

مطالعه تطبیقی مدل‌های انتخاب وسیله سفر جهت راهکارهای مدیریتی (مطالعه موردی: سفرهای کاری اوج صبح در کلان‌شهر شیراز و مشهد)

حسین عبداللهی، کارشناس ارشد حمل‌ونقل، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملارد، تهران، ایران
امیررضا ممدوحی (مسئول مکاتبات)، دانشیار گروه مهندسی برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه
تربیت مدرس، تهران، ایران

E-mail: armamdoohi@modares.ac.ir

علی پایدار، استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملارد، تهران، ایران

چکیده

برنامه‌ریزان حمل‌ونقل همواره به دنبال استفاده از عامل زمان در فرآیند برنامه‌ریزی هستند؛ بنابراین، با هدف تنظیم زمان سفر، از مدل زمان روز استفاده می‌کنند. پژوهش حاضر نیز با بهره‌گیری از مدل زمان روز، به مطالعه تطبیقی مدل‌های انتخاب وسیله سفر در نمونه موردی هدف سفر کار در بازه زمانی اوج صبح در دو کلان‌شهر شیراز و مشهد می‌پردازد. این پژوهش، از نوع کاربردی بوده و با استفاده از روش اسنادی و مطالعه موردی به اجرا درآمده است. کلان‌شهر شیراز، منطقه مطالعاتی پژوهش حاضر را تشکیل می‌دهد؛ بنابراین، داده‌های مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز برای بررسی مدل زمان روز مورد تحلیل قرار گرفت. برای تحلیل از مدل‌های انتخاب گسسته، مدل لوجیت چندگانه در قالب نرم‌افزار «Nlogit» استفاده شد. یافته‌ها نشان داد که بیشترین حجم و سایل نقلیه در بازه زمانی اوج صبح مربوط به سواری شخصی است. همچنین نتایج پژوهش حاکی از آن است که با افزایش متغیر سرانه مالکیت سواری شخصی میزان تمایل افراد به استفاده از وسیله نقلیه شخصی افزایش و میزان تمایل آن‌ها به استفاده از اتوبوس و دوچرخ در این بازه زمانی کاهش می‌یابد. همچنین اگر مسافت مبدأ تا مقصد افزایش پیدا کند مطلوبیت استفاده از تاکسی کم می‌شود. از این رو، برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در حوزه حمل‌ونقل به‌منظور کاهش ترافیک و ارتقای کیفیت سفر در ساعات اوج صبح نیازمند اتخاذ رویکردی جامع و چندجانبه است. این امر با آموزش و فرهنگ سازی همگانی جهت استفاده از وسایل نقلیه پاک و حمل‌ونقل عمومی، کاهش وابستگی به سواری شخصی و نهادینه شدن آن در جامعه میسر می‌شود. همچنین توسعه و تصویب راهکارهای مناسب جهت مدیریت تقاضای سفر، بهبود وضعیت حمل‌ونقل و نیز آگاهی بخشی به مؤسسات خدمات‌رسانی در خصوص زمان شروع سفر در ساعات اوج یا غیر اوج به‌منظور افزایش سرعت در عملکرد آن‌ها توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: مدل زمان روز، لوجیت چندگانه، تحلیل تقاضا، تفکیک سفر، مدل‌سازی چهار مرحله‌ای سفر

۱. مقدمه

بسیاری در موضوع مدل‌سازی داشته است. با ایجاد مدل‌های جدید تولید، جذب، توزیع، تفکیک و حتی تخصیص سفر و همچنین نیاز به ارزیابی طرح‌های حمل‌ونقل جدید با در نظر گرفتن نحوه فعالیت‌های درون خانواری و یا زنجیره فعالیت‌ها و سفرهای فردی مدل‌های انتخاب زمان شروع سفر (همان زمان‌روز) نیز تغییر و تجدید می‌یابند. موضوع زمان ایجاد سفر اهمیت بالایی در تشکیل سفرهای درون‌شهری و برون‌شهری دارد، چراکه سفرها دیگر محدود به زمان و ساعت خاصی نیست و در طول روز توزیع می‌شود. برنامه‌ریزان حمل‌ونقل که همواره به دنبال عامل استفاده از زمان در فرآیند برنامه‌ریزی هستند، با هدف تنظیم زمان شروع سفر، از مدل زمان‌روز استفاده می‌کنند. مدل زمان‌روز نیز به صورت نسبتی از حجم ترافیک در ساعات اوج بر کل حجم ترافیکی در دوره ثابت (معمولاً یک روز) محاسبه می‌شود.

مطالعات مختلفی در زمینه برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری با استفاده از مدل زمان روز صورت گرفته است که از جمله آن می‌توان به استفاده از مدل زمان روز در مدل‌های تقاضای سفر در شهرهای استکهلم، جکسون، شیراز و مشهد قبل از مرحله تخصیص سفر اشاره کرد که در هر یک به شیوه‌ای ساعات اوج و غیر اوج و سایر عوامل را مورد بررسی قرار داده‌اند.

با توجه به مرور مطالعات پیشین، «تأثیر مدل زمان روز در مرحله انتخاب وسیله نقلیه با استفاده از رویکرد چهار مرحله‌ای» مشخص می‌شود. مطالعه این مسئله می‌تواند با آگاهی بخشی به سازمان حمل‌ونقل و نهادهای مرتبط در خصوص شناسایی بهترین زمان شروع سفر در ۲۴ ساعت و انتخاب وسایل نقلیه مناسب، جهت تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در راستای توسعه و تصویب سیاست‌های مدیریت تقاضای سفر به منظور کاهش آلودگی‌ها و صرفه‌جویی در زمان و انرژی کمک شایانی نماید. بنابراین، این پژوهش با جانمایی مدل زمان‌روز مابین مرحله سوم (تفکیک سفر) و مرحله چهارم (تخصیص سفر) درصدد است تا به پرسش «مدل زمان روز در سفرهای

همواره حمل‌ونقل بخش عمده‌ای از امکانات و منابع را به طور مستقیم و غیرمستقیم به خود اختصاص داده است. سفر برای جستجوی منابع غذایی، اکتشاف منابع و معادن زیرزمینی، تجارت، دادوستد کالا، جنگ و لشکرکشی‌ها، گردش و تفریح و موارد مختلف دیگر همگی نمودهایی از گستردگی و وسعت موضوع حمل‌ونقل هستند که از ابتدای خلقت انسان مطرح بوده و در حال حاضر پس از گذشت قرن‌های متمادی، پیشرفت شگرفی که در صنایع گوناگون به وجود آمده است بر پیچیدگی مسائل مربوط به حمل‌ونقل افزوده است. کیفیت سیستم حمل‌ونقل و ظرفیت آن ارتباط مستقیمی با اقتصاد دارد. به طوری که حمل‌ونقل عاملی اساسی در پیشرفت اقتصادی بوده و توسعه پایدار بدون توسعه و بهبود حمل‌ونقل امکان‌پذیر نخواهد بود.

در این راستا، انتخاب وسیله سفر یکی از مهم‌ترین مباحث در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل است. این موضوع به طور کلی کارایی جابه‌جایی را در مناطق شهری تحت تأثیر قرار می‌دهد تا جایی که حتی در مورد حمل‌ونقل بین‌شهری نیز دارای اهمیت خاصی است. با این حال، توسعه و تحولات صورت گرفته اگرچه موجب بهبود سیستم حمل‌ونقل شده؛ اما چالش‌ها و مشکلاتی را نیز به همراه داشته است. امروزه افزایش استفاده از وسایل نقلیه شخصی در سفرهای درون‌شهری مهم‌ترین عامل ایجاد تراکم در ساعات اوج ترافیک و بروز مشکلات ناشی از آن همچون آلودگی هوا، آلودگی صوتی، اتلاف انرژی، اتلاف وقت و تأخیر و افزایش مصرف سوخت است. احداث زیرساخت‌های جدید و تعریض خیابان‌ها می‌تواند راه‌حلی برای کاهش تراکم ترافیک باشد؛ اما هزینه زیاد احداث و محدودیت منابع، چاره‌اندیشی‌های دیگری را در پی دارد. در چنین شرایطی برنامه‌ریزی‌های صحیح حمل‌ونقلی می‌تواند با هزینه کمتر، کارایی بیشتری را داشته باشد. تحول تکنولوژی در دنیای امروز، موجب کاهش هزینه‌ها و افزایش سرعت محاسبات و صرفه‌جویی در زمان گردیده است. سیستم حمل‌ونقل نیز با بهره‌گیری از تکنولوژی، پیشرفت‌های

انتخاب مشترک زمان شروع و وسیله سفر در استرالیا برای هدف شغلی و غیر شغلی توسعه دادند و به اهمیت زمان و هزینه سفر در مدل‌های جداگانه پرداختند.

خان و ماچمهل^۳ در پژوهشی با عنوان «رفتار انتخاب زمان روز وسایل نقلیه تجاری در مناطق شهری» با استفاده از چارچوب مدل‌سازی چندگانه گسسته- پیوسته پروبیت با ارائه یک مدل ترکیبی نشان دادند که در میان وسایل نقلیه تجاری با توجه به سرعت، زمان سرویس‌دهی و رسیدن به ایستگاه‌های پایانی ناهمگونی وجود دارد. مدل پیش‌بینی احتمال انتخاب زمان روز وسایل نقلیه تجاری توسعه‌یافته توسط آن‌ها جهت انجام فعالیت‌های روزانه و میزان مسافت طی شده در زمان روز انتخابی قابل استفاده است.

لیم و سرینیواسان^۴ به مدل‌سازی انتخاب زمان روز برای فعالیت‌های مشترک اجتماعی و تفریحی و بررسی تأثیر محدودیت‌های زمانی افراد بر مجموعه انتخاب و زمان‌بندی تورهای مشترک اجتماعی- تفریحی پرداختند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که احتمال بیشتر وقوع تورهای مشترک اجتماعی-تفریحی در بازه‌هایی همچون عصر و میانه روز و پس از سفرهای اجباری است.

در پژوهشی با عنوان «امروز بیست سال پیش بود: بازبینی انتخاب زمان روز در هلند» دجونگ و دیگران مدل زمان‌روز را به‌عنوان مرحله پنجم در مدل‌سازی چهار مرحله‌ای در نظر گرفتند. نتایج نشان می‌دهد که در دو دهه گذشته همگام با گرایش به سوی انعطاف‌پذیری بیشتر در برنامه‌ریزی فعالیت‌ها در طول روز و اقتصاد ۲۴ ساعته، انتخاب مدل زمان روز نسبت به انتخاب وسیله سفر انعطاف‌پذیرتر شده است.

درمجموع بررسی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که در داخل و خارج از کشور پژوهش‌های مختلفی در زمینه انتخاب وسیله نقلیه و زمان شروع سفر صورت گرفته که نشانگر اهمیت انتخاب زمان سفر است؛ اما نیاز به انجام پژوهشی که با هدف پژوهش حاضر به مطالعه مدل‌های انتخاب وسیله سفر پردازد، احساس

کاری با بازه زمانی اوج صبح و وسایل نقلیه متفاوت برای نمونه موردی کلان‌شهر شیراز در مقایسه با کلان‌شهر مشهد چگونه است؟» پردازد.

۲. ادبیات پژوهش

با کاوشی که روی آثار موجود در پایگاه‌های اطلاعاتی و استنادی معتبر صورت گرفت، آثار متعددی بازیابی شدند که در اینجا تنها به مواردی که مرتبط به موضوع پژوهش حاضر بودند و به‌گونه‌ای با روند و ساختار پژوهش حاضر همخوانی داشتند، اشاره می‌شود.

عبداللهی با بهره‌گیری از مطالعه تطبیقی به شناسایی عوامل مؤثر در انتخاب شیوه سفر در کلان‌شهر شیراز با استفاده از مدل زمان روز پرداخت. نتایج پژوهش او نشان داد متغیر سرانه مالکیت سواری شخصی در مبدأ سفر، در تمام اهداف سفر باعث افزایش تمایل استفاده از وسایل نقلیه سواری می‌شود؛ اما میزان این اثرگذاری در بازه‌های مختلف زمانی متفاوت است.

ممدوحی و همکاران با استفاده از اطلاعات خانوارها و ماتریس مبدأ- مقصد در ۲۵۳ ناحیه ترافیکی شهر مشهد (شامل مشخصات اقتصادی- اجتماعی افراد، شبکه حمل‌ونقل، کاربری زمین و خصوصیات سفر) نشان دادند که نه تنها عوامل مؤثر بر انتخاب وسیله سفر و میزان تأثیر هر یک، در بازه زمانی و اهداف مختلف سفر متفاوت است، بلکه به ازای هدف و وسیله یکسان نیز، این عوامل در بازه‌های مختلف زمانی متفاوت است.

دجونگ^۱ و همکاران وسیله نقلیه و زمان شروع سفر در هلند با استفاده از مدل لجیت چندگانه مختلط پرداختند. در این مقاله از داده‌ها برای تخمین مدل‌های مؤلفه‌های خطای زمان روز و انتخاب حالت سفر استفاده شده است، نتایج این پژوهش نشان داد که زمان شروع سفر به ساعت اوج و هزینه سفر حساس است.

هو و هنشر^۲ در پژوهشی با عنوان «تخمین مشترک مد و انتخاب زمان روز برای محاسبه انعطاف‌پذیری زمان ورود، اطمینان‌پذیری زمان سفر و ازدحام در حمل‌ونقل همگانی» به بررسی مدل فصلنامه مهندسی ترافیک/ سال بیست و چهارم/ شماره ۹۸ / پاییز ۱۴۰۳

که در آن:

$P_K^1 =$ قسمت جدیدی از سفرها که به وسیله شیوه سفر K انجام می‌گیرد.

$P_k^0 =$ قسمت اولیه از سفرها که به وسیله شیوه سفر K انجام می‌گیرد.

$(V_k - V_k^0) =$ تغییرات در مطلوبیت استفاده از شیوه سفر K به منظور بررسی اهمیت آماری در حالت کلی مقادیر مختلف تابع پیشینه درست‌نمایی به دست آمده در حالات لگاریتم احتمال، سهم پایه (بازار) و سهم برابر مقایسه شده و از نظر آماری با استفاده از آزمون مربع کای ۲ مورد آزمون قرار گرفته است. طبق رابطه ۴ و ۵ برای مقایسه اهمیت آماری مدل تخمینی با مدل سهم پایه (بازار) محاسبه شده است.

$$-2[LL(0) - LL(\beta)] > X_{N,1-\alpha}^2 \quad (4)$$

$$-2[LL(C) - LL(\beta)] > X_{N,1-\alpha}^2 \quad (5)$$

$\alpha =$ معناداری،

$N =$ تعداد پارامترهای برآورد شده در مدل،

$LL(0) =$ مقدار لگاریتم تابع درست‌نمایی به ازای ضرایب صفر $LL(\beta) =$ مقدار لگاریتم تابع درست‌نمایی به ازای پارامترهای برآورد شده.

$LL(C) =$ مقدار لگاریتم تابع درست‌نمایی به ازای ضرایب ثابت.

تفاوت مقادیر تابع درست‌نمایی (مقدار داخل کروشه) نشان‌دهنده نزدیکی و شباهت مشاهدات و نتایج برآورد مدل است. هرچه مقدار این تابع بیشتر شود، مدل برآورد شده به مقادیر مشاهده و واقعیت نزدیک‌تر خواهد بود. لذا این پارامتر می‌تواند معیاری برای ارزیابی خوبی برازش مدل باشد؛ اما از آنجاکه این مقادیر مطلق بوده و خطای مدل را محاسبه نمی‌کند، می‌توان از آن برای رد یا قبول یک مدل استفاده نمود؛ اما در مقایسه دو یا چند مدل مقادیر به دست آمده از تابع درست‌نمایی می‌تواند ملاک قرار گیرد. بر این مبنا برای مقایسه مدل‌ها و بررسی آن‌ها از دو آماره رابطه‌های ۶ و ۷ تعیین می‌شود.

فصلنامه مهندسی ترافیک / سال بیست و چهارم / شماره ۹۸ / پاییز ۱۴۰۳

می‌شود. از این رو، این پژوهش به مطالعه تطبیقی نمونه موردی سفرهای کاری در بازه زمانی اوج صبح در دو کلان‌شهر شیراز و مشهد می‌پردازد.

۳. روش پژوهش

۳-۱ روش و ابزار پژوهش

پژوهش حاضر به لحاظ هدف، از نوع پژوهش‌های کاربردی است و نتایج آن می‌تواند مستقیماً مثلاً در سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری کلان‌شهر شیراز کاربرد داشته باشد. پژوهش حاضر در قالب روش مطالعه اسنادی (کتابخانه‌ای)، مطالعه موردی و تطبیقی می‌گنجد. همچنین با بهره‌گیری از مدل لجیت چندگانه و با استفاده از نرم‌افزار Nlogit یافته‌های پژوهش تحلیل شده و نتایج پژوهش در قالب جدول و نمودار ارائه می‌گردد. از این رو، در ادامه، به مقایسه نتایج این پژوهش با نتایج حاصل از پژوهش کلان‌شهر مشهد پرداخته می‌شود.

۳-۲ مدل لجیت چندگانه

مدل لجیت چندگانه یکی از پرکاربردترین مدل‌های انتخاب گسسته است. شکل ریاضی این مدل در حالت بسط داده شده به صورت رابطه ۱ است.

$$P(K) = \frac{e^{U_k}}{\sum_x e^{U_x}} \quad (1)$$

رابطه (۱) احتمال انتخاب سفرهای انجام شده توسط یک شیوه سفر از بین چند شیوه سفر را نشان می‌دهد. این رابطه را می‌توان به شکل ساده‌تر رابطه (۲) بیان نمود:

$$P(K) = \frac{U_k}{\sum_x U_x} \quad (2)$$

در سال ۱۹۸۰ میلادی، کومار رابطه مدل لجیت چندگانه را طوری بسط داد که قادر باشد تغییرات در مقدار مطلوبیت هر یک از شیوه‌های سفر را مستقیماً روی سفرهای انجام گرفته به شیوه مختلف اعمال نماید. (رابطه ۳):

$$P_K^1 = \frac{P_k^0 e^{(V_k - V_k^0)}}{\sum_k P_k^0 e^{(V_k - V_k^0)}} \quad (3)$$

مطالعه تطبیقی مدل‌های انتخاب وسیله سفر جهت راهکارهای مدیریتی (مطالعه موردی: سفرهای کاری اوج صبح در کلان‌شهر شیراز و مشهد)

اساس پایگاه داده پژوهش [گزارش مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز]، متغیرهای بکار رفته در پژوهش حاضر برای هدف سفر کار در بازه زمانی اوج صبح، در چهار گروه زیر قرار می‌گیرند که به تفکیک در جدول ۱ درج شده است.

- متغیرهای مربوط به خصوصیات عملکردی و فیزیکی سیستم‌های حمل‌ونقل؛
- متغیرهای مربوط به خصوصیات فیزیکی شبکه؛
- متغیرهای اقتصادی و اجتماعی؛
- متغیرهای مربوط به خصوصیات مبدأ و مقصد.

$$P_0^2 = 1 - \frac{LL(\beta)}{LL(0)} \quad (6)$$

$$P_C^2 = 1 - \frac{LL(\beta)}{LL(C)} \quad (7)$$

۳-۳ جامعه آماری پژوهش

کلان‌شهر شیراز، منطقه مطالعاتی پژوهش حاضر را تشکیل می‌دهد؛ بنابراین داده‌های مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کلان‌شهر شیراز در سال ۱۳۹۹ برای بررسی مدل زمان روز مورد تحلیل قرار گرفت. کلان‌شهر شیراز به ۱۱ منطقه و ۳۲۵ ناحیه ترافیکی تقسیم شده و مساحتی بالغ بر ۲۱۷ کیلومتر مربع دارد. بر

جدول ۱. متغیرهای پژوهش

نماد متغیر	تعریف متغیر	نوع متغیر
Tcar	زمان سفر سواری	خصوصیات عملکردی و فیزیکی سیستم حمل‌ونقل
tinbus	زمان سفر درون اتوبوس	
toutbus	زمان سفر بیرون اتوبوس (انتظار همگانی + پیاده _ همگانی)	
Ttbus	کل زمان سفر با اتوبوس (زمان سفر بیرون اتوبوس + زمان سفر درون اتوبوس)	
Walk_TR	زمان سفر پیاده - همگانی	
Wait_TR	زمان انتظار همگانی	
tobDld	نسبت مسافت سفر به زمان سفر بیرون اتوبوس	
tcardis	نسبت مسافت سفر به زمان سفر سواری شخصی	
tcaco1	زمان سفر کوتاه سواری شخصی (زیر ۲۰ دقیقه) در سرانه مالکیت	
tcdis	نسبت زمان سفر سواری شخصی به مسافت سفر	
todis	نسبت زمان سفر بیرون اتوبوس به مسافت سفر	خصوصیات مربوط به شکل فیزیکی شبکه
Tdis	مسافت سفر	
lnnbrd	لگاریتم طبیعی تعویض اتوبوس	
CO	سرانه خودرو شخصی	متغیرهای اقتصادی و اجتماعی
MO	سرانه دوچرخ	
cotcar1	خانوار دارای یک سواری شخصی در زمان سفر سواری شخصی	
icbd	مبدأ درون ناحیه ترافیکی	خصوصیات مبدأ _ مقصد
jcbd	مقصد درون ناحیه ترافیکی	
ijcbd	مبدأ-مقصد در ناحیه ترافیکی	
ibus	تعداد خط اتوبوس عبوری از ناحیه مبدأ	
jbus	تعداد خط اتوبوس عبوری از ناحیه مقصد	

نوع متغیر	تعریف متغیر	نماد متغیر
	تعداد خط اتوبوس عبوری از ناحیه مبدأ در ناحیه ترافیکی	ibus_cbd
	تعداد خط اتوبوس عبوری از ناحیه مقصد در ناحیه ترافیکی	jbus_cbd
	نسبت دانش آموزان به جمعیت ناحیه ترافیکی	STP/POP

۴. تحلیل داده‌ها

دهد. بیشترین حجم وسایل نقلیه مربوط به سواری شخصی با

۶۰/۸۳ درصد و کمترین حجم وسایل نقلیه مربوط به کامیون با

۰/۰۴ درصد است.

۱-۴ سهم وسایل نقلیه مورد استفاده در اهداف

مختلف سفر

جدول ۲، حجم سفرهای انجام شده با هدف کاری در کلان‌شهر

شیراز را به تفکیک وسایل نقلیه مختلف به صورت کلی نشان می

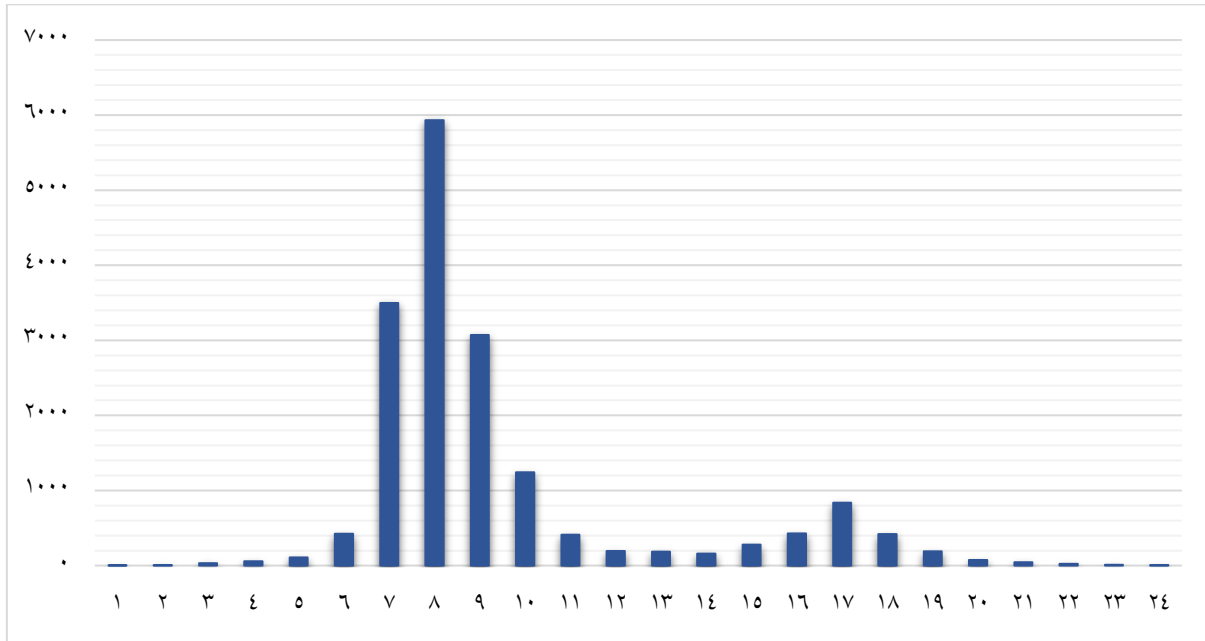
جدول ۲. سهم وسایل نقلیه مورد استفاده در هدف سفر کار در کلان‌شهر شیراز

ردیف	وسیله نقلیه سفر	سهم وسایل نقلیه (درصد)
۱	سواری شخصی	۶۰,۸۳
۲	تاکسی	۹,۷۵
۳	موتور	۷,۹۷
۴	اتوبوس واحد	۶,۸۶
۵	وانت	۴,۷۱
۶	سرویس-مینی بوس	۲,۰۵
۷	سرویس - سواری	۱,۱۴
۸	مسافرکش شخصی	۱,۱۱
۹	مینی بوس	۱,۱۱
۱۰	تاکسی تلفنی	۱,۰۱
۱۱	دوچرخه	۰,۷۳
۱۲	سرویس - اتوبوس	۰,۶۴
۱۳	اتوبوس غیر واحد	۰,۵۶
۱۴	سرویس- ون	۰,۳۲
۱۵	ون	۰,۲۲
۱۶	مترو	۰,۰۷
۱۷	کامیون	۰,۰۴
۱۸	سایر	۰,۰۹۱
۱۹	جمع کل	۱۰۰

۴-۲ تعیین ساعت اوج صبح

شکل ۱، نمودار سفرهای کاری انجام شده در ۲۴ ساعت را نشان می‌دهد. سفرهای کاری از حدود ساعت ۴ الی ۵ صبح شروع می‌شود و تا ساعت ۸ صبح سیر صعودی به خود می‌گیرد.

پس از آن نیز با افت همراه بوده به طوری که حدود ساعت‌های ۱۲ الی ۱۴ تقریباً ثابت می‌شود. نمودار از ساعت ۱۴ به بعد سیر صعودی یافته و در ساعت ۱۷ به اوج می‌رسد. سپس نمودار سیر نزولی پیدا می‌کند. طبق یافته‌های این نمودار ساعت اوج صبح برای هدف سفر کار ساعت ۷ تا ۸ صبح است.



شکل ۱. نمودار سفرهای کاری انجام شده در ۲۴ ساعت

۴-۳ مقایسه عوامل مؤثر در انتخاب سواری شخصی

جدول ۳ نشان می‌دهد که در هدف سفر کار، میزان متغیر سرانه مالکیت سواری شخصی برابر با ۵/۳ و میزان متغیر وجود مبدأ سفر در ناحیه ترافیکی برابر با ۰/۰۳۶- است که در بازه زمانی اوج صبح معنادار شده و تأثیرگذارند؛ اما سایر متغیرها در این بازه زمانی معنادار نشده و بی‌تأثیرند.

در هدف سفر کار با استفاده از تاکسی، میزان متغیر مسافت مبدأ تا مقصد برابر با ۰/۰۳۶ است که در بازه زمانی اوج صبح معنادار شده و تأثیرگذار است؛ اما سایر متغیرها در این بازه زمانی معنادار نشده و بی‌تأثیرند.

در هدف سفر کار با استفاده از اتوبوس، میزان متغیر سرانه مالکیت سواری شخصی برابر با ۵/۵۷۸- و میزان متغیر مسافت مبدأ تا مقصد برابر با ۰/۰۵۶ است که در بازه زمانی اوج صبح معنادار شده و تأثیرگذارند؛ اما سایر متغیرها در این بازه زمانی معنادار نشده و بی‌تأثیرند.

در هدف سفر کار با انتخاب دوچرخه (موتورسیکلت + دوچرخه)، میزان متغیر سرانه مالکیت سواری شخصی برابر با ۲/۱۱۶- است که در بازه زمانی اوج صبح معنادار شده و تأثیرگذار است؛ اما سایر متغیرها در این بازه زمانی معنادار نشده و بی‌تأثیرند.

جدول ۳. مقایسه عوامل مؤثر در انتخاب وسیله نقلیه برای هدف سفر کار در بازه زمانی اوج صبح

دوچرخه	اتوبوس	تاکسی	سواری شخصی	
-	۱,۲۵۴	-	-	ثابت
-۲,۱۱۶	-۵,۵۷۸	-	۵,۳	CO
-	-	-	-	Tcdis
-	-	-	-۰,۰۳۶	icbd
-	-	-	-	Tcardis
-	-	-	-	Stp/pop
-	-	-	-	Tcar
-	-	-	-	Tcaco1
-	۰,۰۵۶	۰,۰۳۶	-	Tdis
-	-	-	-	jcbd
-	-	-	-	ijcbd
-	-	-	-	icbd
-	-	-	-	MO
-	-	-	-	toutbus
-	-	-	-	Todis
-	-	-	-	jbus_cbd
-	-	-	-	TobDld
-	-	-	-	ln(Nbrd)
-	-	-	-	Ttbus
-	-	-	-	ibus

۴-۴ بررسی مطلوبیت وسایل نقلیه

برازش مدل‌های ارائه شده است. سپس در جدول ۵، به بررسی مطلوبیت وسایل نقلیه در اهداف مختلف در بازه‌های زمانی مختلف پرداخته شد.

جدول ۴، ضرایب نکویی و برازش، مقادیر لگاریتم تابع درست‌نمایی و تعداد مشاهدات را در اهداف مختلف سفر و بازه‌های زمانی را مختلف نشان می‌دهد که بیانگر مطلوبیت

جدول ۴. ضرایب نکویی برازش، مقادیر لگاریتم تابع درست‌نمایی و تعداد مشاهدات در مدل‌های پیشنهادی

ρ_c^2	ρ^2	LL(0)	LL(C)	LL(β)	تعداد مشاهدات	بازه زمانی
۰,۰۳۴	۰,۰۳۵	-۹۹۱۲	-۶۷۱۵,۱	-۶۴۷۹,۵	۷۱۵۰	اوج صبح

جدول ۵. مقایسه تأثیر عوامل مؤثر در تغییر مطلوبیت وسایل نقلیه مختلف برای هدف سفر کار

وسیله	متغیر	نحوه تغییرات (افزایش یا کاهش)
سواری شخصی	CO	↑
	Tcdis	-
	icbd	↓
	Tcardis	-
	Stp/pop	-
	Tcar	-
	Tcaco1	-
	Tdis	-
	jcbd	-
	ijcbd	-
	icbd	-
	Tdis	↑
	MO	-
تاکسی	CO	-
	Stp/pop	-
	jcbd	-
	icbd	-
	toutbus	-
	Todis	-
اتوبوس	jbus_cbd	-
	Tdis	↑
	CO	↓
	TobDld	-
	ln(Nbrd)	-
	Stp/pop	-
	Ttbus	-
	ibus	-
	Tdis	-
	MO	-
CO	↓	
دوچرخ	ijcbd	-
	icbd	-
	jcbd	-

۵. نتیجه گیری

در این مطالعه برای بررسی اهمیت مدل زمان روز در برنامه ریزی حمل و نقل، به بررسی تأثیر مدل زمان روز در مرحله انتخاب وسیله نقلیه با استفاده از رویکرد چهار مرحله‌ای در کلان‌شهر شیراز پرداخته شد. بدین منظور، مدل‌های انتخاب وسیله نقلیه در بازه زمانی اوج صبح برای هدف سفر کاری با استفاده از مدل لوجیت چندگانه ساخته شد و با مقایسه این مدل‌ها با یافته‌های حاصل از پژوهش مشهد، نتایج زیر حاصل شد.

۱. در هدف سفر کار با استفاده از سواری شخصی در بازه زمانی اوج صبح در کلان‌شهر شیراز، میان متغیر سرانه مالکیت سواری شخصی و میزان تمایل به استفاده از سواری شخصی در سفرهای کاری در ساعات اوج صبح در کلان‌شهر شیراز رابطه مستقیمی وجود دارد. به طوری که با افزایش متغیر سرانه مالکیت سواری شخصی میزان تمایل افراد به استفاده از وسیله نقلیه شخصی افزایش می‌یابد. به بیانی دیگر، هر چه تعداد خودروهای شخصی در دسترس افراد بیشتر باشد، احتمال استفاده آن‌ها از خودرو شخصی در سفرهای کاری نیز بیشتر می‌شود. افزون بر این، موقعیت مکانی مبدأ سفر می‌تواند بر تمایل استفاده از سواری شخصی تأثیر بگذارد. چنانچه مبدأ سفر در ناحیه ترافیکی باشد تمایل استفاده از سواری شخصی کاهش پیدا می‌کند. نتایج این بخش از پژوهش مشابه با نتایج پژوهش نصیری (۱۳۹۷) در کلان‌شهر مشهد است. این یافته‌ها می‌تواند برای برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران حوزه حمل و نقل جهت تدوین راهکارهایی برای کاهش استفاده از سواری شخصی در ساعات اوج صبح و مناطق پر ترافیک مفید باشد. راهکارهایی نظیر اعمال محدودیت تردد سواری شخصی در مناطق پر ترافیک، ارائه تسهیلات جهت استفاده از حمل و نقل عمومی و ترغیب افراد به استفاده از این جایگزین‌ها.

۲. در هدف سفر کار با استفاده از تاکسی در بازه زمانی اوج صبح در کلان‌شهر شیراز، بین مسافت سفر و مطلوبیت استفاده از تاکسی رابطه معکوسی وجود دارد. مشابه با نتایج حاصل از

پژوهش نصیری (۱۳۹۷) در کلان‌شهر مشهد، اگر مسافت مبدأ تا مقصد افزایش پیدا کند مطلوبیت استفاده از تاکسی با کاهش همراه است. به عبارت دیگر، هر چه مسافت بین مبدأ و مقصد بیشتر باشد، افراد تمایل کمتری به استفاده از تاکسی برای انجام این سفر دارند. این امر در ساعات اوج صبح که ترافیک سنگین‌تر است، بیشتر مشهود است. به طوری که این مسئله می‌تواند با افزایش زمان و هزینه‌های سفر همراه باشد زیرا در ساعات اوج صبح، ترافیک سنگین می‌تواند زمان سفر با تاکسی را به طور قابل توجهی افزایش دهد و پیش‌بینی زمان دقیق رسیدن به مقصد با عدم اطمینان همراه است. از این رو، مدیران و برنامه‌ریزان حمل و نقل می‌توانند با تدوین راهکارهایی نظیر تخصیص پارانه به مسافران تاکسی، افزایش تعداد تاکسی‌های فعال در بازه زمانی اوج صبح، بهبود کیفیت خدمات تاکسی اعم از تاکسی‌های خطی و اینترنتی (اسنپ و تپسی) بر جذابیت استفاده از تاکسی در ساعات اوج صبح بیفزایند.

۳. در هدف سفر کار با استفاده از اتوبوس در بازه زمانی اوج صبح در کلان‌شهر شیراز، میان متغیرهای فاصله بین مبدأ و مقصد و سرانه مالکیت سواری شخصی و تمایل به استفاده از اتوبوس رابطه معکوسی وجود دارد. به طوری که اگر فاصله بین مبدأ و مقصد بیشتر شود میزان تمایل استفاده از اتوبوس برای انجام این سفر کم می‌شود. همچنین در صورتی که سرانه مالکیت سواری شخصی زیاد شود مطلوبیت استفاده از اتوبوس کاهش می‌یابد؛ زیرا سواری شخصی در مقایسه با اتوبوس، دسترسی به آن آسان‌تر است و هم راحتی و انعطاف‌پذیری بیشتری را به افراد ارائه می‌دهد. متأسفانه، در برخی جوامع نیز، استفاده از سواری شخصی به‌عنوان نمادی از وضعیت اجتماعی و اقتصادی بالا تلقی می‌شود. در حالی که نتایج این بخش از پژوهش با نتایج پژوهش نصیری (۱۳۹۷) همسو نیست؛ زیرا وی نشان داد که با توجه به معنادار شدن و مثبت بودن ضریب متغیر (نسبت زمانی سفر اتوبوس) هر چه زمان سفر درون اتوبوس بیشتر از زمان سفر بیرون اتوبوس

آسیب‌دیدگی قرار دهد. برخلاف نتایج پژوهش حاضر، نتایج پژوهش نصیری (۱۳۹۷) در مورد کلان‌شهر مشهد نشان داد که با افزایش سرانه مالکیت موتورسیکلت مطلوبیت استفاده از موتورسیکلت نیز افزایش پیدا می‌کند. این تفاوت در نتایج می‌تواند به دلیل تفاوت شرایط ترافیکی، فرهنگ استفاده از دوچرخ و دسترسی به حمل‌ونقل جایگزین در دو کلان‌شهر شیراز و مشهد باشد؛ بنابراین، لازم است مدیران و سیاست‌گذاران حمل‌ونقل، در راستای افزایش تمایل افراد و ترویج فرهنگ استفاده از دوچرخ و نیز بهره‌مندی از مزایای وسیله نقلیه پاک و پایدار برای سلامتی افراد، محیط‌زیست و اقتصاد، زیرساخت‌های مناسب را برای استفاده از دوچرخ و در ساعات غیر اوج، همراه با ارائه مشوق‌های مالیاتی برای خرید دوچرخ و ارائه تسهیلاتی نظیر پارکینگ‌ها و ایستگاه‌های تعمیر ویژه دوچرخ و غیره فراهم نمایند.

به‌طورکلی، کاهش ترافیک و ارتقای کیفیت سفر در ساعات اوج صبح نیازمند اتخاذ رویکردی جامع و چندجانبه همراه با آموزش و فرهنگ‌سازی همگانی به‌منظور استفاده از وسایل نقلیه پاک و حمل‌ونقل عمومی، کاهش وابستگی به سواری شخصی و نهادینه شدن آن در جامعه است؛ بنابراین، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران حوزه حمل‌ونقل می‌توانند از نتایج پژوهش حاضر در راستای برنامه‌ریزی، سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری به‌منظور توسعه و تصویب راهکارهای مناسب جهت مدیریت تقاضای سفر، بهبود وضعیت حمل‌ونقل و نیز آگاهی بخشی به مؤسسات خدمات‌رسانی در خصوص زمان شروع سفر در ساعات اوج یا غیر اوج به‌منظور افزایش سرعت در عملکرد آن‌ها بهره‌مند گردند.

در این پژوهش، مدل زمان‌روز بر اساس مدل لوجیت چندگانه بررسی شد؛ اما با توجه به اینکه لوجیت چندگانه اختلاف‌سلیقه افراد را در نظر نمی‌گیرد و فرض توزیع مستقل و یکسان جمله خطا در تابع مطلوبیت، پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی از مدل لوجیت آشیانه‌ای و ترکیبی استفاده شود. همچنین، در

باشد، تمایل بیشتری به استفاده از اتوبوس وجود دارد و همین‌طور هرچه زمان سفر بیرون از اتوبوس یا زمان انتظار اتوبوس بیشتر باشد میزان تمایل استفاده از آن کمتر خواهد شد. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران حمل‌ونقل اقدامات و تمهیداتی را در راستای کاهش زمان سفر و افزایش راحتی سفر با اتوبوس اتخاذ نمایند. به‌عنوان نمونه می‌توان به راهکارهایی نظیر ایجاد خطوط اتوبوس‌های تندرو، احداث خطوط ویژه اتوبوس، بهبود زمان‌بندی حرکت اتوبوس‌ها، ارائه اتوبوس‌های جدیدی و مدرن با امکانات رفاهی بیشتر و کاهش ازدحام، ارتقاء ایمنی و کیفیت رانندگی، ترویج فرهنگ استفاده از حمل‌ونقل عمومی اشاره کرد. افزون بر آن، ارائه خدمات بهتر مانند خدمات اطلاع‌رسانی دقیق و روزآمد در مورد زمان‌بندی حرکت اتوبوس‌ها، مسیرها، تعرفه‌ها از طریق وبگاه‌ها، برنامه‌های موبایل و تابلوهای اطلاع‌رسانی در ایستگاه‌ها، استفاده از سیستم‌های پرداخت الکترونیکی (مانند کارت‌های اعتباری، کیف پول‌های الکترونیکی و کدهای QR) ارائه خدمات وای‌فای رایگان در اتوبوس‌ها و ... می‌تواند جهت جلوگیری از اتلاف وقت و انرژی و کمک به مدیریت زمان مسافران مفید باشد.

۴. در هدف سفر کار با استفاده از دوچرخ (موتورسیکلت + دوچرخه) در بازه زمانی اوج صبح در کلان‌شهر شیراز، بین سرانه مالکیت سواری شخصی و تمایل به استفاده از دوچرخ رابطه معکوسی وجود دارد. به‌بیان‌دیگر، هرچه سرانه مالکیت سواری شخصی در جامعه افزایش پیدا کند با توجه به ازدحام و ترافیک سنگین در ساعات اوج، از تمایل افراد و مطلوبیت استفاده از دوچرخ به‌خصوص در بازه زمانی اوج صبح کاسته می‌شود؛ زیرا این ازدحام و ترافیک سنگین و به دنبال آن آلودگی هوا و نیز در بسیاری از موارد عدم وجود زیرساخت‌های مناسب شهری برای استفاده از دوچرخ مانند مسیرهای ایمن و جداگانه از ترافیک خودروها می‌تواند سلامت و ایمنی افراد را به خطر بیندازد و آن‌ها را در معرض تصادف و

درون شهری شیراز (شماره گزارش-TTRC_10-5_97-05-11) معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری شیراز.

- معاونت برنامه ریزی و توسعه سرمایه انسانی (۱۳۹۸). سالنامه آماری شهرداری شیراز ۱۳۹۷. بازیابی شده در تاریخ ۱۳۹۹/۰۷/۲۰، قابل دسترس در:

<https://shiraz.ir/Modules/ShowFramework.aspx?FrameworkPageType=SEC&RelFacilityId=1115&TabID=247>

- Travel estimation techniques for urban planning, Martin, W.A., And McGuckin, N. A., 1998, National Academy press Washington, DC.

- Engelson, L., & Amelsfort, D. V., 2011, The role of volume-delay functions in forecast and evaluation of congestion charging schemes: application to Stockholm, European Transport Conference 2011 Association for European Transport (AET) Transportation Research Board.

- Pendyala, R.M., 2002, Time of Day Modeling Procedures for Implementation in FSUTMS, University of Florida, Tampa, FL33620.

- Transportation Research Part E, 2003, A model for time of day and mode choice using error components logit, Vol. 39, no. 3, pp. 245-268.

- Journal of Transport Geography, 2020, Joint estimation of mode and time of day choice accounting for arrival time flexibility, travel time reliability and crowding on public transport, Vol. 87, no. 102793, pp.1-23. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102793>

- Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2017, Commercial vehicles time of day choice behavior in urban areas, Vol. 102, pp. 68-83.

فصلنامه مهندسی ترافیک / سال بیست و چهارم / شماره ۹۸ / پاییز ۱۴۰۳

پژوهش حاضر، مدل زمان روز در مرحله تفکیک سفر در رویکرد چهار مرحله ای بررسی شد که پیشنهاد می شود در مطالعات بعدی مدل زمان روز در رویکرد فعالیت مبنا بررسی شود.

۶. مراجع

- مدل سازی و تحلیل تقاضای سفر، افندی زاده، شهریار؛ عبدالمنافی، سید ابراهیم، ۱۳۹۷، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، ۲۸.

- برنامه ریزی مهندسی حمل و نقل و تحلیل جابه جایی مواد، سید حسینی، سید محمد، ۱۳۹۵، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۴۰.

- مطالعه تطبیقی عوامل مؤثر در انتخاب شیوه سفر با استفاده از رویکرد مدل زمان روز - مورد کلان شهر شیراز. عبداللہی، حسین، ۱۴۰۰. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملارد.

- مدل زمان روز در فرایند برنامه ریزی حمل و نقل شهری در مرحله انتخاب وسیله سفر در رویکرد چهار مرحله ای. نصیری، سعید، ۱۳۹۷. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست. دانشگاه تربیت مدرس.

- نشریه مهندسی امیرکبیر، ۱۴۰۰، مدل زمان روز، رویکردی متفاوت جهت شناسایی عوامل مؤثر در انتخاب وسیله افراد، نمونه موردی شهر مشهد، ۵۳(۱۱)، ۱-۱۵.

- حبیب آگهی، قاسم؛ پیرویان، فریدالدین؛ سلطانی، علی؛ صفوی، سید علی اکبر؛ عظیمی فر، سیده زهره؛ شفاهی، یوسف؛ عسکری، سجاد؛ بنایی اردکانی، فاطمه؛ شایگان، مریم. (۱۳۹۹). طرح بهنگام سازی مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک

– KSCE Journal of Civil Engineering, 2017, Modeling the choice of time-of-day for joint social-recreational activities, Vol. 21, no. 7, pp. 2859-2867.

– Transportation Research Procedia, 2020, It was twenty years ago today: Revisiting time-of-day choice in the Netherlands, Vol. 49, pp. 119-129. doi:10.1016/j.trpro.2020.09.011

– Case Studies on Transport Policy, 2019, Success factors in the introduction of an intermodal passenger transportation system connecting high-speed rail with intercity bus services, Vol.7, no.4, pp. 708-717. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2019.10.001>.

– International Journal of Transportation Engineering, 2021, Bicycle Demand: A Gender Analysis for Tehran, Iran, Vol. 8, no.3, pp. 211-223. doi: 10.22119/ijte.2020.119098.1391.

– Travel Behaviour and Society, 2018, Impacts of internal migration, household registration system, and family planning policy on travel mode choice in China, Vol.13, pp. 128-143. doi: 10.1016/j.tbs.2018.07.003.