پرسش‌نامه، تمرکز قابل توجهی به متغیرهای زیست‌محیطی و روان‌شناختی مبذول شد. این پرسش‌گری اهمیت حفظ محیط زیست در تصمیمات روزمره، اهمیت نسبی تأثیر زیست‌محیطی یک سفر (در مقایسه با زمان، هزینه و آسودگی)، و آگاهی از تأثیر منفی زیست‌محیطی سفرهای هوایی را مورد پرسش قرار داد. همچنین تمایل به پرداخت هزینه اضافی برای بلیت قطار سریع‌السیر به منظور کاهش آلودگی سنجیده شد. در بخش روان شناختی، پرسش‌هایی به ترس از پرواز و نگرانی‌هایی در مورد ایمنی هنگام سفرهای هوایی پرداخت و پرسید که آیا این عوامل آن‌ها را مجبور به استفاده از یک شیوه سفر جایگزین (مانند قطار، اتوبوس و غیره) کرده است. در نهایت، پرسش‌نامه با یک آزمایش رجحان بیان‌شده به پایان رسید و از پاسخ‌دهندگان خواسته شد که بین قطار سریع‌السیر و سفر هوایی در یک سری از سناریوهای فرضی با ویژگی‌های متغیر (هزینه سفر، زمان سفر، و سطح آسودگی) انتخاب کنند تا داده‌ها برای محاسبه‌ی ارزش زمان گردآوری شوند. پس از گردآوری اطلاعات از ۱۰۰ پاسخ‌دهنده و در نظر گرفتن ۱۸ سناریو، در مجموع ۱۸۰۰ پاسخ یکتا و ۳۶۰۰ مشاهده جمع‌آوری شد.

۳-۳- توصیف داده‌ها

در این بخش، ابتدا متغیرهای به دست آمده از پرسش‌نامه معرفی خواهند شد و سپس فرآیند گام به گام برای توسعه و ساخت مدل مطلوبیت تشریح خواهد شد. پس از انجام پرسش‌گری و کسب داده‌ها، این اطلاعات گردآوری شده باید در ساخت مدل‌های مطلوبیت مورد استفاده قرار گیرند. برای حفظ یکنواختی در مدل سازی، متغیرهای استخراج شده از این پرسش‌نامه، همان‌گونه که در ادامه توضیح داده می‌شود، به ۷ دسته تقسیم شده‌اند.

۳-۳-۱- متغیرهای انتخاب شیوه

این گروه شامل دو متغیر است: «*CHOICE*» و «*ALT*». متغیر نخست، یعنی «*CHOICE*»، از یک ساختار دودویی پیروی می‌کند (به این معنی که شیوه سفر مورد نظر یا انتخاب می‌شود یا انتخاب نمی‌شود)، و متغیر دوم، یعنی «*ALT*»، شیوه سفر جایگزین را نشان می‌دهد. این متغیرها نتیجه‌ی تصمیم‌گیری را برای هر سناریو ثبت می‌کنند.

۳-۳-۲- متغیرهای شخصی (فردی)

این گروه شامل متغیرهای «*AGE*»، «*GENDER*»، «*EDU*»، «*INCOME*» و «*HHINCOME*» است. این متغیرها به ترتیب سن، جنسیت، سطح تحصیلات، درآمد فردی و درآمد خانوار پاسخ‌دهندگان را بررسی می‌کنند.

۳-۳-۳- متغیرهای رفتار

این گروه شامل متغیرهای «*HSREXP*»، «*LYAPLTRV*»، «*LYAPLCST*»، «*PRCINCMINTCTY*» «*MAXHSRTCKTM*» است. این متغیرها به ترتیب، تجربه‌ی سفر با قطار سریع‌السیر، شمار سفرهای هوایی در سال گذشته، هزینه‌ی سفر هوایی در سال گذشته، درصد درآمد ماهانه صرف‌شده برای سفرهای بین‌شهری، و بیشترین بهای بلیت قطار سریع‌السیری قابل پذیرش برای مسیر تهران–مشهد را نشان می‌دهند.

۳-۳-٤- متغیرهای ترجیحات و اولویت‌ها

این دو متغیر عبارتند از «*HSRCMP*» و «*ATEFFRD* » که به ترتیب مهم‌ترین عامل برای رقابت میان قطار سریع‌السیر و هواپیما و توانایی مالی پاسخ‌دهندگان برای خرید بلیت هوایی را نشان می‌دهند.

۳-۳-۵- متغیرهای نگرش‌های زیست‌محیطی

این گروه شامل متغیرهای «*ENVDDCS*»، «*ENVEFFCTIMP* »، «*ENVAGEFFCT*»، «*ANGTIMPCT*»، «*LWHSRPLT*» و «*MRCSTLWPLT* » است. این متغیرها به ترتیب نشان‌دهنده‌ی اهمیت حفظ محیط زیست در تصمیمات روزانه، مهم‌ترین عامل زیست‌محیطی در گزینش شیوه سفر، تأثیر متغیرهای زیست‌محیطی بر گزینش شیوه سفر، آگاهی از پیامدهای منفی حمل و نقل هوایی، آگاهی از آلودگی کمتر قطار سریع‌السیر، و تمایل به پرداخت مبلغ بیشتر برای آلودگی کمتر هستند.

۳-۳-٦- متغیرهای تواتر سرویس

این گروه شامل متغیرهای «*WKFRQ*»، «*HSRMRWFRQ* » و «*HSRSFCWFRQ*» است. این متغیرها به ترتیب نشان‌دهنده‌ی اهمیت تواتر خدمات هفتگی در انتخاب شیوه سفر، احتمال برگزیدن قطار سریع‌السیر در صورتی که تواتر خدمات آن بالاتر از سفر هوایی باشد، و شمار کافی خدمات هفتگی قطار سریع‌السیر هستند.

۳-۳-۷- متغیرهای ترس از پرواز

این گروه شامل متغیرهای «*APLFEAR*»، «*APLFEALT* »، «*SFTCN*» و «*APLFRMODE*» است. این متغیرها به ترتیب نشان‌دهنده‌ی ترس از پرواز، اجبار به استفاده از یک گزینه جایگزین به دلیل ترس از پرواز، میزان ترس و نگرانی در طول یک پرواز، و شیوه سفر جایگزین مورد استفاده هستند.

٤- ساخت مدل مطلوبیت

چارچوب مدل‌سازی لوجیت چندجمله‌ای یک رویکرد پرکاربرد در مدل‌سازی انتخاب گسسته است، به ویژه برای تحلیل انتخاب‌ها میان گزینه‌های انحصاری متقابل، مانند شیوه‌های حمل و نقل (هواپیما در برابر قطار سریع‌السیر). مدل لوجیت چندجمله‌ای ریشه در نظریه مطلوبیت تصادفی دارد، که فرض می‌کند افراد با بیشینه‌سازی مطلوبیت خود، دست به انتخاب می‌زنند، و در این فرآیند مؤلفه های تصادفی که عوامل مشاهده‌نشده را در بر می‌گیرند، در نظر گرفته می شوند. در این پژوهش، مجموعه انتخاب شامل دو گزینه است: هواپیما و قطار سریع‌السیر. مدل لوجیت چندجمله‌ای احتمال این که یک فرد یک گزینه را به دیگری ترجیح دهد، بر اساس مطلوبیت حاصل از هر گزینه، برآورد می‌کند. در این رویکرد مدل‌سازی، برای شخص i و گزینه‌ی j (که در اینجا هواپیما یا قطار سریع‌السیر است)، مطلوبیت (U) به شرح زیر تعریف می‌شود:

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij} \qquad (۵)$$

در معادله فوق، V_{ij} مطلوبیت مشاهده‌پذیر است، و بر اساس یک تابع خطی از متغیرهای مستقل و ضرایب آن‌ها بدست می‌آید و ε_{ij} مؤلفه‌ی تصادفی (مشاهده‌نشده) است. در مدل لوجیت چندجمله‌ای فرض می‌شود این مولفه از توزیع گامبل پیروی کند.

$$V_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{1ij} + \cdots + \beta_{kj}X_{kij} \qquad (٦)$$

در معادله فوق، β_{0j} ضریب ثابت ویژه شیوه (گزینه) و β_{kj} ضریب متغیر X_{kij} است. تحت چارچوب مدل سازی، احتمال انتخاب P_{ij} به شرح زیر قابل محاسبه است:

$$P_{ij} = \frac{\exp(V_{ij})}{\sum_{k\in J}\exp(V_{ik})} \quad (۷)$$

اولین الزام، استانداردسازی در مدل لوجیت چندجمله‌ای است. مدل به استاندارد سازی نیاز دارد تا قابلیت شناسایی پارامتر آن تضمین شود. مطلوبیت‌ها مطلق نیستند، بلکه نسبی می‌باشند، زیرا تنها تفاوت در مطلوبیت است که برای احتمال‌های انتخاب اهمیت دارد. از لحاظ ریاضی، افزودن یک مقدار ثابت به تمام مطلوبیت‌ها یا مقیاس‌دهی آن‌ها، احتمال‌های انتخاب را تغییر نمی‌دهد، به این معنی که:

$$\begin{aligned} P_{ij} &= \frac{\exp(V_{ij}+c)}{\sum_{k\in J}\exp(V_{ik}+c)} \\ &= \frac{\exp(V_{ij})\times\exp(c)}{\sum_{k\in J}\exp(V_{ik})\times\exp(c)} \\ &= \frac{\exp(V_{ij})}{\sum_{k\in J}\exp(V_{ik})} \end{aligned} \quad (۸)$$

برای حل این عدم قطعیت، یک گزینه به عنوان گزینه پایه (یا مرجع) انتخاب می‌شود و در این پژوهش، هواپیما (APL) به عنوان مرجع انتخاب شده است. تصمیم برای انتخاب هواپیما به عنوان پایه، لایل متعددی دارد. در بسیاری از مطالعات حمل‌ونقل، هواپیما به دلیل سرعت و استفاده گسترده، شیوه غالب یا مرسوم برای سفرهای مسافت طولانی است. انتخاب هواپیما به عنوان مبنا، این امکان را به قطار سریع‌السیر (HSR) که یک گزینه جدیدتر یا کمتر رایج است، می‌دهد که نسبت به وضعیت موجود مدل سازی شود. این موضوع به ویژه زمانی اهمیت دارد که قطار سریع‌السیر به عنوان یک جایگزین برای سفر هوایی معرفی می‌شود (در این پژوهش این‌گونه است). همچنین، از آنجایی که این پژوهش با هدف درک عواملی صورت گرفته که قطار سریع‌السیر را در برابر سفر هوایی رقابتی می‌سازند، استفاده از هواپیما به عنوان پایه، مطلوبیت قطار سریع‌السیر را بر حسب مزایا یا معایبش در مقایسه با هواپیما اندازه‌گیری می‌کند. نکته دیگری که باید مورد توجه قرار گیرد، بحث قابلیت تفسیر است. انتخاب هواپیما به عنوان نقطه مرجع، یک خط مبنای شفاف برای تفسیر ضرایب فراهم می‌کند. به عنوان مثال، یک ضریب منفی برای متغیر زمان سفر در تابع مطلوبیت قطار سریع‌السیر، نشان می‌دهد که قطار سریع‌السیر نسبت به هواپیما، حساسیت بیشتری به افزایش زمان سفر دارد. آخرین نکته مورد بحث، اجتناب از هم‌خطی چندگانه است. زمانی که متغیرهای توضیحی، ویژه هر گزینه هستند (مانند هزینه برای قطار سریع‌السیر در مقابل هزینه برای هواپیما)، تفاضل‌گیری مطلوبیت‌ها (قطار سریع‌السیر در مقابل هواپیما) می‌تواند به جلوگیری از مشکلات هم‌خطی چندگانه کمک کند، و صفر قرار دادن مطلوبیت یک گزینه، این فرآیند را ساده‌تر می‌کند.

٤-١- مرحله نخست مدل‌سازی

با در نظر گرفتن متغیرهای به دست آمده از پرسش‌نامه و لحاظ کردن متغیرهای ویژه شیوه سفر، مدل‌های مطلوبیت برای هر گزینه (قطار سریع‌السیر و هواپیما) به صورت زیر تدوین می‌شوند:

٤-١-١- مدل با متغیرهای پایه

در این مدل، متغیرهای به‌کاررفته شامل $CST, TIME, COMFORT$ است. بر مبنای این متغیرها، مدل مطلوبیت هر انتخاب به شرح زیر محاسبه می‌شود (مطابق رابطه ۹).

$$\begin{aligned} \mathbf{U_{HSR}} &= \mathbf{4.833 - 1.570 * CST - 1.273 * TIME + 0.414 * COMFORT} \\ \mathrm{U_{APL}} &= -0.743 * \mathrm{CST} - 1.140 * \mathrm{TIME} - 0.448 * \mathrm{COMFORT} \end{aligned} \quad (۹)$$

Pseudo R-squ	0.2099	Log-Likelihood	-1971.6

٤-١-٢- مدل با متغیرهای پایه و متغیر سن

در این مدل، علاوه بر متغیرهای پیش‌گفته، متغیر سن نیز وارد می‌شود، یعنی متغیرهای حاضر در مدل عبارتند از: $CST, TIME, COMFORT$ و AGE بر اساس این متغیرها، مدل مطلوبیت برای هر انتخاب مطابق با رابطه ۱۰ است. در این مدل، آماره $P\text{-}value$ برای متغیر سن برای هواپیما (APL) و قطار سریع‌السیر (HSR)، بالاتر از مقدار از پیش تعیین‌شده (α=0.05) بود. از این رو، این مجموعه از مدل‌ها نمی‌تواند برای بررسی بیشتر در نظر گرفته شود.

٤-١-٣- مدل با متغیرهای پایه و متغیر جنسیت

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $CST, TIME, COMFORT$ و $GENDER$ است. بر اساس این متغیرها، مدل مطلوبیت برای هر انتخاب مطابق با رابطه ۱۱ است.

٤-١-٤- مدل با متغیرهای پایه و متغیر تحصیلات

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $CST, TIME, COMFORT$ و EDU است. در این مدل، آماره P-value برای متغیر تحصیلات برای هواپیما (APL) و قطار سریع‌السیر (HSR)، بالاتر از مقدار از پیش تعیین‌شده (α=0.05) بود. از این رو، این مجموعه از مدل‌ها نمی‌تواند برای بررسی بیشتر در نظر گرفته شود. مدل ساخته‌شده در رابطه ۱۲ قابل رویت است.

٤-١-٥- مدل با متغیرهای پایه و متغیر درآمد

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $CST, TIME, COMFORT$ و $INCOME$ است. مدل ساخته‌شده در رابطه ۱۳ قابل رویت است.

$$\mathbf{U_{HSR} = 4.418 - 1.571 * CST - 1.274 * TIME + 0.414 * COMFORT + 0.065 * AGE}$$
$$U_{APL} = -0.744 * CST - 1.140 * TIME - 0.447 * COMFORT - 0.054 * AGE \quad (۱۰)$$
Pseudo R-squ 0.2103 Log-Likelihood -1970.5

$$\mathbf{U_{HSR} = 5.694 - 1.575 * CST - 1.277 * TIME + 0.416 * COMFORT - 0.268 * GENDER}$$
$$U_{APL} = -0.746 * CST - 1.142 * TIME - 0.448 * COMFORT - 0.240 * GENDER \quad (۱۱)$$
Pseudo R-squ 0.2118 Log-Likelihood -1966.8

$$\mathbf{U_{HSR} = 5.647 - 1.573 * CST - 1.276 * TIME + 0.415 * COMFORT - 0.143 * EDU}$$
$$U_{APL} = -0.745 * CST - 1.141 * TIME - 0.448 * COMFORT + 0.128 * EDU \quad (۱۲)$$
Pseudo R-squ 0.2111 Log-Likelihood -1968.5

$$\mathbf{U_{HSR} = 5.910 - 1.5800 * CST - 1.290 * TIME + 0.420 * COMFORT - 0.012 * INCOME}$$
$$U_{APL} = -0.750 * CST - 1.150 * TIME - 0.450 * COMFORT + 0.011 * INCOME \quad (۱۳)$$
Pseudo R-squ 0.2155 Log-Likelihood -1957.6

٤-١-٦- مدل با متغیرهای پایه و تجربه سفر با قطار سریع‌السیر

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $CST, TIME, COMFORT$ و $HSREXP$ است. در این مدل، آماره $P\text{-}value$ برای متغیر تجربه سفر با هواپیما برای هواپیما (APL) و قطار سریع‌السیر (HSR)، بالاتر از مقدار از پیش تعیین‌شده (α=0.05) بود. از این رو، این مجموعه از مدل‌ها نمی‌تواند برای بررسی بیشتر در نظر گرفته شود. مدل ساخته‌شده در رابطه ١٤ قابل رویت است.

٤-١-٧- مدل با متغیرهای پایه و تجربه سفر با هزینه سفر هوایی سال قبل

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $CST, TIME, COMFORT$ و $LYAPLTRV$ است. در این مدل، آماره $P\text{-}value$ برای متغیر هزینه سفر هوایی سال قبل برای هواپیما (APL) و قطار سریع‌السیر (HSR)، بالاتر از مقدار از پیش تعیین‌شده (α=0.05) بود. از این رو، این مجموعه از مدل‌ها نمی‌تواند برای بررسی بیشتر در نظر گرفته شود. مدل ساخته‌شده در رابطه ١٥ قابل رویت است.

٤-١-٨- مدل با متغیرهای پایه و مهم‌ترین عامل رقابت بین دو شیوه

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $CST, TIME, COMFORT$ و $HSRCMP$ است. در این مدل، آماره $P\text{-}value$ برای متغیر مهم‌ترین عامل رقابت بین دو شیوه برای هواپیما (APL) و قطار سریع‌السیر (HSR)، بالاتر از مقدار از پیش تعیین‌شده (α=0.05) بود. از این رو، این مجموعه از مدل‌ها نمی‌تواند برای بررسی بیشتر در نظر گرفته شود. مدل ساخته‌شده در رابطه ١٦ قابل رویت است.

٤-١-٩- مدل با متغیرهای پایه و متغیر درآمد خانوار

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $CST, TIME, COMFORT$ و $HHINCOME$ است. مدل ساخته‌شده در رابطه ۱۷ قابل رویت است.

$$\mathbf{U_{HSR} = 4.751 - 1.570 * CST - 1.273 * TIME + 0.414 * COMFORT + 0.126 * HSREXP}$$
$$U_{APL} = -0.744 * CST - 1.139 * TIME - 0.447 * COMFORT - 0.023 * HSREXP \quad (١٤)$$
Pseudo R-squ 0.2099 Log-Likelihood -1971.5

$$\mathbf{U_{HSR} = 4.794 - 1.570 * CST - 1.273 * TIME + 0.414 * COMFORT + 0.009 * LYAPLTRV}$$
$$U_{APL} = -0.744 * CST - 1.139 * TIME - 0.447 * COMFORT - 0.008 * LYAPLTRV \quad (١٥)$$
Pseudo R-squ 0.2097 Log-Likelihood -1971.7

$$\mathbf{U_{HSR} = 5.007 - 1.570 * CST - 1.273 * TIME + 0.414 * COMFORT - 0.047 * HSRCMP}$$
$$U_{APL} = -0.744 * CST - 1.139 * TIME - 0.447 * COMFORT + 0.042 * HSRCMP \quad (١٦)$$
Pseudo R-squ 0.2101 Log-Likelihood -1961.3

$$\mathbf{U_{HSR} = 5.909 - 1.585 * CST - 1.285 * TIME + 0.42 * COMFORT - 0.012 * HHINCOME}$$
$$U_{APL} = -0.750 * CST - 1.148 * TIME - 0.451 * COMFORT + 0.011 * HHINCOME \quad (١٧)$$
Pseudo R-squ 0.2155 Log-Likelihood -1957.6

٤-١-١٠- مدل با متغیرهای پایه و متغیر استطاعت مالی

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $COMFORT$ و $TIME$ و CST و $ATEFFRD$ است. مدل ساخته‌شده در رابطه ۱۸ قابل رویت است.

٤-١-١١- مدل با متغیرهای پایه و متغیر هزینه سفر هوایی در سال گذشته

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $COMFORT$ و $TIME$ و CST و $LYAPLCST$ است. مدل ساخته‌شده در رابطه ۱۹ قابل رویت است.

٤-١-١٢- مدل با متغیرهای پایه و متغیر در صد درآمد ماهانه صرف‌شده برای سفرهای بین‌شهری

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $COMFORT$ و $TIME$ و CST و $PRCINCMINTCTY$ است. در این مدل، آماره $P\text{-}value$ این متغیر برای هواپیما (APL) و قطار سریع‌السیر (HSR)، بالاتر از مقدار از پیش تعیین‌شده (α=0.05) بود. از این رو، این مجموعه از مدل‌ها نمی‌تواند برای بررسی بیشتر در نظر گرفته شود. مدل ساخته‌شده در رابطه ۲۰ قابل رویت است.

٤-١-١٣- مدل با متغیرهای پایه و متغیر هزینه بهای بلیط تهران مشهد قطار سریع‌السیر

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $CST, TIME, COMFORT$ و $MAXHSRTCKTM$ است. در این مدل، آماره $P\text{-}value$ این متغیر برای هواپیما (APL) و قطار سریع‌السیر (HSR)، بالاتر از مقدار از پیش تعیین‌شده (α=0.05) بود. از این رو، این مجموعه از مدل‌ها نمی‌تواند برای بررسی بیشتر در نظر گرفته شود. مدل ساخته‌شده در رابطه ۲۱ قابل رویت است.

٤-١-١٤- مدل با متغیرهای پایه و اهمیت حفظ محیط زیست در تصمیمات روزانه

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $COMFORT$ و $TIME$ و CST و $ENVDDCS$ است. مدل ساخته‌شده در رابطه ۲۲ قابل رویت است.

٤-١-١٥- مدل با متغیرهای پایه و متغیر مهم‌ترین عامل زیست‌محیطی در گزینش شیوه سفر

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $CST, TIME, COMFORT$ و $ENVEFFCTIMP$ است. در این مدل، آماره $P\text{-}value$ این متغیر برای هواپیما (APL) و قطار سریع‌السیر (HSR)، بالاتر از مقدار از پیش

تعیین‌شـــده (α=0.05) بود. از این رو، این مجموعه از مدل‌ها نمی‌تواند برای بررســـی بیشـــتر در نظر گرفته شـــود. مدل ساخته‌شده در رابطه ۲۳ قابل رویت است.

٤-١-١٦- مدل با متغیرهای پایه و آگاهی از پیامدهای منفی حمل و نقل هوایی

در این مـدل، متغیرهـای بررســـی‌شـــده شـــامـل $COMFORT$ و $TIME$ و CST و $ANGTIMPCT$ اســـت. مدل ساخته‌شده در رابطه ٢٤ قابل رویت است.

٤-١-١٧- مدل با متغیرهای پایه و آگاهی از آلودگی کمتر قطار سریع‌السیر

در این مـدل، متغیرهـای بررســـی‌شـــده شـــامـل $COMFORT$ و $TIME$ و CST و $LWHSRPLT$ اســـت. در این مدل، آماره P-value این متغیر برای هواپیما (APL) و قطار سـریع‌السـیر (HSR)، بالاتر از مقدار از پیش تعیین‌شـده (α=0.05) بود. از این رو، این مجموعه از مدل ها نمی‌تواند برای بررسـی بیشـتر در نظر گرفته شـود. مدل سـاخته‌شـده در رابطه ۲۵ قابل رویت است.

$$\mathbf{U_{HSR} = 5.767 - 1.581 * CST - 1.282 * TIME + 0.418 * COMFORT - 0.183 * ATEFFRD}$$
$$U_{APL} = -0.748 * CST - 1.146 * TIME - 0.450 * COMFORT + 0.163 * ATEFFRD \quad (۱۸)$$
Pseudo R-squ 0.2142 Log-Likelihood -1960.9

$$\mathbf{U_{HSR} = 5.372 - 1.577 * CST - 1.279 * TIME + 0.417 * COMFORT - 0.109 * LYAPLCST}$$
$$U_{APL} = -0.77 * CST - 1.143 * TIME - 0.449 * COMFORT + 0.097 * LYAPLCST \quad (۱۹)$$
Pseudo R-squ 0.2125 Log-Likelihood -1965.1

$$\mathbf{U_{HSR} = 4.783 - 1.570 * CST - 1.273 * TIME + 0.414 * COMFORT + 0.014 * PRCINCMINTCTY}$$
$$U_{APL} = -0.744 * CST - 1.139 * TIME - 0.447 * COMFORT - 0.013 * PRCINCMINTCTY \quad (۲۰)$$
Pseudo R-squ 0.2099 Log-Likelihood -1971.5

$$\mathbf{U_{HSR} = 4.945 - 1.570 * CST - 1.273 * TIME + 0.414 * COMFORT + 0.014 * MAXHSRTCKTM}$$
$$U_{APL} = -0.744 * CST - 1.139 * TIME - 0.447 * COMFORT + 0.031 * MAXHSRTCKTM \quad (۲۱)$$
Pseudo R-squ 0.2100 Log-Likelihood -1971.4

$$\mathbf{U_{HSR} = 3.797 - 1.594 * CST - 1.293 * TIME + 0.422 * COMFORT + 0.196 * ENVDDCS}$$
$$U_{APL} = -0.753 * CST - 1.153 * TIME - 0.453 * COMFORT - 0.174 * ENVDDCS \quad (۲۲)$$
Pseudo R-squ 0.2188 Log-Likelihood -1949.4

$$\mathbf{U_{HSR} = 4.732 - 1.570 * CST - 1.273 * TIME + 0.414 * COMFORT + 0.017 * ENVEFFCTIMP}$$
$$U_{APL} = -0.744 * CST - 1.139 * TIME - 0.447 * COMFORT - 0.015 * ENVEFFCTIMP \quad (۲۳)$$
Pseudo R-squ 0.2099 Log-Likelihood -1971.4

$$\mathbf{U_{HSR} = 4.107 - 1.576 * CST - 1.278 * TIME + 0.416 * COMFORT + 0.281 * ANGTIMPCT}$$
$$U_{APL} = -0.746 * CST - 1.143 * TIME - 0.449 * COMFORT - 0.025 * ANGTIMPCT \quad (۲٤)$$
Pseudo R-squ 0.2121 Log-Likelihood -1966.0

$$\mathbf{U_{HSR} = 5.393 - 1.573 * CST - 1.276 * TIME + 0.415 * COMFORT - 0.238 * LWHSRPLT}$$
$$U_{APL} = -0.745 * CST - 1.141 * TIME - 0.448 * COMFORT + 0.213 * LWHSRPLT \quad (۲۵)$$
Pseudo R-squ 0.2111 Log-Likelihood -1968.6

٤-١-١٨- مدل با متغیرهای پایه و تمایل به پرداخت مبلغ بیشتر برای آلودگی کمتر

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $COMFORT$ و $TIME$ و CST و $MRCSTLWPLT$ است. در این مدل، آماره P-value این متغیر برای هواپیما (APL) و قطار سریع‌السیر (HSR)، بالاتر از مقدار از پیش تعیین‌شده (α=0.05) بود. از این رو، این مجموعه از مدل‌ها نمی‌تواند برای بررسی بیشتر در نظر گرفته شود. مدل ساخته‌شده در رابطه ۲۶ قابل رویت است.

٤-١-١٩- مدل با متغیرهای پایه و تواتر خدمات هفتگی در انتخاب شیوه سفر

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $COMFORT$ و $TIME$ و CST و $WKFRQ$ است. مدل ساخته‌شده در رابطه ۲۷ قابل رویت است.

٤-١-٢٠- مدل با متغیرهای پایه و احتمال برگزیدن قطار سریع‌السیر در صورتی که تواتر خدمات آن بالاتر از سفر هوایی باشد

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $CST, TIME, COMFORT$ و $HSRMRWFRQ$ است. مدل ساخته‌شده در رابطه ۲۸ قابل رویت است.

٤-١-٢٠- مدل با متغیرهای پایه و خدمات هفتگی قطار سریع‌السیر

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $COMFORT$ و $TIME$ و CST و $HSRSFCWFRQ$ است. مدل ساخته‌شده در رابطه ۲۹ قابل رویت است.

٤-١-٢١- مدل با متغیرهای پایه و ترس از پرواز

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $COMFORT$ و $TIME$ و CST و $APLFEAR$ است. مدل ساخته‌شده در رابطه ۳۰ قابل رویت است.

$$\mathbf{U_{HSR} = 4.673 - 1.570 * CST - 1.273 * TIME + 0.414 * COMFORT + 0.034 * MRCSTLWPLT}$$
$$U_{APL} = -0.744 * CST - 1.139 * TIME - 0.447 * COMFORT - 0.030 * MRCSTLWPLT \quad (۲۶)$$
Pseudo R-squ 0.2101 Log-Likelihood -1971.1

$$\mathbf{U_{HSR} = 3.991 - 1.579 * CST - 1.280 * TIME + 0.417 * COMFORT + 0.162 * WKFRQ}$$
$$U_{APL} = -0.747 * CST - 1.144 * TIME - 0.449 * COMFORT - 0.144 * WKFRQ \quad (۲۷)$$
Pseudo R-squ 0.2132 Log-Likelihood -1963.4

$$\mathbf{U_{HSR} = 3.964 - 1.581 * CST - 1.282 * TIME + 0.418 * COMFORT + 0.166 * HSRMRWFRQ}$$
$$U_{APL} = -0.748 * CST - 1.146 * TIME - 0.450 * COMFORT - 0.149 * HSRMRWFRQ \quad (۲۸)$$
Pseudo R-squ 0.2139 Log-Likelihood -1961.5

$$\mathbf{U_{HSR} = 4.595 - 1.570 * CST - 1.274 * TIME + 0.415 * COMFORT + 0.042 * HSRSFCWFRQ}$$
$$U_{APL} = -0.744 * CST - 1.140 * TIME - 0.447 * COMFORT - 0.038 * HSRSFCWFRQ \quad (۲۹)$$
Pseudo R-squ 0.2102 Log-Likelihood -1970.7

$$\mathbf{U_{HSR} = 6.779 - 1.586 * CST - 1.287 * TIME + 0.420 * COMFORT - 0.560 * APLFEAR}$$
$$U_{APL} = -0.750 * CST - 1.149 * TIME - 0.451 * COMFORT + 0.502 * APLFEAR \quad (۳۰)$$
Pseudo R-squ 0.2160 Log-Likelihood -1956.3

٤-١-٢٣- مدل با متغیرهای پایه و نگرانی‌های ایمنی حین پرواز

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $COMFORT$ و $TIME$ و CST و $SFTCN$ است. مدل ساخته‌شده در رابطه ۳۱ قابل رویت است.

٤-١-٢٤- مدل با متغیرهای پایه و اجبار به استفاده از یک گزینه جایگزین به دلیل ترس از پرواز

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $COMFORT$ و $TIME$ و CST و $APLFEALT$ است. مدل ساخته‌شده در رابطه ۳۲ قابل رویت است. بررسی جداول بالا نشان می‌دهد که متغیرهای $'LWHSRPLT$، $MRCSTLWPLT$، $ENVEFFCTIMP$، $PRCINCMINTCTY$، $MAXHSRTCKTM$، $LYAPLTRV$، $HSRCMP$، EDU، $HSREXP$، و AGE باید به دلیل بی‌اهمیت بودن ضرایبشان در در سطح معنی‌داری ۵ درصد مدل مطلوبیت، از فرآیند مدل‌سازی ادامه‌دار حذف شوند.

٤-٢- مرحله دوم مدل‌سازی

از آنجایی که نوآوری این پژوهش در بررسی تأثیر متغیرهای محیطی، نگرانی‌ها و ترس از پرواز، و درآمد فردی نهفته است، سه متغیر اصلی گنجانده شده در پرسشنامه برای منعکس کردن این پارامترها، به طور خاص $SFTCN$ (که منعکس‌کننده نگرانی‌های ایمنی در پرواز است)، $ENVDDCS$ (که اهمیت محیط زیست در تصمیم‌گیری روزمره را نشان می‌دهد)، و متغیر $INCOME$ (که نشان‌دهنده توان مالی و درآمد فردی است)، باید وارد فرآیند مدل‌سازی شوند.

٤-٢-١- مدل با متغیرهای پایه، درآمد و نگرانی‌های ایمنی حین پرواز

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل $COMFORT$ و $TIME$ و CST، $INCOME$ و $SFTCN$ است. بر اساس متغیرهای انتخاب‌شده، مدل مطلوبیت برای هر شیوه سفر به شرح رابطه ۳۳ تدوین می‌گردد.

.

$$\mathbf{U_{HSR} = 6.075 - 1.590 * CST - 1.289 * TIME + 0.421 * COMFORT - 0.198 * SFTCN}$$
$$U_{APL} = -0.752 * CST - 1.151 * TIME - 0.452 * COMFORT + 0.502 * SFTCN \quad (۳۱)$$
Pseudo R-squ 0.2173 Log-Likelihood -1953.1

$$\mathbf{U_{HSR} = 7.236 - 1.589 * CST - 1.288 * TIME + 0.421 * COMFORT - 0.673 * APLFEALT}$$
$$U_{APL} = -0.751 * CST - 1.150 * TIME - 0.452 * COMFORT + 0.604 * APLFEALT \quad (۳۲)$$
Pseudo R-squ 0.2170 Log-Likelihood -1953.8

$$\mathbf{U_{HSR} = 7.491 - 1.617 * CST - 1.312 * TIME + 0.430 * COMFORT - 0.026 * INCMOE - 0.188 * SFTCN} \quad (۳۳)$$
$$U_{APL} = -0.762 * CST - 1.168 * TIME - 0.460 * COMFORT + 0.023 * INCMOE + 0.168 * SFTCN$$
Pseudo R-squ 0.2273 Log-Likelihood -1928.0

٤-۲-٤- مدل با متغیرهای پایه، درآمد و تاثیر نگرش‌های زیست‌محیطی در تصمیم‌گیری‌ها

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل *COMFORT* و *TIME* و *CST*، *INCOME* و *ENVDDCS* است. بر اساس متغیرهای انتخاب‌شده، مدل مطلوبیت برای هر شیوه سفر به شرح رابطه ۳٤ تدوین می‌گردد

٤-۲-۳- مدل با متغیرهای پایه، نگرانی‌های ایمنی و تاثیر نگرش‌های زیست‌محیطی در تصمیم‌گیری‌ها

در این مدل، متغیرهای بررسی‌شده شامل *COMFORT* و *TIME* و *CST*، *SFTCN* و *ENVDDCS* است. بر اساس متغیرهای انتخاب شده، مدل مطلوبیت برای هر شیوه سفر به شرح رابطه ۳۵ تدوین می‌گردد.

٤-۳- مرحله سوم مدل‌سازی

در هر سه مورد از حالات فوق (یعنی، ترکیبات دو تایی متغیرهای مذکور)، تمام ضرایب در سطح معنی‌داری ۵ درصد، قابل اعتماد آماری هستند. در گام بعدی، ترکیب سه‌تایی این متغیرها نیز باید مورد بررسی قرار گیرد. لازم به یادآوری است که، طبق رابطه اُرم (Orme, 1998) که اندازه نمونه مورد نیاز را بر اساس تعداد انتخاب‌ها، تعداد گزینه‌ها و حداکثر تعداد سطوح برای هر صفت برآورد می‌کند، حداکثر تعداد پارامترهای مدل، برابر ٦ است. در این رابطه، n حداقل تعداد پاسخ‌دهندگان است، C تعداد پارامترهای مدل است، t تعداد سناریوهایی است که هر فرد مشاهده می‌کند، و a تعداد گزینه‌ها در هر سناریو است. با در نظر گرفتن ۱۰۰ پاسخ‌دهنده، ۱۸ سناریو به ازای هر فرد، و ۲ گزینه در هر سناریو، تعداد پارامترهای مدل (K) برابر با ٦ خواهد بود. آخرین ترکیب مدل‌ها، بررسی همزمان *SFTCN*، *ENVDDCS* و *INCOME* در کنار متغیرهای پایه مطابق رابطه ۳۷ است.

$$\mathbf{U_{HSR} = 5.312 - 1.621 * CST - 1.315 * TIME + 0.431 * COMFORT - 0.026 * INCMOE + 0.188 * ENVDDCS}$$
$$\mathrm{U_{APL} = -0.764 * CST - 1.170 * TIME - 0.460 * COMFORT + 0.023 * INCMOE - 0.167 * ENVDDCS} \quad (۳٤)$$

Pseudo R-squ	0.2288	Log-Likelihood	-1924.5

$$\mathbf{U_{HSR} = 5.109 - 1.621 * CST - 1.315 * TIME + 0.431 * COMFORT - 0.235 * SFTCN + 0.226 * ENVDDCS}$$
$$\mathrm{U_{APL} = -0.764 * CST - 1.170 * TIME - 0.460 * COMFORT + 0.209 * SFTCN - 0.201 * ENVDDCS} \quad (۳۵)$$

Pseudo R-squ	0.2287	Log-Likelihood	-1924.7

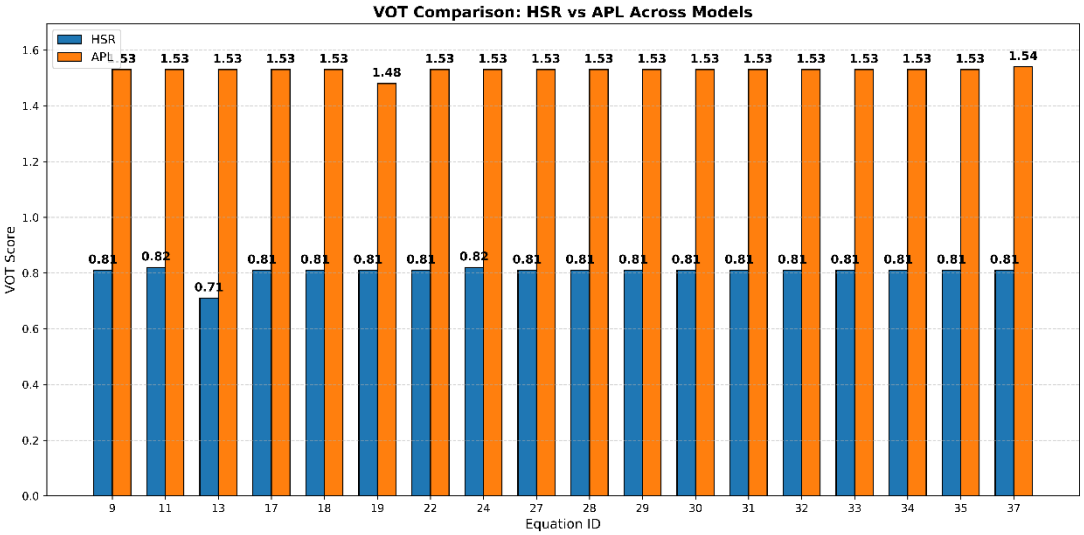
$$\frac{500 \times C}{t \times a} \leq n \quad (۳٦)$$

$$\mathbf{U_{HSR} = 6.49 - 1.65 * CST - 1.34 * TIME + 0.44 * COMFORT - 0.22 * SFTCN + 0.22 * ENVDDCS - 0.03 * INCOME}$$
$$\mathrm{U_{APL} = -0.77 * CST - 1.19 * TIME - 0.467 * COMFORT + 0.20 * SFTCN - 0.19 * ENVDDCS + 0.02 * INCOME} \quad (۳۷)$$

Pseudo R-squ	0.2376	Log-Likelihood	-1902.5

٤-٤- محاسبه ارزش زمانی و تفسیر آن

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، ارزش زمان سفر به صورت نسبت منفی ضریب زمان به ضریب هزینه محاسبه می شود. بر اساس معادلات پیشین که تدوین شد، ابتدا ارزش زمان سفر هر ترکیب محاسبه خواهد شد، سپس تفسیر خواهند شد. در نهایت، توصیف و تبیین بیشتری در خصوص قدرت تبیین هر مدل ارائه می‌گردد. مقادیر ارزش زمانی به ازای معادلات مختلف در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱. محاسبه و مقایسه ارزش زمانی ترکیب متغیرهای مختلف

پا یداری ارزش ز مان سفر (VOT)، حتی پس از افزودن متغیرهای اجتماعی-اقتصادی، روان شناختی، یا محیطی به مدل پایه (زمان، هزینه، آسایش/راحتی)، یک یافته قوی و مورد انتظار است که ریشه در ساختار جبری آن و فرضیات هسته‌ای نظریه مطلوبیت تصادفی دارد. ارزش زمان سفر به عنوان نسبت مطلوبیت نهایی زمان به مطلوبیت نهایی هزینه محاسبه می شود؛ بنابراین هنگامی که متغیرهای جدیدی مانند درآمد یا نگرانی محیطی معرفی می شوند، معمولاً به صورت عبارات تعاملی که ضرایب موجود زمان یا هزینه را اصلاح می‌کنند، اضافه می شوند، یا به عنوان مقادیر ثابت ویژه گزینه یا عبارات مستقل خودشان وارد تابع مطلوبیت می‌گردند.

به عبارت دیگر، اگر افزودن یک متغیر درآمد (از طریق یک عبارت تعاملی) باعث شود که ضریب زمان ۱۰ در صد منفی‌تر شود، اما همچنین سبب شود که ضریب هزینه نیز ۱۰ در صد منفی‌تر گردد، نسبت (*VOT*) بدون تغییر باقی می‌ماند. این امر نشان می‌دهد که اگرچه متغیرهای جدید در واقع تابع مطلوبیت کلی را تکمیل و قدرت تبیین آن را بهبود می‌بخشند، اما آن‌ها عمدتاً در حال جذب اثرات همبسته با سفر هستند، نه اینکه معاوضه پولی مسافر بین زمان و پول را به صورت بنیادی تغییر دهند. بنابراین، متغیرهای جدید توضیح می‌دهند که چرا گروه‌های خاصی (مانند افراد با درآمد بالا) قطار سریع‌السیر یا سفر هوایی را ترجیح می‌دهند، اما قیمتی که آن‌ها مایل‌اند برای صرفه‌جویی در یک ساعت بپردازند – یعنی ارزش زمان سفر – توسط ساختار ذاتی مجموعه انتخاب و مقیاس‌دهی نسبی ضرایب مطلوبیت اصلی حفظ می‌شود.

از نظر تجربی، این پایداری نشان می‌دهد که طراحی ترجیحات بیان شده این پژوهش، با سناریوهای فرضی خود که زمان، هزینه و رفاه را تغییر می‌دهند، معاوضه زمان- هزینه را به طور مؤثری جدا (ایزوله) می‌کند. ثبات در بین مدل‌ها (از مدل پایه تا ترکیبات گسترش یافته مانند $INCOME + SFTCN + ENVDDCS$) اعتبار تخمین ارزش زمان سفر را تأیید می‌کند، و بدین معنی است که این مقدار ساخته دست سوگیری متغیر حذف شده نیست، بلکه یک پارامتر رفتاری سازگار است.

٤-٥- رتبه‌بندی مدل‌ها

در مدل‌های انتخاب گسسته مانند لوجیت چندجمله‌ای که در این پژوهش به کار گرفته شده، R^2 از رگرسیون خطی به دلیل ماهیت احتمالی خروجی‌ها کاربرد ندارد. در عوض، برازش مدل (Goodness-of-Fit) با استفاده از شبه R^2 (Pseudo R^2) و مقادیر لگاریتم درست‌نمایی (Log-Likelihood) ارزیابی

می‌شود. بر اساس مقادیر $Pseudo\ R^2$ و لگاریتم درست‌نمایی، بهترین مدل، مدل ۳۷ است. این نتیجه‌گیری از ارزیابی هر دو معیار حاصل می‌شود.

۵- نتیجه‌گیری

این پژوهش، یک بررسی جامع از ارزش زمان سفر (VOT) را در بستر انتخاب شیوه سفر بین قطار سریع‌السیر (HSR) و سفر هوایی در کریدور تهران- مشهد انجام داده است، و به شکاف‌های تحقیقاتی در ملاحظات محیطی، توان مالی، و پویایی‌های خاص منطقه پرداخت. با بهره‌گیری از یک پرسش‌گری رجحان بیان شده بر روی ۱۰۰ پاسخ‌دهنده در قالب ۱۸ سناریوی فرضی، مدل‌های لوجیت چندجمله‌ای توسعه داده شدند تا تبادل و معاوضه زمان، هزینه، و آسایش توسط مسافران کمی‌سازی شود، ضمن اینکه متغیرهای اجتماعی-اقتصادی، روان‌شناختی، و محیطی نیز ادغام شدند. تحلیل پژوهش ارزش زمان سفر پایداری را در تمام تکرارهای مدل آشکار ساخت، که بر قوت آن به عنوان یک پارامتر رفتاری که ترجیحات فردی را با کارایی گسترده‌تر سیستم حمل‌ونقل پیوند می‌دهد، تأکید می‌کند. به ویژه، ادغام متغیرهای کلیدی مانند درآمد (*INCOME*، توان مالی)، *SFTCN* (نگرانی‌های ایمنی و ترس از پرواز)، و *ENVDDCS* (اهمیت محیط زیست در تصمیم‌گیری روزانه)، قدرت تبیین مدل را بدون تغییر دادن نسبت هسته‌ای زمان-هزینه افزایش داد، همان‌طور که با تخمین‌های سازگار ارزش زمان سفر برگرفته از نرخ نهایی جانشینی اثبات شد. این یافته‌ها چندین بینش محوری را برجسته می‌کنند. اولاً، ثبات ارزش زمان سفر – که ریشه در ساختار جبری توابع مطلوبیت و خاصیت عدم تغییر مقیاس مدل‌های لاجیت دارد – تأیید می‌کند که در حالی که عوامل کمکی مانند آگاهی محیطی و موانع روان‌شناختی بر ترجیح کلی شیوه سفر تأثیر می‌گذارند، اما ارزش‌گذاری اقتصادی صرفه‌جویی در زمان را به طور بنیادی مختل نمی‌کنند. این پایداری نشان می‌دهد که مسافران در کریدور تهران-مشهد هزینه‌های فرصت را به روشی سازگار با الگوهای جهانی اولویت‌بندی می‌کنند، هرچند که این موضوع با زمینه‌های محلی تطبیق یافته است، جایی که قطار سریع‌السیر می‌تواند به عنوان یک گزینه رقابتی در برابر سفر هوایی ظهور یابد.

مدل ۳۷ که صفات پایه (زمان، هزینه، آسایش) را در کنار درآمد، *SFTCN*، و *ENVDDCS* ادغام می‌کند. این مدل نه تنها برازش را در چارچوب محدودیت‌های اندازه نمونه (بر اساس قاعده اُرم) به حداکثر می‌رساند، بلکه نشان می‌دهد که چگونه ذهنیت‌های محیطی و شخصی می‌توانند پیش‌بینی‌های مطلوبیت را تکمیل کنند و به طور بالقوه سهم بازار را به سمت گزینه‌های پایدار مانند قطار سریع‌السیر سوق دهند. علیرغم این مشارکت‌ها، این پژوهش بدون محدودیت نیست. اتکا به داده‌های ترجیحات بیان شده (SP)، اگرچه برای سناریوهای فرضی مؤثر است، ممکن است سوگیری فرضی را معرفی کند، زیرا ترجیحات بیان شده توسط پاسخ‌دهندگان می‌تواند از رفتارهای آشکار شده در محیط‌های دنیای واقعی منحرف شود. علاوه بر این، اندازه نمونه ۱۰۰ پاسخ‌دهنده، اگرچه برای محدودیت‌های پارامتری ما کافی است، اما تعمیم‌پذیری را فراتر از کریدور تهران-مشهد محدود می‌کند؛ اعتبارسنجی‌های آتی با نمونه‌های بزرگ‌تر و متنوع یا داده‌های ترجیحات آشکار شده (RP) می‌تواند قوت را افزایش دهد. متغیرهای محیطی، اگرچه نوآورانه بودند، به صورت خوداظهاری جمع‌آوری شده‌اند و ممکن است به طور کامل نگرش‌های پنهان را ثبت نکنند، که فرصت‌هایی را برای ادغام با معیارهای عینی مانند ردپای کربن پیشنهاد می‌کند. با نگاه به آینده، این پژوهش راه را برای چندین مسیر تحقیق آتی هموار می‌کند. توسعه‌ها می‌توانند عناصر پویا مانند تغییرپذیری زمان سفر (ارزش قابلیت اطمینان) را در بر گیرند یا سناریوهای چندوجهی شامل اتوبوس یا خودرو را برای یک تحلیل کل‌نگر بین‌شهری ادغام کنند.

۶- مراجع

-Adler, N., Nash, C., & Pels, E. A. *(2008).* High-speed rail & air transport competition: Game engineering as tool for cost-benefit analysis.
dx.doi.org/10.2139/ssrn.1292745

Adler, N., Pels, E., & Nash, C. (2010). High-speed rail and air transport competition: Game engineering as tool for cost-benefit analysis. *Transportation Research Part B: Methodological*, 44(7), 812-833.
doi.org/10.1016/j.trb.2010.01.001

-Aleskerov, F., Bouyssou, D., & Monjardet, B. (2007). Utility maximization, choice and preference. *Springer.*
doi.org/10.1007/978-3-540-34183-3_6

-Aschenbrenner, L. (2012). The concepts of value: Foundations of value theory, Vol. 12. *Springer Science & Business Media.*

-Athira, I., Muneera, C., Krishnamurthy, K., & Anjaneyulu, M. (2016). Estimation of value of travel time for work trips. *Transportation*

Transport Reviews, 26(5), 593-611. **doi.org/10.1080/01441640600589319**

-Givoni, M., & Dobruszkes, F. (2013). A review of ex-post evidence for mode substitution and induced demand following the introduction of high-speed rail. *Transport Reviews,* 33(6), 720-742. **doi.org/10.1080/01441647.2013.853707**

-González, R. M. (1997). The value of time: a theoretical review. Transport reviews, 17(3), 245-266. **doi.org/10.1080/01441649708716984**

-Hensher, D. A. (1997). A practical approach to identifying the market potential for high speed rail: a case study in the Sydney-Canberra corridor. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 31(6), 431-446. **doi.org/10.1016/S0965-8564(97)00001-3**

-Lawrence, M., Bullock, R., & Liu, Z. (2019). China's high-speed rail development. *World Bank Publications*.

-Li, Z.-C., & Sheng, D. (2016). Forecasting passenger travel demand for air and high-speed rail integration service: A case study of Beijing-Guangzhou corridor, China. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 94, 397-410. **doi.org/10.1016/j.tra.2016.10.002**

-Martín, J. C., & Nombela, G. (2007). Microeconomic impacts of investments in high speed trains in Spain. *The Annals of Regional Science,* 41(3), 715-733. **doi.org/10.1007/s00168-007-0116-8**

-Milan, J. (1993). A model of competition between high speed rail and air transport. *Transportation Planning and Technology*, 17(1), 1-23. **doi.org/10.1080/03081069308717496**

-Nurhidayat, A. Y., Widyastuti, H., Sutikno, & Upahita, D. P. (2023). Research on passengers' preferences and impact of high-speed rail on air transport demand. *Sustainability,* 15(4), 3060. **doi.org/10.3390/su15043060**

-Orme, B. (1998). Sample size issues for conjoint analysis studies. Sequim: Sawtooth software technical paper.

-Pagliara, F., Vassallo, J. M., & Román, C. (2012). High-speed rail versus air transportation: case study of Madrid–Barcelona, Spain. *Transportation Research Record,* 2289(1), 10-17. **doi.org/10.3141/2289-02**

-Raturi, V., & Verma, A. (2017). Analyzing competition between High Speed Rail and Bus mode using market entry game analysis. *Research Procedia,* 17, 116-123. **doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.067**

-Cai, D.-l., Xiao, Y.-b., & Jiang, C. (2021). Competition between high-speed rail and airlines: Considering both passenger and cargo. *Transport Policy,* 110, 379-393. **doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.06.015**

-Chen, Z. (2017). Impacts of high-speed rail on domestic air transportation in China. *Journal of Transport Geography,* 62, 184-196. **doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.04.002**

-D'Alfonso, T., Jiang, C., & Bracaglia, V. (2016). Air transport and high-speed rail competition: Environmental implications and mitigation strategies. *Transportation Research Part A: Policy and Practice,* 92, 261-276. **doi.org/10.1016/j.tra.2016.06.009**

-Danapour, M., Nickkar, A., Jeihani, M., & Khaksar, H. (2018). Competition between high-speed rail and air transport in Iran: The case of Tehran–Isfahan. Case Studies on Transport Policy, 6(4), 456-461. **doi.org/10.1016/j.cstp.2018.05.006**

-de Rus, G., Socorro, M. P., Valido, J., & Campos, J. (2022). Cost-benefit analysis of transport projects: Theoretical framework and practical rules. *Transport Policy,* 123, 25-39. **doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.04.008**

-Dobruszkes, F. (2011). High-speed rail and air transport competition in Western Europe: A supply-oriented perspective. Transport Policy, 18(6), 870-879. **doi.org/10.1016/j.tranpol.2011.06.002**

-Dobruszkes, F., Dehon, C., & Givoni, M. (2014). Does European high-speed rail affect the current level of air services? An EU-wide analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice,* 69, 461-475. **doi.org/10.1016/j.tra.2014.09.004**

-Ebeling, K. (2005). High-speed railways in Germany. *Japan Railway and Transport Review,* 40(3), 36-45.

-Evgeniia, S., Pantelaki, E., Bashir, T., & Pagliara, F. (2025). High-Speed rail and air transport competition: A game theoretical approach to a potential European case study. Case Studies on Transport Policy, 101614. **doi.org/10.1016/j.cstp.2025.101614**

-Fu, X., Oum, T. H., & Yan, J. (2014). An analysis of travel demand in Japan's intercity market empirical estimation and policy simulation. *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP),* 48(1), 97-113.

-Givoni, M. (2006). Development and impact of the modern high-speed train: A review.

doi.org/10.1016/j.tra.2018.06.030
-Wang, K., Xia, W., & Zhang, A. (2017). Should China further expand its high-speed rail network? Consider the low-cost carrier factor. *Transportation Research Part A: Policy and Practice,* 100, 105-120.
doi.org/10.1016/j.tra.2017.04.010
-Xia, W., Wang, K., & Zhang, A. (2018). Air transport and high-speed rail interactions in China: review on impacts of low-cost carriers, rail speed, and modal integration. *Airline Economics in Asia,* 103-122.
doi.org/10.1108/S2212-160920180000007007

-Xia, W., & Zhang, A. (2016a). Effects of air and high-speed rail transport integration on profits and welfare: the case of air-rail connecting time. -Xia, W., Zhang, A. https://ssrn.com/abstract=2868581
-Xia, W., & Zhang, A. (2016b). High-speed rail and air transport competition and cooperation: A vertical differentiation approach. *Transportation Research Part B: Methodological,* 94, 456-481.
doi.org/10.1016/j.trb.2016.10.006
-Yang, H., Burghouwt, G., Wang, J., Boonekamp, T., & Dijst, M. (2018). The implications of high-speed railways on air passenger flows in China. Applied Geography, 97, 1-9.
doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.05.006
-Yang, H., & Zhang, A. (2012). Effects of high-speed rail and air transport competition on prices, profits and welfare. Transportation Research Part B: Methodological, 46(10), 1322-1333. doi.org/10.1016/j.trb.2012.09.001
-Zhang, A., Wan, Y., & Yang, H. (2019). Impacts of high-speed rail on airlines, airports and regional economies: A survey of recent research. *Transport Policy,* 81, A1-A19.
doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.06.010
-Zhang, Q., Yang, H., & Wang, Q. (2017). Impact of high-speed rail on China's Big Three airlines. *Transportation Research Part A: Policy and Practice,* 98, 77-85.
doi.org/10.1016/j.tra.2017.02.005
-Zhang, Y., Hu, R., Chen, R., Cai, D.-l., & Jiang, C. (2024). Competition in cargo and passenger between high-speed rail and airlines-considering the vertical structure of transportation. *Transport Policy,* 151, 120-133.
doi.org/10.1016/j.tranpol.2024.04.006

Transportation Research Procedia, 25, 2373-2384.
doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.264
-Reiter, V., Voltes-Dorta, A., & Suau-Sanchez, P. (2022). The substitution of short-haul flights with rail services in German air travel markets: A quantitative analysis. Case Studies on Transport Policy, 10(4), 2025-2043.
doi.org/10.1016/j.cstp.2022.09.001
-Román, C., Espino, R., & Martín, J. C. (2007). Competition of high-speed train with air transport: The case of Madrid–Barcelona. *Journal of Air Transport Management,* 13(5), 277-284.
doi.org/10.1016/j.jairtraman.2007.04.009
-Román, C., Espino, R., & Martín, J. C. (2010). Analyzing competition between the high speed train and alternative modes. The case of the Madrid-Zaragoza-Barcelona corridor. Journal of Choice Modelling, 3(1), 84-108.
doi.org/10.1016/S1755-5345(13)70030-7
-Román, C., & Martín, J. (2010). Potential demand for new high speed rail services in high dense air transport corridors.
doi.org/10.2495/SDP-V5-N2-114-129
-Román, C., & Martín, J. C. (2011). Special issue on new frontiers in accessibility modelling: The effect of access time on modal competition for interurban trips: The case of the madrid-barcelona corridor in Spain. *Networks and Spatial Economics,* 11, 661-675.
doi.org/10.1007/s11067-011-9158-7
-Román, C., & Martín, J. C. (2014). Integration of HSR and air transport: Understanding passengers' preferences. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review,* 71, 129-141.
doi.org/10.1016/j.tre.2014.09.001
-Smith, R. A. (2014). The Shinkansen—World leading high-speed railway system. *Japan Railway & Transport Review,* 64(6), 38-49.
Socorro, M. P., & Viecens, M. F. (2013). The effects of airline and high speed train integration. *Transportation Research Part A: Policy and Practice,* 49, 160-177.
doi.org/10.1016/j.tra.2013.01.014
-Sun, X., Zhang, Y., & Wandelt, S. (2017). Air Transport versus High-Speed Rail: An Overview and Research Agenda. *Journal of Advanced Transportation,* 2017(1), 8426926.
doi.org/10.1155/2017/8426926
-Tsunoda, Y. (2018). Transportation policy for high-speed rail competing with airlines. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 116, 350-360.

Estimating the Value of Time in High-Speed Rail versus Air Travel

(A Stated Preference Analysis of Socio-Economic, Environmental, and Psychological Factors in Iran's Tehran-Mashhad Corridor)

Mohammad Feli, Ph.D. Candidate, Department of Civil Engineering, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

***Ali Naderan,** Assistant Professor, Department of Civil Engineering, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

Mahmoud Saffarzadeh, Professor, Faculty of Civil & Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

E-mail: naderan@iau.ac.ir

Received: September 2025- Accepted: February 2026

ABSTRACT

This study rigorously examines the Value of Time (VOT) in mode choice between High-Speed Rail (HSR) and air travel along Iran's Tehran-Mashhad corridor, addressing critical gaps in environmental, socio-economic, and psychological factors influencing traveler preferences. Employing a Stated Preference survey with 100 respondents across 18 scenarios, we utilized Multinomial Logit (MNL) models grounded in Random Utility Theory to estimate VOT, revealing its remarkable stability across specifications. Despite incorporating variables such as INCOME (financial affordability), SFTCN (safety concerns and fear of flying), and ENVDDCS (environmental decision-making importance), VOT remained consistent, reflecting the robust algebraic structure of the time-cost trade-off and the scale invariance of logit models. Model 37, integrating these variables with base attributes (time, cost, comfort), achieved the highest pseudo-R-squared (0.2376) and log-likelihood (-1902.5), offering superior explanatory power for traveler behavior in this corridor. These findings underscore HSR's potential to compete with air travel, particularly for environmentally conscious and cost-sensitive segments, informing sustainable transport policies in Iran. Limitations include potential hypothetical bias in Stated Preference data and a modest sample size, suggesting future validation with Revealed Preference data or larger, diverse samples. Extending analyses to other Iranian corridors or employing advanced models like Mixed Logit could capture unobserved heterogeneity, enhancing VOT precision. This research advances understanding of mode choice dynamics, guiding infrastructure investments that balance efficiency, sustainability, and equity in Iran's evolving transportation landscape, particularly in the Tehran-Mashhad corridor.

Keywords: Value of Time (VOT), High-Speed Rail (HSR), Mode Choice, Utility, Stated Preference