Amirkabir Journal of Civil Engineering

Amirkabir J. Civil Eng., 54(11) (2023) 829-832
DOI: 10.22060/ceej.2022.19624.7213

Identification of some sources of heterogeneity in value of travel time of Tehran LEZ users

S. Kanaani[1], A. R. Mamdoohi[2*]

[1]Institute for Management and Planning Studies, Tehran, Iran
[2]Faculty of Civil and Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

ABSTRACT: Value of travel time (VOTT) plays a key role in the choices of travelers. Empirical studies have shown significant differences in VOTT estimates, which researchers attribute to several factors, including demographic, alternatives, trips, and regional economic characteristics. One of the policies reducing the use of the private car is congestion pricing of the low emission zone (LEZ). This study aims to estimate VOTT and analyze its heterogeneity among users of Tehran LEZ. We use stated preference (SP) data to calibrate mixed logit models, based on which, travelers' value of time is evaluated. The mean value of travel time is calculated 5788 Rials per hour. Results of the mixed logit model indicate a cost coefficient with triangle distribution (mean -0.00036) and a travel time coefficient with normal distribution (mean -0.20838). To investigate the source of VOTT heterogeneity, random coefficients analysis is used for the interaction between coefficients of time and cost and other variables revealing that only cost as a factor with three variables: number of the entrance to LEZ, number of household cars, and high education are significant.

Review History:

Received: Feb. 11, 2021
Revised: Aug. 08, 2021
Accepted: Aug. 09, 2021
Available Online: Jul. 30, 2022

Keywords:

Value of Travel Time
Congestion Pricing
Binary logit model
Mixed logit model
Heterogeneity

1- Introduction

Value of travel time (VOT) is one of the key inputs to travel demand models and is important for the management and appraisal of transport investment decisions. The value of travel time can be defined as the price people are willing to pay to acquire an additional unit of time [1]. The value of travel time has most often been determined by estimating mode choice models and evaluating the marginal rate of substitution between the cost and travel time of the alternative modes [2].

Low emission zone (LEZ) refers to the application of variable pricing on Tehran's central parts facilities to improve system efficiency. Users can pay tolls for reduced travel time, and their willingness to pay is often reflected as Value of Time (VOT).

Many studies have been conducted in estimating VOT, its sources of heterogeneity and investigate the influencing factors. In general, researchers attributed value of time variations to several aspects, including demographic characteristics, transportation alternative attributes, and regional economy [3]. Taste preference was mainly addressed by adopting advanced logit models, such as mixed logit, through the realization of random parameters [3].

This paper investigates Value of Time (VOT) heterogeneity and its changes with travel and individual socio-economic characteristics and applies mixed logit model to stated preference data on commuter choices of whether to use the car to enter LEZ and pay a toll for travel or have changed their travel. The data were obtained from Tehran low emission zone (LEZ) Stated Preference Survey, which focused on automobile drivers.

2- Methodology and case study

The main assumption of the mixed logit model is that the coefficients in the model are the realization of random variables. This assumption generalizes the standard multinomial logit model (MNL) and allows the coefficient to vary across decision-makers and scenarios. The variable property of coefficients allows the mixed logit model to conveniently capture user heterogeneity [4].

Mixed logit is a highly flexible model that can approximate any random utility model [5]. Mixed logit probabilities are the integrals of standard logit probabilities over a density of parameters. Stated more explicitly, a mixed logit model is any model whose choice probabilities can be expressed in the form of relation (1) [6]

*Corresponding author's email: armamdoohi@modares.ac.ir

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to Amirkabir University Press. The content of this article is subject to the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY-NC 4.0) License. For more information, please visit https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.

$$p_{ni} = \int l_{ni}(\beta) f(\beta) d\beta \quad (1)$$

where L_{ni} (β) is the logit probability evaluated at parameters β as shown in relation (2) [6].

$$l_{ni}(\beta) = \frac{\exp^{v_{ni}(\beta)}}{\sum_{j=1}^{J} \exp^{v_{nj}(\beta)}} \quad (2)$$

and f(β) is a density function. Vni (β) is the observed portion of the utility, which depends on the parameters β [6].

The mixed logit probability can be derived from utility-maximizing behavior in several ways that are formally equivalent but provide different interpretations. The most straightforward derivation, and most widely used in recent applications, is based on random coefficients. The decision maker faces a choice among J alternatives. The utility of person n from alternative j is specified as relation (3) [6].

$$U_{nj}(\beta) = \beta X_{nj} + \varepsilon_{nj} \quad (3)$$

where X_{nj} are observed variables that relate to the alternative and decision maker, β_n is a vector of coefficients of these variables for person n representing that person's tastes, and ε_{nj} is a random term that is iid extreme value. The coefficients vary over decision-makers in the population with density f (β). This density is a function of parameters θ that represent, for example, the mean and covariance of the β's in the population. This specification is the same as for standard logit except that β varies over decision-makers rather than being fixed [6].

The study used data obtained from Tehran LEZ Stated Preference Survey conducted between December 11 and 21, 2011. The survey gathered information from automobile drivers who recently made a trip in the LEZ. The survey gathered information from 1004 respondents. Each respondent faced nine SP scenarios. The final dataset contains 2 choice alternatives, including Changing or Do not change the trip

The mixed logit model revealed significant standard deviation values for two random parameters, indicating the existence of taste heterogeneity among the users.

Interaction effects were added to the model to further identify the potential sources of heterogeneity for travel time and cost in the dataset. Various socioeconomic demographic characteristics and trip attributes were tested in the model, such as age, gender, Number of household employees, trip purpose, Number of entrances in month and employee in zone* occupancy. Table 1 lists the variables used in the final mixed model.

Table 1. Variables used in the final mixed model

Variable	Description
Month	Number of entrances in month
Pubac	Access to public transportation
Nhhemp	Number of household employee
Maxwtp	Maximum willingness to pay
Cpacp	Congestion pricing acceptance
Pasjob	employee in zone* occupancy
Eoacp	Acceptance of EO zone omission
Jobdolati	government job
Retired	Retirement
Jobazad	Freelance
Prpsjb	The purpose of the business trip
Ennum	Number of entrances in last trip
Nhhcar	Number of household car
Academi	Having a university education
Atime	Travel time
aprice	Travel cost

Accordingly, instead of approximating random parameters with their mean values for all observations, they help the analyst develop a theoretical formula for each of the random parameters based on its loading on each source of heterogeneity.

3- Results and Discussion

Travel time and travel cost were treated as random parameters. As shown in Table 2 according to many models result, ρ2 and LL(β), Normal distribution was assumed for time, parameter while a triangular distribution was assumed for the cost parameter.

Table 2. Choosing random parameters distribution

Time Distribution	Cost Distribution	ρ2	LL(β)
Normal	Uniform	0.1322	-5424.74
	Triangular	0.1324	-5424.03
Uniform	Normal	0.1321	-5424.6
	Triangular	0.1323	-5424.42
Triangular	Normal	0.1321	-5425.47
	Uniform	0.1324	-5424.66

According to the Mixed logit model results given in the Table 3 indicated an average value of 5788 Rials per hour with significant heterogeneity among the travelers, the model showed that in general:Individuals with academic education have 304.6 Rials per hour value of time less than others.As shown in Figure 1 and Figure 2 Number of household car and the Number of entrances in last trip to LEZ have a direct effect on VOT and Respectively increase it up to 4134.5 and 28941.7 Rials per hour.

Table 3. Final mixed logit model results

	Variable	Coefficient value	
Non-random independent variables	constant	2.13	
	Month	0.02	3.66
	Pubac	-0.26	-3.95
	Nhhemp	0.07	1.77
	Maxwtp	0.00002	3.3
	Cpacp	0.90	8.77
	Pasjob	0.13	3.02
	Eoacp	0.32	3.71
	Jobdolati	-0.39	-3.55
	Retired	-0.64	-4.85
	Jobazad	-0.64	-3.16
	Prpsjb	-0.13	-1.73
Heterogeneity	Ennum	0.00003	6.66
	Nhhcar	0.00005	7.02
	Academi	-0.00002	-2.54
Random parameters Mean	Atime	-0.20838	-3.8
	aprice	-0.00036	-12.32
Random parameters Standard deviation	Atime	0.10419	3.8
	aprice	0.00038	6.77
Model evaluation results	observations	9036	
	ρ2adj	0.1329	
	ρ2	0.1346	
	LL(β)	5419.99	
	LL(c)	6220.75	
	LL(0)	6263.28	
	Percent Correct	67.44	
	VOT	5788.30	

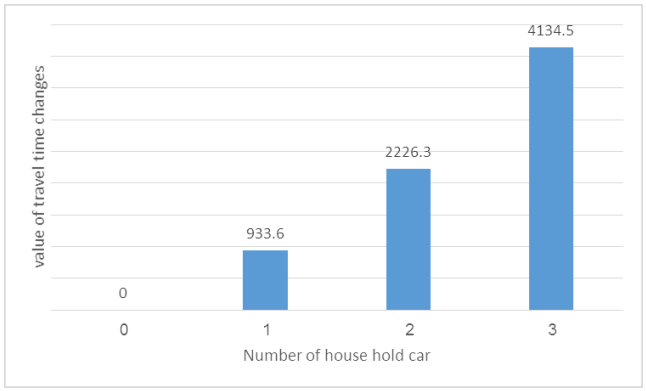


Fig. 1. VOT changes with increasing number of household cars

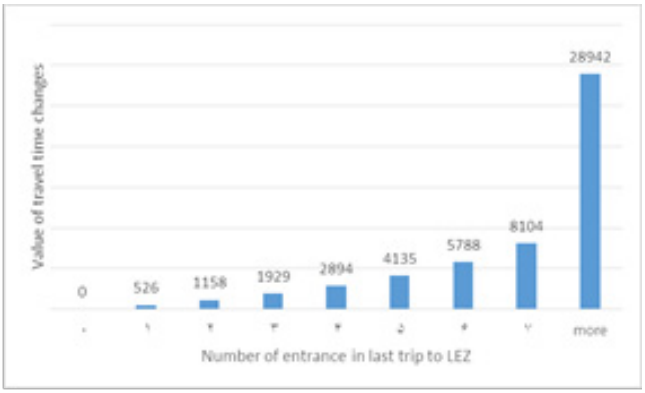


Fig. 2. VOT changes with the increasing number of the entrance to zone in the last tripe to LEZ

4- Conclusions

In general, the appropriate appraisal of almost any transport system requires monetary estimates of the value of travel time. The proposed data and model introduce some sources of heterogeneity in the value of travel time of Tehran LEZ users with 1004 respondents which faced nine SP scenarios. Various socioeconomic demographic characteristics and trip attributes were tested in the model. An average value of 5788 Rials per hour among travelers. According to the results of the mixed logit model with interaction effects, the potential sources of heterogeneity for travel cost in the dataset are Academic education, Number of household car and Number of entrance to zone that totally change VOT up to 33380.8 Rials per hour

References

[1] T.C. Lam, K.A. Small, The value of time and reliability: measurement from a value pricing experiment, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 37(2) (2001) 231-251.

[2] I.C. Athira, C.P. Muneera, K. Krishnamurthy, M.V.L.R.

Anjaneyulu, Estimation of Value of Travel Time for Work Trips, Transportation Research Procedia, 17 (2016) 116-123.

[3] M.S. Hossan, H. Asgari, X. Jin, Investigating preference heterogeneity in Value of Time (VOT) and Value of Reliability (VOR) estimation for managed lanes, Transportation Research Part A: Policy and Practice, 94 (2016) 638-649.

[4] D. Hensher, J. Rose, W. Greene, Applied Choice Analysis, 2005.

[5] D. McFadden, K. Train, Mixed MNL models for discrete response, Journal of Applied Econometrics, 15(5) (2000) 447-470.

[6] K.E. Train, Discrete choice methods with simulation, Cambridge university press, 2009.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

S. Kanaani, A. R. Mamdoohi, Identification of some sources of heterogeneity in value of travel time of Tehran LEZ users, Amirkabir J. Civil Eng., 54(11) (2023) 829-832.

DOI: 10.22060/ceej.2022.19624.7213

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۴، شماره ۱۱، سال ۱۴۰۱، صفحات ۴۱۰۱ تا ۴۱۱۸
DOI: 10.22060/ceej.2022.19624.7213

شناسایی برخی منابع ناهمگونی ارزش زمان سفرکاربران محدوده کنترل آلودگی هوای تهران

سوگل کنعانی ممان، امیررضا ممدوحی*

۱- موسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه‌ریزی، تهران، ایران
۲- دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

خلاصه: قیمت‌گذاری از مهم‌ترین و موثرترین سیاست‌ها برای مدیریت ازدحام ترافیک در مناطق مختلف شهری است. از عوامل مهم تعیین قیمت برای هر محدوده، ارزش زمان سفر کاربران است که به طور قابل توجهی با متغیرهای اقتصادی- اجتماعی در ارتباط است. برای ارزیابی ارزش زمان سفر، می‌توان از نسبت نرخ نهایی جانشینی هزینه و زمان در تابع مطلوبیت هر گزینه در مدل‌سازی انتخاب گسسته استفاده کرد. برای محاسبه ارزش زمان سفر، شناسایی عوامل موثر بر آن و میزان تاثیر هر یک بر ارزش زمان سفر کاربران از نتایج پرسشگری اجرا شده در آذر ماه سال ۹۷ که به منظور ارزیابی کارایی و تحلیل حساسیت نرخ عوارض در قیمت‌گذاری محدوده کنترل آلودگی هوای تهران (زوج یا فرد)، با ابعاد ۱۰۰۴ پرسشنامه و با رویکرد ترجیحات بیان شده استفاده می‌شود. برای برآورد ارزش زمان سفر و شناسایی منابع ناهمگونی از مدل لوجیت ترکیبی استفاده می‌شود. نتایج حاکی از آن است که میانگین ارزش زمان سفر کاربرانی که با خودروی شخصی در محدوده کنترل آلودگی هوای تهران تردد دارند و تمایل به تغییر سفر خود ندارند، برابر ۵۷۸۸ ریال (نرخ سال ۱۳۹۷) به ازای ساعت است. با تجزیه ضریب هزینه، عوامل ناهمگونی ارزش زمان سفر کاربران محدوده کنترل آلودگی هوای تهران شناسایی شدند. دفعات ورود به محدوده کنترل آلودگی هوا در روز و تعداد خودروی خانوار به ترتیب باعث افزایش ارزش زمان سفر تا ۲۸۹۴۱ ریال و ۴۱۳۴ ریال بر ساعت می‌شود. نتایج این پژوهش می‌تواند در فرآیند مدل‌سازی تقاضا گنجانده شده و منجر به برنامه‌ریزی بهتر برای تسهیل سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری‌ها برای سرمایه‌گذاری شود.

تاریخچه داوری:
دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۳
بازنگری: ۱۴۰۰/۰۵/۱۷
پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۱۸
ارائه آنلاین: ۱۴۰۱/۰۵/۰۸

کلمات کلیدی:
ارزش زمان سفر
قیمت‌گذاری
لوجیت ترکیبی
تجزیه ضرایب تصادفی
ناهمگونی

۱- مقدمه

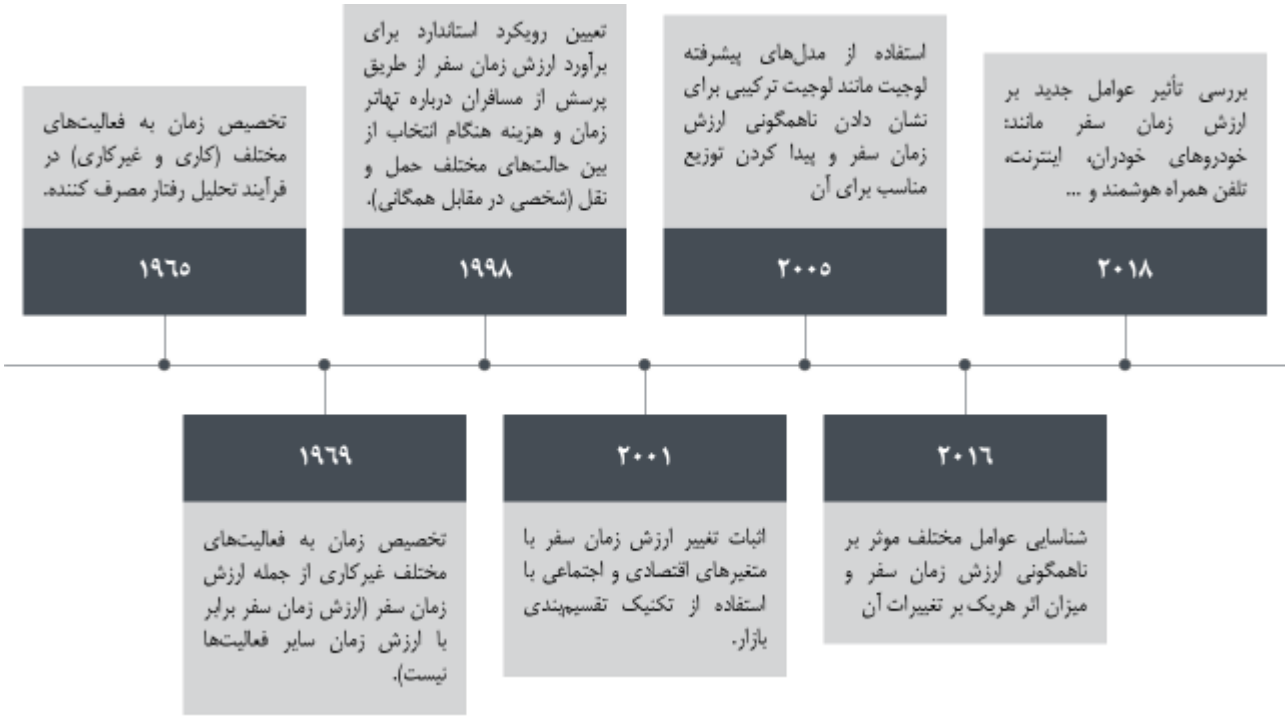
گستردگی و جمعیت بالای شهرها سبب شده است، حجم سفرها و لزوم انجام سفر بسیار بیشتر از تسهیلات حمل و نقلی ارائه شده باشد و سیاست‌هایی با هدف به تأخیر انداختن سفرهای اختیاری به ساعات غیر اوج یا حذف سفرهای غیرضروری و استفاده بهینه از تسهیلات موجود در پیش گرفته شود. مورد اول به مدیریت تقاضای سفر معروف است، به نحوی با انجام اقداماتی مدیریتی، سعی در کاهش تقاضای سفر دارد. مورد دوم به مدیریت عرضه معروف است، باعث استفاده بهینه از تسهیلات ارائه شده در سیستم می‌شود. یکی از روش‌های محدود کردن استفاده از خودروهای شخصی، قیمت‌گذاری تسهیلات ایجاد شده در شبکه معابر شهری است. قیمت‌گذاری از مهم‌ترین عواملی است که عادات حمل و نقلی در یک شهر را شکل می‌دهد [۱].

با توجه به تأکید بر سیاست قیمت‌گذاری در دنیای امروزی، درک جنبه‌های رفتاری و مشکلات مبتنی بر تمایل کاربران به پرداخت در شرایط قیمت‌گذاری برای سنجش اثرگذاری و کارآمدی این سیاست‌ها بسیار مهم است. آژانس‌های حمل و نقل با چالش‌های چندوجهی برای همگام‌سازی این سیاست‌ها با زیرساخت‌های موجود، مانند ساختار قیمت‌گذاری، عملیات حمل و نقل و مسائل عدالت اجتماعی مواجه هستند. درک تقاضا و رفتار کاربران در انتخاب‌های سفر برای تجویز راه حل برای چالش‌های ذکر شده ضروری است. یکی از عناصر کلیدی، بررسی توزیع یا تغییرات ارزش زمان سفر در بین کاربران مختلف و تحت شرایط مختلف است [۲].

ارزش زمان سفر نقش کلیدی در رفتار انتخاب وسیله مسافران دارد و به طور قابل توجهی با متغیرهای اقتصادی- اجتماعی تغییر می‌کند. در حقیقت ناهمگونی ارزش زمان سفر کاربران است که موجب می‌شود تا در قالب قیمت‌گذاری تراکم و با تخصیص منابع در ساعت شلوغی به کاربرانی که برای منابع بیشترین ارزش را قائل هستند، منافع همگانی ارتقا پیدا کند [۳]. ارزش زمان سفر را می‌توان به عنوان قیمتی که مردم برای به دست

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: armamdoohi@modares.ac.ir

حقوق مؤلفین به نویسندگان و حقوق ناشر به انتشارات دانشگاه امیرکبیر داده شده است. این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License) در دسترس شما قرار گرفته است. برای جزئیات این لیسانس، از آدرس https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode دیدن فرمائید.



شکل ۱. روند مطالعات ارزش زمان سفر از پیدایش و تئوری تا مطالعه اثر عوامل جدید [۱۰-۸، ۵، ۳ و ۲].

Fig. 1. The process of studying the value of travel time from its inception and theory to the study of the effect of new factors

آوردن یک واحد اضافی از زمان حاضر به پرداخت هستند تعریف کرد. هنگام ارزیابی انتخاب‌های مصرف کنندگان بین گزینه‌های مختلف حمل و نقل، ارزش زمان یک مفهوم اساسی است و به عنوان یک نسبت تهاتر بین ضریب زمان و هزینه محاسبه می‌شود. ارزش زمان سفر بستگی به ضرایب مختلف دارد و از کشور به کشور، صنعت به صنعت و حتی از فردی به فردی متفاوت است. ارزش زمان سفر تحت تاثیر ویژگی‌های اقتصادی- اجتماعی افراد، محیط‌های سفر، طول سفر، بازه زمانی و هدف سفر است [۴].

به طور کلی، ارزش زمان سفر صرفه‌جویی شده به عنوان ترکیبی از ارزش تخصیص دوباره زمان به دیگر فعالیت‌ها، ارزش تغییر مستقیم در مطلوبیت سفر و ارزش تغییر در الگوهای مصرف تفسیر می‌شود. بنابراین، ارزش زمان سفر تحت تاثیر عواملی مانند استفاده از زمان صرفه‌جویی شده برای فعالیت‌های دیگر، ویژگی‌های اقتصادی- اجتماعی افراد، ویژگی‌های وسیله سفر، ویژگی‌های سفر و ... است [۵-۷].

شکل ۱ خط زمانی و مرور ادبیات مربوط به ارزش زمان سفر از پیدایش و تئوری را نشان می‌دهد.

یکی از عواملی که اخیراً در مطالعات ناهمگونی ارزش زمان سفر بررسی می‌شود تأثیر استفاده از خودروهای خودران و تک سرنشین، دسترسی به وسایل تکنولوژی و چندرسانه‌ای است [۱۲-۱۰].

جمع‌آوری داده در زمینه ارزش زمان سفر به دو شکل ترجیحات بیان شده (پرسشگری در شرایط فرضی مانند استفاده افراد از خودروهای خودران) و ترجیحات آشکار شده (پرسشگری در شرایط واقعی مانند انتخاب‌های افراد برای سفرهای روزانه) انجام می‌شود [۱۲و۱۳].

روش ترجیحات بیان شده می‌تواند تاثیر متغیرهای همبسته را برآورد کند، ارتباط بین اثرات را به حداقل برساند، درک قوی از رفتار افراد با مشاهده انتخاب‌های متعدد از یک فرد است به دست آورد و برآوردهای قابل اعتمادتری ارائه کند. اما همچنان دارای کمبودهای عمده‌ای است مانند مسائل مربوط به طراحی پرسشنامه و رویه‌های اداری و اینکه ممکن است مصاحبه شونده پاسخ‌های دقیق ندهد. یک مدل برآورد شده به طور انحصاری از داده‌های ترجیحات بیان شده ممکن است قادر به پیش‌بینی دقیق رفتار واقعی بازار نباشد. هر روش با توجه به محدوده مطالعه/کار و محیط خاص محلی که بر

نتایج ارزش زمان سفر تاثیر می‌گذارد، اثربخشی خاصی دارد. برای پر کردن شکاف موجود روش‌های ترجیحات بیان شده و آشکار شده برای جمعیت مشابه، ترکیب می‌شوند [۱۴].

مطالعات زیادی به تخمین ارزش زمان سفر و شناسایی عوامل مؤثر بر آن پرداخته‌اند. ارزش زمان سفر با استفاده از مدل انتخاب گسسته متناسب رفتار سفر، به ویژه انتخاب مسیر و وسیله تخمین زده می‌شود [۱۵].

در برخی از این مطالعات ارزش زمان سفر ناهمگون در نظر گرفته شده است. روش‌هایی که برای بررسی ناهمگونی ارزش زمان مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارتند از: ۱- استفاده از مدل‌های پیشرفته لوجیت، مانند لوجیت ترکیبی، ۲- استفاده از تکنیک‌های تقسیم‌بندی بازار [۲].

در مطالعات مربوط به ارزش زمان سفر، مدل‌سازی انتخاب گسسته[1] برای ارزیابی ارزش زمان سفر به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد که در آن تهاتر انتخاب بین هزینه عوارض و صرفه‌جویی در زمان نشان می‌دهد که کاربران چه مقدار ارزش برای زمان سفر خود قائل هستند. در حالی که مدل‌های استاندارد لوجیت[2] (دوگانه[3] / چندجمله‌ای[4]) یک مجموعه جواب ساده در ارزیابی ارزش زمان سفر برای کل جمعیت ارائه می‌دهد و نمی‌تواند ناهمگونی کاربر را حساب کند و ممکن است منجر به اجرای سیاست اشتباه شود. در این راستا، ساختار لوجیت ترکیبی[5] (ضرایب تصادفی[6]) محبوبیت یافته و ابزار قدرتمندی در ارزیابی ارزش زمان سفر محسوب می‌شود. این مدل اجازه می‌دهد تا هر مشاهده دارای تخمین ضریب منحصر به فرد خود با توزیع تصادفی، برای افراد و سناریوها باشد و ناهمگونی ترجیحات را بین افراد محاسبه کرد [۱۶].

یکی دیگر از روش‌های معمول برای نشان دادن ناهمگونی کاربر در ارزش زمان سفر، تقسیم‌بندی بازار[7] است که مسافرین را به زیر مجموعه‌هایی تقسیم می‌کند که ممکن است در صورت مواجه شدن با قیمت‌گذاری، ترجیحات مشابهی را نشان دهند. در این رویکرد، ویژگی‌های مختلف اجتماعی-اقتصادی-جمعیت شناختی (SED[8]) فرد یا سفر، مانند: زن و مرد، هدف سفر، سفر اجباری و غیراجباری و دوره زمانی روز برای نشان دادن تنوع ترجیحات در میان کاربران مورد استفاده قرار می‌گیرد. بعضی از مطالعات تنها یک تقسیم‌بندی را در نظر گرفتند، در حالی که برخی دیگر تقسیم‌بندی چندگانه را انجام دادند. اشکالات روش تقسیم‌بندی به طور عمده شامل فقدان معیار صریح برای شناسایی تعداد مناسب تقسیم‌بندی‌ها و آستانه برای بخش‌ها است [۲].

اگرچه مطالعات گذشته معمولاً شامل انواع مختلفی از متغیرهای توضیحی بوده است (مثلا جنس، سن، درآمد و غیره)، نقش این ویژگی‌ها در توضیح ناهمگونی در اطراف میانگین ضرایب تصادفی به ندرت مورد مطالعه یا اندازه‌گیری قرار گرفته است. تعدادی از مطالعات به بررسی ناهمگونی در برآورد ارزش زمان سفر پرداخته‌اند اما کمتر به شناسایی منابع ناهمگونی در ارزش زمان سفر توجه کرده‌اند [۱۷].

در مطالعات داخلی حوزه حمل و نقل موضوع ناهمگونی در زمینه‌هایی مانند ناهمگونی میان افراد و گزینه‌ها در انتخاب مقصد و ناهمگونی در انتخاب وسیله سفر مورد مطالعه قرار گرفته است [۱۹ و ۱۸]. ناهمگونی ارزش زمان سفر موضوعی است که کمتر به آن پرداخته شده است.

از آنجا که بررسی ناهمگونی و شناسایی منبع آن کمتر مورد بررسی قرار گرفته است، این پژوهش به تحلیل ارزش زمان سفر شامل محاسبه و بررسی منبع ناهمگونی آن و کمک به درک تمایل به پرداخت مسافران در شرایط قیمت‌گذاری تراکم با استفاده از تجزیه ضرایب تصادفی مدل لوجیت ترکیبی می‌پردازد.

۲- روش‌شناسی پژوهش

روش انجام این پژوهش متشکل از چند مرحله شامل طراحی و تدوین پرسشنامه، انجام پرسشگری، پالایش داده‌ها، تحلیل اولیه داده‌ها، مدل‌سازی و محاسبه ارزش زمان سفر بوده است. گروه‌های مورد مطالعه در این پژوهش شامل شهروندان تردد کننده در محدوده زوج یا فرد با خودرو شخصی هستند که فرم‌های نظرسنجی نیز بر همین اساس طراحی شده است (پیوست ۱). پرسشنامه بر اساس ادبیات موجود و با توجه به شرایط و سوابق خاص تهران بومی‌سازی شده و به شکل ترجیحات بیان شده[9] طراحی شده و در مراکز معاینه فنی ویژه خودروهای سبک انجام شده است.

مبنای شکل‌گیری بسیاری از مدل‌های انتخاب گسسته نظریه اقتصادی مطلوبیت تصادفی است. فرض اساسی در این مدل‌ها، آن است که ترجیح فردی تصمیم گیرنده نسبت به هر گزینه هنگامی که با یک انتخاب مواجه می‌شود، با یک معیار مطلوبیت یا جذابیت بیان می‌شود. این مطلوبیت تابعی

1 Discrete choice modeling
2 Standard Logit Models
3 Binary
4 Multinomial
5 Mixed Logit
6 Random-Parameter
7 Market Segmentation
8 Socio-Economic-Demographic
9 Stated preferences

از ویژگی‌های گزینه‌ها و نیز مشخصات تصمیم گیرنده است. فرض می‌شود تصمیم گیرنده گزینه‌ای را انتخاب می‌نماید که بیشترین مطلوبیت را از آن دریافت می‌نماید. همچنین در نظریه انتخاب گسسته فرض بر این است که فرد تصمیم گیرنده با یک مجموعه از گزینه‌های مجزا مواجه است که تنها می‌تواند یکی از آن‌ها را برگزیند و نه مقداری از هر کدام را، به همین دلیل به آن انتخاب گسسته گفته می‌شود.

مدل‌های انتخاب گسسته به طور معمول از فرض بیشینه‌سازی مطلوبیت توسط تصمیم‌گیر نتیجه می‌شود. در واقع مطلوبیت از لحاظ روانشناختی یک محرک است که مدل‌ها از به حداکثر رساندن این مطلوبیت حاصل می‌شوند. به مدل‌هایی که از این طریق حاصل می‌شود مدل‌های با مطلوبیت تصادفی گفته می‌شوند. هر کدام از گزینه‌های مجموعه انتخاب برای تصمیم‌گیر دارای یک مطلوبیت است، که تصمیم‌گیر از بین گزینه‌های موجود در مجموعه انتخاب، گزینه‌ای را انتخاب می‌کند که دارای بیشترین مطلوبیت نسبت به سایر گزینه‌ها باشد [۱۶].

مدل لوجیت ترکیبی در سال‌های اخیر و پس از توسعه در فن‌آوری ساخت کامپیوترهای پرسرعت، به صورت گسترده‌ای مورد استفاده پژوهشگران قرار گرفته است. ساختار این مدل، ساختاری تعمیم‌یافته و منطقی از مدل معروف لوجیت استاندارد است که توانایی تخمین مدل‌های مختلف مطلوبیت تصادفی را دارد و بر سه کمبود مهم مدل لوجیت استاندارد با استفاده از در نظر گرفتن اختلاف سلیقه تصادفی، الگوی جانشینی نامحدود و وابستگی عوامل دیده نشده در زمان چیره شده است. لازم به ذکر است که این مدل برخلاف مدل لوجیت استاندارد به یک توزیع خاص محدود نیست و توانایی یافتن ناهمگونی در رفتار افراد و حتی منبع ناهمگونی را دارد.

در مدل لوجیت ترکیبی، بخش غیرقابل مشاهده تابع مطلوبیت شامل دو بخش است، قسمت اول از یک توزیع دلخواه و قسمت دوم مانند لوجیت استاندارد توزیع مستقل و یکسان داراست، بنابراین فرض‌های کمتری را بر داده‌ها تحمیل می‌نماید اما دارای فرم بسته نیست. فرم کلی مدل لوجیت ترکیبی به صورت رابطه (۱) بیان می‌شود [۱۶].

$$p_{ni} = \int l_{ni}(\beta) f(\beta) d\beta \qquad (۱)$$

که در آن:

P_{ni} احتمال انتخاب گزینه i توسط فرد n

$L_{ni}(\beta)$ احتمال انتخاب گزینه i توسط فرد n در مدل لوجیت که تابعی از مقدار ضریب β است و به صورت رابطه (۲) نشان داده می‌شود.

$$l_{ni}(\beta) = \frac{\exp^{v_{ni}(\beta)}}{\sum_{j=1}^{J} \exp^{v_{nj}(\beta)}} \qquad (۲)$$

که در آن:

$f(\beta)$ نیز به عنوان تابع چگالی

$V_{ni}(\beta)$ بخش مشاده شده از تابع مطلوبیت است که به ضرایب β بستگی دارد. رابطه $V_{ni}(\beta)$ با فرض خطی بودن آن به صورت رابطه (۳) نوشته می‌شود.

$$V_{ni}(\beta) = \beta' X_{ni} \qquad (۳)$$

که در آن:

β بردار ضرایب

X_{ni} بردار ویژگی‌های مشاهده شده مرتبط به تصمیم‌گیر n و گزینه i است. بنابراین تابع احتمال انتخاب لوجیت ترکیبی به صورت رابطه (۴) نوشته می‌شود.

$$P_{ni} = \int \frac{\exp^{(\beta' X_{ni})}}{\sum_{j=1}^{J} \exp^{(\beta' X_{nj})}} f(\beta) d(\beta) \qquad (۴)$$

در واقع احتمال لوجیت ترکیبی، میانگین وزنی احتمال به دست آمده از لوجیت استاندارد به ازای مقدارهای متفاوت β با وزن‌های معین چگالی $f(\beta)$ تعریف می‌شود. مدل لوجیت استاندارد در واقع نوع خاص از مدل لوجیت ترکیبی است که در آن تابع چگالی در ضرایب ثابت b، به ازای $\beta=b$، یک و $\beta\neq b$، صفر تعریف می‌شود. بنابراین تابع احتمال انتخاب لوجیت استاندارد به صورت رابطه (۵) به دست می‌آید.

$$P_{ni} = \frac{\exp^{(\beta' X_{ni})}}{\sum_{j=1}^{J} \exp^{(\beta' X_{nj})}} \qquad (۵)$$

که در آن

P_{ni} احتمال انتخاب گزینه i توسط فرد n

X_{ni} ویژگی‌های مشاهده شده مرتبط به تصمیم‌گیر n و گزینه i است.

b بردار ضرایب ویژگی‌های مشاهده شده که نشان دهنده یکسان بودن وزن هر متغیر توضیحی، نزد افراد است.

توزیع‌هایی که بیشتر برای تابع چگالی ضریب β مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل نرمال، لگاریتم نرمال، یکنواخت و مثلثی است [۲۰].

پس از پرداخت مدل و شناسایی عوامل موثر بر هر یک از ضرایب تصادفی، برای محاسبه ضرایب تصادفی برای هر فرد از رابطه (۶) استفاده می‌شود [۲۰].

$$coefficient = \mu_{coefficient} + \beta x + \sigma_{coefficient} \qquad (۶)$$

که در آن:

$coefficient$: ضریب تصادفی

$\mu_{coefficient}$: میانگین ضریب تصادفی

x: بردار عوامل موثر بر ضریب تصادفی

β: بردار ضرایب عوامل موثر بر ضریب تصادفی

$\sigma_{coefficient}$: انحراف معیار ضریب تصادفی

پس از شناسایی عوامل موثر بر ضرایب تصادفی زمان و هزینه برای محاسبه میزان تاثیر هر یک از عوامل بر ارزش زمان سفر از رابطه (۷) استفاده می‌شود [۲].

$$\Delta VOT_x = \left(\frac{\mu_{time} + \beta_{x_{time}} x_{time}}{\mu_{cost} + \beta_{x_{cost}} x_{cost}} - \frac{\mu_{time}}{\mu_{cost}}\right) \qquad (۷)$$

که در آن:

ΔVOT_x : میزان تغییر ارزش زمان سفر با وجود عامل x را نشان می‌دهد.

نحوه صحت‌سنجی نتایج به دست آمده به صورت بررسی ضوابط معمول پرداخت مدل‌ها و صحت‌سنجی مربوطه شامل آماره‌های t، لگاریتم درست نمایی، ضرایب نیکویی برازش و درصد برآورد درست علاوه بر منطقی بودن علائم ضرایب متغیرها بوده است.

۳- داده‌های پژوهش

با توجه به ارزش داده‌ها در هر پژوهش و اینکه تعیین کننده محدودیت‌های اصلی آن هستند، در این بخش به داده‌های پژوهش و نحوه طراحی و گردآوری آن پرداخته می‌شود. با توجه به هدف پژوهش که شامل محاسبه میانگین ارزش زمان سفر کاربران محدوده کنترل آلودگی هوای تهران و شناسایی برخی منابع ناهمگونی آن است، در این پژوهش جامعه هدف مسافرانی هستند که با خودروی شخصی در ساعات اجرای طرح در محدوده کنترل آلودگی هوای تهران تردد دارند. به منظور شناسایی عوامل مرتبط و مؤثر بر انتخاب افراد و ارزش زمان سفر پرسشنامه ترجیحات بیان شده طراحی شد. پرسشگری از ۲۰ تا ۳۰ آذر ماه سال ۹۷ در مراکز معاینه فنی ویژه خودروهای سبک سطح شهر تهران انجام شد و تعداد ۱۰۰۴ پرسشنامه تکمیل، وارد و در تحلیل و مدل‌سازی استفاده شده است.

مراکز معاینه فنی انتخاب شده در این پروژه برای محدوده شمال و شمال غربی شامل مراکز نیایش و آبشناسان، برای محدوده جنوب شامل مراکز الغدیر و شقایق، برای محدوده شرق و شمال شرقی شامل مراکز دماوند و سراج، و برای محدوده مرکزی شهر شامل مرکز بیهقی بوده است تا پراکندگی داده‌ها به لحاظ وضعیت اجتماعی-اقتصادی تا حد امکان به جامعه هدف پروژه نزدیک باشد.

پرسشنامه شامل ۴ بخش کلی است، بخش اول مشخصات سفر، بخش دوم ارزیابی طرح زوج یا فرد، بخش سوم: سناریوهای زمان و هزینه و در بخش چهارم مشخصات فردی و اقتصادی-اجتماعی مخاطبان مورد پرسشگری قرارگرفته است.

نتایج تحلیل آماری توصیفی از مشخصات سفر افراد (جدول ۱)، نشان می‌دهد که ۵۳/۶ درصد از افراد معادل ۵۳۸ نفر از پاسخ دهندگان با هدف شغلی و ۵۴/۱ درصد معادل ۵۰۴ نفر از پاسخ دهندگان با خودروی تک سرنشین وارد محدوده کنترل آلودگی هوا شدند. ۸۷/۵ درصد معادل ۸۷۸ نفر خود مالک وسیله‌ای هستند که با آن وارد محدوده شده‌اند. ۶۶ درصد از افراد معادل ۶۶۳ نفر خودروی خود را در حاشیه خیابان‌های محدوده پارک می‌کنند و ۸۳/۱ درصد معادل ۸۳۴ نفر از پاسخ دهندگان تنها یک بار در روز وارد محدوده شده‌اند.

نتایج تحلیل آماری توصیفی ارزیابی زوج و فرد (جدول ۲) نشان می‌دهد ۳۴/۸ درصد معادل ۳۴۹ نفر از پاسخ دهندگان با حذف محدودیت زوج یا فرد و تغییر آن به طرح محدوده کنترل آلودگی هوا یعنی با پرداخت هزینه ورود به طرح، امکان تردد آزادانه برای هر کس وجود داشته باشد، کاملاً مخالف و ۲۲/۳ درصد معادل ۲۲۴ نفر کاملاً موافق هستند.

هر پرسشنامه شامل سه سناریو قیمتی با سه حالت مختلف زمانی بود که افراد در هر سناریو، از بین گزینه‌های (۱= عدم تغییر، ۲= تغییر وسیله، ۳= تغییر زمان ورود یا خروج، ۴= تغییر مقصد یا مسیر، ۵= انتقال به آخر هفته، ۶= لغو سفر) یکی را انتخاب می‌کنند. در این پژوهش طبق (جدول ۳) گزینه‌ها تجمیع شده و به دو حالت ۱- عدم تغییر سفر و ۲- تغییر سفر در مدل‌سازی (به عنوان متغیر وابسته) مورد استفاده قرار گرفته است.

نتایج تحلیل آماری توصیفی (متغیرهای مستقل) از مشخصات فردی

جدول ۱. نتایج تحلیل فراوانی مشخصات سفر پرسشگری پژوهش (متغیرهای مستقل)

Table 1. Frequency analysis results of travel characteristics

	فراوانی	فراوانی نسبی (٪)		فراوانی	فراوانی نسبی (٪)
	هدف سفر			تعداد سرنشین	
شغلی	۵۳۸	۵۳/۶	۱	۵۰۴	۵۴/۱
تحصیلی	۳۴	۳/۴	۲	۲۷۰	۲۹/۰
خرید	۵۸	۵/۸	۳	۱۱۹	۱۲/۸
درمان	۵۱	۵/۱	۴	۲۸	۳/۰
تفریحی	۱۲	۱/۲	۵	۱۰	۱/۱
دیدار آشنایان	۴۱	۴/۱		نوع پارکینگ مقصد	
کارشخصی	۲۴۲	۲۴/۱	پارک در حاشیه	۶۶۳	۶۶/۰
سایر	۲۸	۲/۸	پارکینگ مقصد	۲۶۴	۲۶/۳
	دفعات ورود در روز		پارکینگ عمومی	۷۷	۷/۷
۰	۲۲	۲/۲		مالک وسیله	
۱	۸۳۴	۸۳/۱	خودم	۸۷۸	۸۷/۵
۲	۸۷	۸/۷	سایر اعضای خانواده	۹۱	۹/۱
۳	۲۹	۲/۹	دوستان و آشنایان	۶	۰/۶
۴	۱۱	۱/۱	اداره	۲۶	۲/۶
۵	۹	۰/۹	سایر	۳	۰/۳
۶	۲	۰/۲		نقش	
۷	۴	۰/۴	راننده	۹۷۶	۹۷/۲
۱۰	۴	۰/۴	سرنشین	۲۸	۲/۸
۱۵	۱	۰/۱			
۲۰	۱	۰/۱			

جدول ۲. نتایج تحلیل فراوانی پرسشگری پژوهش بخش ارزیابی زوج و فرد (متغیرهای مستقل)

Table 2. Frequency analysis results of EO project evaluation

	فراوانی	فراوانی نسبی (٪)		فراوانی	فراوانی نسبی (٪)
	عدالت			بهبود آلودگی	
خیلی زیاد	۱۱۳	۱۱/۳	خیلی زیاد	۱۰۷	۱۰/۷
زیاد	۱۹۴	۱۹/۳	زیاد	۱۴۱	۱۴/۰
متوسط	۱۳۷	۱۳/۶	متوسط	۱۲۳	۱۲/۳
کم	۱۴۹	۱۴/۲	کم	۱۳۷	۱۳/۶
خیلی کم	۳۶	۳۵/۹	خیلی کم	۴۶۰	۴۵/۸
نظری ندارم	۵۷	۵/۷	نظری ندارم	۳۶	۳/۶
	موافقت با طرح جدید				
کاملا موافقم	۲۲۴	۲۲/۳			
موافقم	۲۰۶	۲۰/۵			
نظری ندارم	۳۳	۳/۳			
مخالفم	۱۹۲	۱۹/۱			
کاملا مخالفم	۳۴۹	۳۴/۸			

جدول ۳.سناریوهای قیمتی و زمانی پرسشنامه پژوهش و (تصمیم افراد به عنوان متغیر وابسته)

Table 3. Price and time scenarios

	زمان ورود	قیمت طرح در سناریو		
		اول	دوم	سوم
سناریوهای قیمتی و زمانی	هیچ سر اوج	۴۰۰۰	۷۰۰۰	۱۰۰۰۰
	یک سر اوج	۵۵۰۰	۱۰۰۰۰	۱۴۰۰۰
	دو سر اوج	۸۰۰۰	۱۵۰۰۰	۲۱۵۰۰
متغیر وابسته	تصمیم فرد در مواجهه با قیمت‌گذاری	☐ عدم تغییر سفر ☐تغییر سفر	☐ عدم تغییر سفر ☐تغییر سفر	☐ عدم تغییر سفر ☐تغییر سفر
	تصمیم فرد در مواجهه با قیمت‌گذاری (در صورت ۲۰٪ کاهش زمان سفر)	☐ عدم تغییر سفر ☐تغییر سفر	☐ عدم تغییر سفر ☐تغییر سفر	☐ عدم تغییر سفر ☐تغییر سفر
	تصمیم فرد در مواجهه با قیمت‌گذاری (در صورت ۲۰٪ افزایش زمان سفر)	☐ عدم تغییر سفر ☐تغییر سفر	☐ عدم تغییر سفر ☐تغییر سفر	☐ عدم تغییر سفر ☐تغییر سفر

جدول ۴. نتایج تحلیل فراوانی پرسشگری پژوهش بخش چهارم مشخصات فردی (متغیرهای مستقل)

Table 4. Frequency analysis results of individual characteristics

	فراوانی	فراوانی نسبی (٪)		فراوانی	فراوانی نسبی (٪)
	جنسیت			سن	
مرد	۹۱۳	۹۱/۰	۱۸-۲۵	۷۲	۷/۲
زن	۹۰	۹/۰	۳۵-۲۵	۳۴	۳۰/۳
	تأهل		۴۵-۳۵	۳۰۱	۳۰/۰
مجرد	۲۸۲	۲۸/۱	۵۵-۴۵	۱۷۹	۱۷/۹
متأهل	۷۲۱	۷۱/۹	۶۵-۵۵	۱۰۹	۱۰/۹
	سرپرست		۷۵-۶۵	۳۴	۳/۴
خیر	۲۷۶	۲۷/۵	بیشتر از ۷۵	۳	۰/۳
بله	۷۲۷	۷۲/۵		تحصیلات	
	شغل		کمتر از دیپلم	۷۲	۷/۲
کارمند دولتی	۱۱۵	۱۱/۵	دیپلم	۲۲۹	۲۲/۸
کارمندخصوصی	۲۲۵	۲۲/۴	کاردانی	۸۹	۸/۹
مدیر	۲۵	۲/۵	کارشناسی	۳۶۳	۳۶/۲
پزشک	۲۱	۲/۱	کارشناسی ارشد	۱۹۳	۱۹/۲
هیأت علمی	۱۱	۱/۱	دکتری	۵۶	۵/۶
آزاد	۳۸۸	۳۸/۷	حوزوی	۱	۰/۱
خبرنگار	۷	۰/۷		بعد خانوار	
نظامی	۹	۰/۹	۱	۴۴	۴/۴
کارگر	۲	۰/۲	۲	۱۹۴	۱۹/۳
بیکار	۱۵۱	۱۵/۸۳	۳	۳۰۶	۳۰/۵
	تعداد افراد شاغل خانوار		۴	۳۴۸	۳۴/۷
۰	۹	۰/۹	۵	۸۸	۸/۸
۱	۴۹۰	۴۹/۰	بشتر از ۵	۲۴	۲/۴
۲	۳۷۷	۳۷/۷		تعداد افراد دارای گواهینامه	
۳	۸۲	۸/۲	۰	۲	۰/۲
۴	۳۰	۳/۰	۱	۱۷۶	۱۷/۶
۵	۸	۰/۸	۲	۵۰۷	۵۰/۸
بیشتر از ۵ نفر	۴	۰/۴	۳	۱۷۸	۱۷/۸
	داشتن هر دو پلاک برای ورود به زوج یا فرد		۴	۱۰۵	۱۰/۵
خیر	۱۸۱	۷۴/۸	۵	۲۴	۲/۴
بله	۶۱	۲۵/۲	بیشتر از ۵ نفر	۷	۰/۷
	تعداد خودروی خانوار			پلاک خودروها	
۰	۸	۰/۸	زوج	۳۲۵	۳۵/۷
۱	۵۶۵	۵۶/۳	فرد	۳۴۵	۳۷/۹
۲	۳۴۸	۳۴/۷	هر دو	۲۴۱	۲۶/۵
۳	۸۳	۸/۳			

(جدول ۴)، نشان می‌دهد پاسخ دهندگان با اکثریت ۹۱ درصد (۹۱۳ نفر) مرد، ۷۱/۹ درصد (۷۲۱ نفر) متأهل و ۷۲/۵ درصد (۷۲۷ نفر) سرپرست خانوار هستند. از نظر شغلی، ۳۸/۷ درصد (۳۸۸ نفر) شغل آزاد هستند. از نظر تحصیلات، ۳۶/۲ درصد (۳۶۳ نفر) دارای مدرک کارشناسی، از نظر تعداد افراد خانوار ۳۴/۷ درصد معادل ۳۴۸ نفر در خانوار ۴ زندگی می‌کنند. در ۴۹ درصد این خانوارها معادل ۴۹۰ نفر فقط یک نفر شاغل در خانوار هستند. ۵۶/۳ درصد معادل ۵۶۵ نفر ،خانوار دارای یک خودرو هستند.

۴- مدل‌سازی و نتایج

مطالعات تجربی تفاوت‌های قابل توجهی در برآورد ارزش زمان سفر نشان داده‌اند. به طور کلی، محققان این تغییرات را به چندین جنبه از جمله ویژگی‌های جمعیت شناختی، ویژگی‌های گزینه حمل و نقل و اقتصاد منطقه‌ای نسبت داده‌اند. این مطالعه به تحلیل ارزش زمان سفر شامل محاسبه ارزش زمان سفر به صورت میانگین برای همه کاربران محدوده زوج و فرد که در پرسشگری شرکت کرده‌اند، بررسی وجود ناهمگونی، بررسی و شناسایی منبع ناهمگونی آن می‌پردازد. هدف از پرداخت مدل‌ها یافتن ضرایب توضیحی تابع مطلوبیت و تعیین میزان اهمیت هر یک از آن‌ها است. در پرداخت مدل لوجیت چندگانه/دوگانه برداری از ضرایب که برای همه تصمیم‌گیرها اهمیت یکسان دارد، تخمین زده می‌شود ولی در پرداخت مدل لوجیت ترکیبی یک گروه از ضریب‌ها برای همه تصمیم‌گیرها یکسان و گروه دیگر از ضریب‌ها به صورت تصادفی با چگالی $f(\beta \mid \theta)$، که در آن θ مربوط به توزیع ضرایب تصادفی است، در نظر گرفته می‌شود.

یکی از راه‌های محاسبه ارزش زمان سفر، مدل‌سازی انتخاب گسسته است که در آن نسبت ضریب زمان به ضریب هزینه عوارض، ارزش زمان سفر کاربران را نشان می‌دهد. مدل لوجیت ترکیبی ابزار قدرتمندی برای شناسایی منابع ناهمگونی محسوب می‌شود. اثر تعاملی ضریب هزینه سفر و ضریب زمان سفر به عنوان ضریب تصادفی با متغیرهای دیگر برای پیدا کردن منبع ناهمگونی تمایل در میان مسافران برای تکرار سفر به محدوده کنترل آلودگی هوا، وارد مدل لوجیت ترکیبی می‌شود. برای این کار باید ابتدا برای هر کدام از ضریب‌های تصادفی توزیع مناسب‌تر شناسایی شود.

انتخاب نوع توزیع برای ضرایب با توزیع تصادفی نقش بسیار مهمی در خصوصیات یک مدل لوجیت ترکیبی دارد. مک فادن و ترین (۲۰۰۰) در تحقیقات خود نشان دادند که در مدل لوجیت ترکیبی، می‌توان با در نظر گرفتن توزیع‌های مناسب برای ضرایب در تابع مطلوبیت، رفتار هرگونه مدل با مطلوبیت تصادفی را تقریب زد که نوع این توزیع‌ها به منظور مطابقت بیشتر با واقعیت تعیین می‌شود [۲۱].

برای این منظور، توزیع‌های نرمال، لگاریتم نرمال، مثلثی و یکنواخت در مدل‌های لوجیت ترکیبی مورد استفاده قرار گرفته است. روند انتخاب توزیع مناسب برای ضرایب تصادفی به صورتی بوده که ابتدا فقط ضریب یکی از متغیرها به عنوان ضریب تصادفی با یکی از چهار توزیع گفته شده به مدل معرفی شد، سپس هر دو با ترکیب‌های مختلفی از توزیع‌ها وارد مدل شدند، نتایج آن از جمله، علامت، مقدار$LL(\beta)$ و مقدار ρ^2 برای هر حالت با هم مقایسه شده و توزیع ضرایب تصادفی در مدل با بیشترین بهبود برای ادامه مدل‌سازی انتخاب شد. برای اطمینان از منفی بودن ضریب زمان برای همه مشاهدات محدودیتی به صورت $(\sigma = 0.5 \times \mu)$ بر مدل اعمال شده است. نتایج پرداخت مدل لوجیت ترکیبی با یک ضریب تصادفی با توزیع‌های مختلف در (جدول ۵) و نتایج پرداخت مدل لوجیت ترکیبی با دو ضریب تصادفی برای توزیع‌های مختلف در (جدول ۶) آمده است.

در مدل لوجیت ترکیبی با یک ضریب تصادفی، مشاهده شد که تغییر توزیع ضریب زمان اثر چندانی بر نتایج مدل ندارد. توزیع لگاریتم نرمال برای هیچ کدام از دو ضریب، معنادار نبود. در ترکیب‌ها، از انتخاب توزیع‌های یکسان برای دو ضریب اجتناب شده است. در حالات مختلف، انواع توزیع‌ها و ترکیب‌های آن‌ها در فرآیند مدل‌سازی در نظر گرفته شد و مورد آزمون قرار گرفت. با توجه به ماهیت مدل‌سازی که سعی و خطا است و با توجه به آماره‌های مربوطه در فرآیند مدل‌سازی، تنها توزیع‌ها و ترکیب‌های معنادار گزارش می‌شوند.

در این مرحله از فرآیند مدل‌سازی، با پرداخت بیش از ۱۵۰ مدل لوجیت ترکیبی، با در نظر گرفتن توزیع نرمال برای ضریب زمان سفر و توزیع مثلثی برای ضریب هزینه، انواع متغیرهای موجود و ترکیب آن‌ها بررسی و در نهایت مدل برتر با بیشترین بهبود در مقدار لگاریتم تابع درست‌نمایی، انتخاب و نتایج آن در (جدول ۷) ارائه شده است. تعداد ۱۰۰۴ پرسشنامه تکمیل و اعتبارسنجی شده است که هر پرسشنامه شامل سه سناریو و سه حالت مختلف زمانی بود و مدل‌سازی با ۹۰۳۶ مشاهده انجام شده است.

علامت منفی متغیر زمان و هزینه در تابع مطلوبیت قابل انتظار است یعنی هر چه هزینه عوارض ورود به محدوده کنترل آلودگی هوا یا زمان سفر بزرگ‌تر شود، مطلوبیت گزینه عدم تغییر سفر با خودروی شخصی به محدوده کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج پرداخت مدل، نسبت ضریب زمان به ضریب هزینه برابر ۵۷۸۸ ریال بر ساعت به عنوان میانگین ارزش زمان سفر برای

جدول ۵. مقایسه نتایج پرداخت مدل لوجیت ترکیبی با توزیع‌های مختلف برای تنها یک ضریب تصادفی

Table 5. Comparison of the results of a mixed logit model with different distributions for a single random coefficient

		نرمال	مثلثی	یکنواخت	لگاریتم نرمال
هزینه	LL(β)	-۵۴۲۸/۰۵	-۵۴۲۷/۲۹	-۵۴۲۶/۶۰	-
	ρ2	۰/۱۲۵۸	۰/۱۳۱۸	۰/۱۳۲۰	-
زمان	LL(β)	-۵۴۷۴/۸۷	-۵۴۷۴/۸۰	-۵۴۷۴/۸۴	-
	ρ2	۰/۱۲۴۱	۰/۱۲۴۱	۰/۱۲۴۱	-

جدول ۶. مقایسه ترکیب توزیع‌های مختلف بر نتایج پرداخت مدل لوجیت ترکیبی با دو ضریب تصادفی همزمان

Table 6. Comparison of the effect of combining different distributions on the results of a mixed logit model with two random coefficients

زمان	هزینه	LL(β)	ρ2
نرمال	یکنواخت	-۵۴۲۴/۷۴	۰/۱۳۲۲
	مثلثی	-۵۴۲۴/۰۳	۰/۱۳۲۴
یکنواخت	نرمال	-۵۴۲۴/۶۰	۰/۱۳۲۱
	مثلثی	-۵۴۲۴/۴۲	۰/۱۳۲۳
مثلثی	نرمال	-۵۴۲۵/۴۷	۰/۱۳۲۱
	یکنواخت	-۵۴۲۳/۶۶	۰/۱۳۲۴

تمامی پاسخگویان است.

مدل ناهمگون با در نظر گرفتن منابع ناهمگونی برآورد دقیق‌تری برای متغیرهای تصادفی ارائه می‌دهد. به جای تقریب ضرایب تصادفی با مقادیر میانگین برای کلیه مشاهدات، یک فرمول نظری برای هر یک از ضرایب تصادفی مبتنی بر هر منبع ناهمگونی ساخته می‌شود. در این پژوهش برای ضریب زمان سفر در نظر گرفتن منبع ناهمگونی و اثر تعاملی با دیگر متغیرها منجر به بی‌پاسخ ماندن مدل بود. ضریب زمان ناهمگون است ولی متغیری برای توضیح این ناهمگونی شناسایی نشد. در مدل نهایی فقط اثر تعاملی هزینه و سایر متغیرها بررسی شد. برای هر یک از مشاهدات، ضریب هزینه را می‌توان با توجه به رابطه (۶) به صورت رابطه (۸) ترکیب خطی متغیرهای دفعات ورود به محدوده، تعداد خودرو و داشتن تحصیلات دانشگاهی نوشت. با توجه به علامت منفی برای مقادیر پایه ضریب تصادفی هزینه، یک اثر تعاملی منفی به ضریب هزینه می‌افزاید بنابراین اثر مطلق ضریب تصادفی را در تابع مطلوبیت افزایش می‌دهد، در حالی که یک اثر تعاملی مثبت منجر به نزدیک به صفر شدن ضریب می‌شود.

$$cost = -0.00036 + 0.00003(Ennum) + 0.00005(Nhhcar) - 0.00002(Academi) + 0.00038 \times t \quad (۸)$$

$$Time = -0.20838 + 0.10419 \times n \quad (۹)$$

از آنجا که یکی از اهداف این پژوهش بررسی میزان تأثیر عوامل ناهمگونی بر VOT است، در (جدول ۸) تحلیلی از اثر هر یک از عوامل ناهمگونی بر میزان تغییرات VOT ارائه شده است. برای مثال، کسی که یک بار در روز وارد محدوده زوج یا فرد شده است (با فرض ثابت بودن سایر

جدول ۷. نتایج پرداخت و ارزیابی مدل لوجیت ترکیبی برای شناسایی عوامل ناهمگونی ارزش زمان سفر

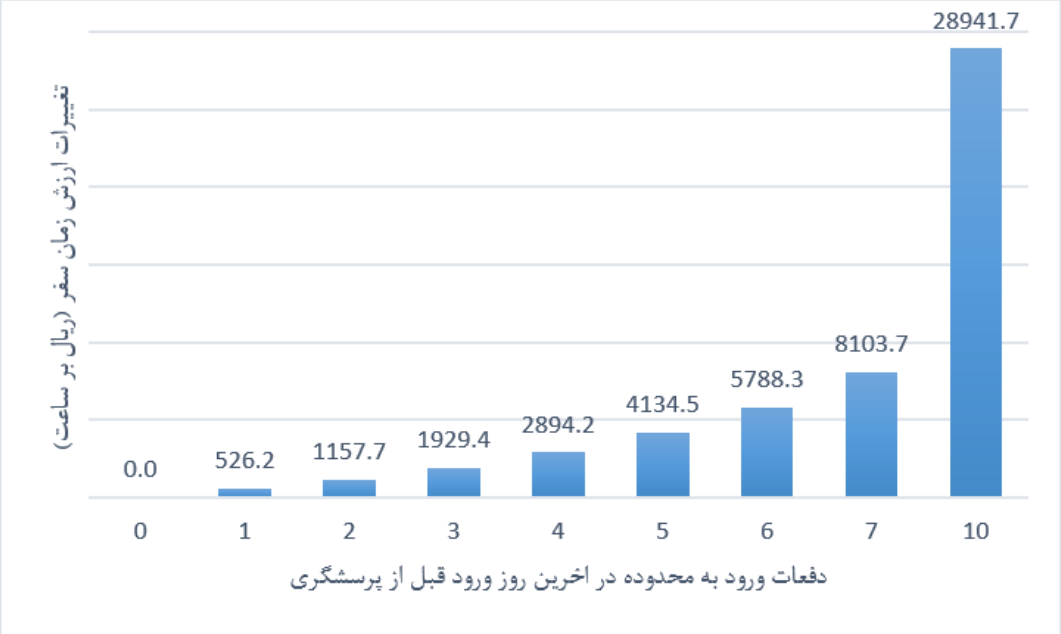
Table 7. Results of mixed logit model evaluation to identify heterogeneity factors of VOT

	نماد متغیر	تعریف متغیر	ضریب	
			مقدار	آماره t
متغیرهای مستقل غیرتصادفی	ثابت	جمله ثابت	۲/۱۳	۱۱/۷۱
	Month	دفعات ورود به محدوده در ماه	۰/۰۲	۳/۶۶
	Pubac	دسترسی به حمل و نقل و همگانی بین مبدأ و مقصد	-۰/۲۶	-۳/۹۵
	Nhhemp	تعداد افراد شاغل در خانوار	۰/۰۷	۱/۷۷
	Maxwtp	بیشینه تمایل به پرداخت برای ورود به محدوده برای سفری خاص (تومان)	۰/۰۰۰۰۲	۳/۳۰
	Cpacp	پذیرش قیمت‌گذاری ارائه شده	۰/۹۰	۸/۷۷
	Pasjob	شاغل در محدوده × تعداد مسافران	۰/۱۳	۳/۰۲
	Eoacp	پذیرش حذف زوج یا فرد و قیمت‌گذاری این محدوده	۰/۳۲	۳/۷۱
	Jobdolati	متغیر مجازی داشتن شغل دولتی	-۰/۳۹	-۳/۵۵
	Retired	متغیر مجازی بازنشسته بودن	-۰/۶۴	-۴/۸۵
	Jobazad	متغیر مجازی داشتن شغل آزاد	-۰/۲۴	-۳/۱۶
	Prpsjb	متغیر مجازی هدف سفر شغلی	-۰/۱۳	-۱/۷۳
متغیرهای معنی‌دار شده مستقل برای ضریب تصادفی هزینه	Ennum	تعداد ورود در آخرین روز تردد طی ساعات طرح	۰/۰۰۰۰۳	۶/۶۶
	Nhhcar	تعداد وسایل نقلیه تحت تملک خانوار	۰/۰۰۰۰۵	۷/۰۲
	Academi	متغیر مجازی داشتن تحصیلات دانشگاهی	-۰/۰۰۰۰۲	-۲/۵۴
میانگین ضرایب تصادفی	Atime	زمان سفر (دقیقه)	-۰/۲۰۸۳۸	-۳/۸۰
	aprice	هزینه سفر (تومان)	-۰/۰۰۰۳۶	-۱۲/۳۲
انحراف معیار ضرایب تصادفی	Atime		۰/۱۰۴۱۹	۳/۸۰
	aprice		۰/۰۰۰۳۸	۶/۷۷
نتایج ارزیابی مدل	تعداد مشاهدات		۹۰۳۶	
	ρ^2_{adj}		۰/۱۳۲۹	
	ρ^2		۰/۱۳۴۶	
	LL(β)		-۵۴۱۹/۹۹	
	LL(c)		-۶۲۲۰/۷۵	
	LL(0)		-۶۲۶۳/۲۸	
	درصد برآورد درست		۶۷/۴۴	
	VOT		۵۷۸۸/۳	

جدول ۸. میزان تأثیر عوامل ناهمگونی بر ارزش زمان سفر طبق رابطه (۷)

Table 8. The effect of heterogeneity factors on the VOT

عامل ناهمگونی	ارزش زمان سفر به ازای مقادیر مختلف	تغییر ارزش زمان سفر نسبت به میانگین (ریال بر ساعت)
Ennum	$\frac{-0.20838}{\left(-0.00036+0.00003\left(Ennum\right)\right)}$	۰ تا ۲۸۹۴۱/۷
Nhhcar	$\frac{-0.20838}{\left(-0.00036+0.00005\left(Nhhcar\right)\right)}$	۰ تا ۴۱۳۴/۵
Acdemi	$\frac{-0.20838}{\left(-0.00036-0.00002\left(Academi\right)\right)}$	۰ تا -۳۰۴/۶



شکل ۲. تغییرات ارزش زمان سفر نسبت به میانگین به تفکیک دفعات ورود به طرح

Fig. 2. Variation of VOT compared to the average by number of entrance to project zone

عوامل) دارای ارزش زمان به اندازه ۵۲۶/۲ ریال بر ساعت بیشتر از میانگین (۵۷۸۸ ریال بر ساعت) است.

ارزش زمان سفر با دفعات ورود به محدوده کنترل آلودگی هوا در روز رابطه مستقیم داشته و باعث افزایش ارزش زمان سفر به مقدار صفر تا ۲۸۹۴۱ ریال خواهد بود. با فرض اینکه افراد با بیش از دو بار ورود به محدوده کنترل آلودگی هوا عموما خودرو، وسیله درآمد و اشتغال آن‌ها است که رفت و آمد آن‌ها به محدوده را ایجاب می‌کند، و افزایش هزینه ورود مانع ورود آن‌ها به طرح نشده و کاهش ازدحام برای آن‌ها مطلوب است (شکل ۲).

تعداد خودروی خانوار بر ارزش زمان سفر تاثیرگذار بوده و با ثابت بودن سایر شرایط با افزایش تعداد خودروی خانوار ارزش زمان سفر تا ۴۱۳۴ ریال بر ساعت افزایش می‌یابد. تعداد خودروی خانوار می‌تواند به عنوان شاخصی از درآمد خانوار در نظر گرفته شود که در این صورت افزایش ارزش زمان

شکل ۳. تغییرات ارزش زمان سفر نسبت به میانگین به تفکیک تعداد خودروی خانوار

Fig. 3. Variation of VOT compared to the average by number of household cars

سفر با افزایش تعداد خودروی خانوار نتیجه‌ای منطقی خواهد بود (شکل ۳).

متغیر مجازی Academi نیز بر ناهمگونی متغیر هزینه تاثیر داشته و با ثابت بودن سایر شرایط داشتن تحصیلات دانشگاهی باعث کاهش ارزش زمان سفر به مقدار ۳۰۴/۶ ریال بر ساعت خواهد بود.

۵- نتیجه‌گیری

ارزش زمان سفر را می‌توان به عنوان مبلغی که مردم برای به دست آوردن یک واحد اضافی از زمان حاضر به پرداخت هستند، تعریف کرد. هنگام ارزیابی انتخاب‌های مصرف کنندگان بین گزینه‌های مختلف حمل و نقل، ارزش زمان سفر یک مفهوم اساسی است و به عنوان یک نسبت تهاتر بین ضریب زمان و هزینه محاسبه می‌شود. ارزش زمان سفر به عوامل مختلفی بستگی دارد و از کشور به کشور، صنعت به صنعت و حتی از فردی به فردی دیگر متفاوت است. با توجه به تمرکز بسیار اندکی که به مقوله ارزش زمان سفر شده است، به خصوص برای مورد مشخص ورود به محدوده کنترل آلودگی هوا که می‌تواند در سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلانشهرها موثر باشد، در این مقاله، به برآوردی از ارزش زمان سفر کاربران خودروی شخصی محدوده کنترل آلودگی هوای تهران و شناسایی برخی منابع ناهمگونی آن پرداخته شده است. داده‌های گردآوری شده از پرسشگری رو–در–رو با کاربران محدوده کنترل آلودگی هوای تهران با رویکرد ترجیحات بیان شده و با ابعاد ۱۰۰۴ نفر است. این نمونه مبنای پرداخت مدل انتخاب گسسته از نوع لوجیت ترکیبی برای شناسایی ناهمگونی ضرایب هزینه و زمان و عوامل موثر بر آن قرار گرفته است.

نتایج مدل لوجیت ترکیبی نمایانگر میانگین ارزش زمان سفر ۵۷۸۸ ریال به ازای یک ساعت برای کاربران خودروی شخصی برای آذر ماه ۱۳۹۷ است. با در نظر گرفتن توزیع مثلثی برای ضریب هزینه و توزیع نرمال برای ضریب زمان نتایج مدل نشان می‌دهد ضرایب ناهمگون بوده و با در نظر گرفتن اثر تعاملی بین ضریب هزینه و زمان و سایر متغیرها، منبع ناهمگونی حساسیت کاربران به هزینه و در نتیجه منبع ناهمگونی ارزش زمان سفر شناسایی شده است. متغیرهای بسیاری در اثر تعاملی با ضرایب تصادفی (زمان و هزینه) مورد آزمون قرار گرفتند. برای ضریب زمان در تجزیه ضرایب تصادفی متغیری موثر تشخیص داده نشد. در تجزیه ضرایب تصادفی سه متغیر تعداد دفعات ورود به محدوده تا ۲۸۹۴۲ ریال بر ساعت افزایش، تعداد خودوری تحت مالکیت خانوار تا ۴۱۳۵ ریال بر ساعت افزایش و داشتن تحصیلات دانشگاهی ناهمگونی تا ۳۰۵ ریال بر ساعت کاهش در ارزش زمان سفر نسبت به میانگین را توضیح می‌دهند.

با استفاده از نتایج این پژوهش می‌توان نشان داد کدام متغیرها و به

چه میزان باعث تغییر ارزش زمان سفر کاربران خواهد بود. از این نتایج می‌توان برای پیش‌بینی دقیق‌تر تقاضا با توجه به ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی، تعیین میزان عوارض برای قیمت‌گذاری مناطق و سایر مطالعات مربوط به قیمت‌گذاری استفاده کرد. به همین ترتیب متغیرهایی که در فرایند مدل‌سازی معنادار نشدند نیز دارای اهمیت بوده و نشانگر این است که نقشی در تعیین میزان ارزش زمان سفر ندارند. این متغیرها شامل سن، جنسیت، برخی انواع شغل (مانند شغل دولتی)، وضعیت تاهل و سرپرست خانوار بودن است.

این پژوهش به برآورد ارزش زمان سفر کاربران محدوده کنترل آلودگی هوا، شناسایی برخی منابع ناهمگونی ارزش زمان سفر کاربران و میزان تأثیر هر یک از عوامل بر ارزش زمان سفر کاربران پرداخته است. در این پژوهش پرسشگری قبل از انجام قیمت‌گذاری و به صورت ترجیحات بیان شده از افراد انجام شده است. پیشنهاد می‌شود با توجه به اهمیت موضوع برای مطالعات آینده، ترکیب ترجیحات بیان شده و آشکار شده که می‌تواند جواب معتبرتری ارائه کند استفاده شود. همچنین برای مطالعات بعدی، پرسشگری درباره عوامل نگرشی که می‌تواند بر ناهمگونی ارزش زمان سفر نیز تاثیرگذار باشد، پیشنهاد می‌شود.

قدردانی

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش مستخرج از پرسشگری‌های انجام شده در قالب طرح پژوهشی ارزیابی اجرای طرح جدید اخذ عوارض محدوده طرح ترافیک و امکان‌سنجی توسعه آن به محدوده تردد زوج یا فرد و به کارفرمایی مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران است که توسط گروه برنامه‌ریزی حمل و نقل دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. بدین وسیله از این سازمان، مسئولین و کارشناسان محترم آن و معاونت محترم حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران به عنوان بهره‌بردار به خاطر در اختیار قرار دادن

برخی داده‌ها قدردانی می‌شود.

پیوست ۱

محل مصاحبه: منطقه: ..... محله/ شهرک: ..... خ. اصلی/ میدان/ تقاطع: ..... اداره، بازار یا محل خاص: .....

* مصاحبه‌شونده، در کدام گروه(ها) قرار می‌گیرد؟ ○شاغل در محدوده زوج یا فرد ○ساکن در محدوده زوج یا فرد ○مراجعه‌کننده به محدوده زوج یا فرد

- آیا طی یک هفته گذشته، به/از محدوده زوج یا فرد (بخشی از محدوده که خارج از طرح ترافیک قرار دارد)، تردد کرده‌اید؟ ○بله ○خیر (پایان مصاحبه)

- آیا حداقل در یکی از روزهای یک هفته گذشته که به/از محدوده زوج یا فرد تردد کرده‌اید، از خودروی شخصی استفاده کردید؟ ○بله ○خیر (پایان مصاحبه)

- آخرین روز، قبل از امروز (طی روزهای شنبه تا چهارشنبه) که با خودروی شخصی به/از این محدوده تردد کرده‌اید را در نظر بگیرید. آیا در آن روز حداقل یک تردد در بازه‌ی ۶:۳۰ تا ۱۹ به/از محدوده زوج یا فرد داشته‌اید؟ (اگر ساکنید، در آن روز حداقل یک تردد در بازه ۸:۳۰ تا ۱۷ داشته‌اید؟) ○بله ○خیر (پایان مصاحبه)

مشخصات سفر (در روز مشخص شده در بالا)
۱- در آن روز، هدف اصلی شما از تردد به/ از محدوده زوج یا فرد چه بوده است؟ ۱) شغلی○ ۲) تحصیلی○ ۳) خرید○ ۴) درمانی○ ۵) تفریح و سرگرمی○ ۶) دیدار آشنایان○ ۷) کار شخصی○ ۸) سایر (.....)○
۲- روز مورد نظر، کدام روز از هفته بوده است؟ ..... ۳- در آن روز، رقم سمت راست پلاک خودرویتان چه بود؟ ○زوج ○فرد
۴- در صورت تطابق رقم سمت راست پلاک خودرویتان با زوج یا فرد بودن آن روز از هفته، یک روز قبل (یا بعد) که با پلاک خودرویتان تطابق نداشت، چه کردید؟ ۱) در آن روز به محدوده نرفتم○ ۲) با خودروی دیگری که پلاکش تطابق داشت آمدم○ ۳) با همان خودرو آمدم و عوارض طرح ترافیک برایم ثبت شد○ ۴) با همان خودرو و بدون جریمه شدن آمدم○ ۵) با وسیله دیگری (همگانی/ تاکسی/ اسنپ/ و ...) آمدم○
۵- در صورت عدم تطابق رقم سمت راست پلاک خودرویتان با زوج یا فرد بودن آن روز از هفته، نحوه حضور شما در این محدوده، چگونه بوده است؟ ۱) عوارض طرح ترافیک برایم ثبت شد○ ۲) بدون جریمه شدن آمدم○ ۳) سایر (.....)○
۶- در آن روز، طی ساعات ۶:۳۰ تا ۱۹، چند بار وارد محدوده طرح زوج یا فرد شده و چند بار خارج شدید؟ (اگر ساکن این محدوده‌اید، تعداد ورود و خروج خود را طی ساعات ۸:۳۰ تا ۱۷ بیان کنید.) ۱) ..... بار ورود ۲) ..... بار خروج
۷- در هفته و ماه گذشته، حدوداً چند روز با خودروی شخصی به/ از محدوده زوج یا فرد تردد کرده‌اید؟ ۱) ..... روز در هفته گذشته ۲) ..... روز در ماه گذشته
۸- مالک وسیله: ۱) خودم○ ۲) سایر اعضای خانوار○ ۳) دوستان و آشنایان○ ۴) اداره/ سازمان/ شرکت○ ۵) سایر○ (.....)
۹- نقش شما؟ ۱) راننده○ ۲) سرنشین○ ۱۰- تعداد سرنشینان خودرو (باضافه راننده): ..... نفر ۱۱- نوع پلاک؟ شخصی (سفید)○ دولتی (قرمز)○
۱۲- نوع پارکینگ مقصد؟ ۱) پارک در حاشیه‌ی خیابان○ ۲) پارکینگ ساختمان مقصد○ ۳) پارکینگ عمومی○ ۱۳- هزینه پارکینگ: ..... تومان
۱۴- آیا در آن روز، بین مبدأ و مقصد سفر شما، امکان استفاده از حمل‌ونقل همگانی (اتوبوس/ مترو) وجود داشت؟ ۱) بله○ ۲) خیر○ ۳) اطلاع ندارم
۱۵- آیا در آن روز، یک سر از سفرتان (مبدأ یا مقصد)، منزل یا محل سکونت شما بود؟ ۱) بله○ ۲) خیر○ (سؤال ۱۸ هم پرسیده شود.)
۱۶- مقصد سفر شما برای انجام فعالیت در آن روز، حدوداً کجا قرار داشته است؟ ○خارج محدوده زوج یا فرد ○داخل زوج یا فرد و خارج محدوده طرح ترافیک منطقه شهرداری: ..... محله/ شهرک: ..... خ. اصلی/ میدان/ تقاطع: ..... اداره، بازار یا محل خاص: .....
۱۷- مبدأ سفر شما برای انجام فعالیت در آن روز، حدوداً کجا قرار داشته است؟ ○خارج محدوده زوج یا فرد ○داخل زوج یا فرد و خارج محدوده طرح ترافیک منطقه شهرداری: ..... محله/ شهرک: ..... خ. اصلی/ میدان/ تقاطع: ..... اداره، بازار یا محل خاص: .....
۱۸- آدرس تقریبی محل سکونت (اگر هیچ‌کدام از مبدأ و مقصدتان، محل سکونت شما نبوده است): ○خارج زوج یا فرد ○داخل زوج یا فرد و خارج طرح ترافیک منطقه شهرداری: ..... محله/ شهرک: ..... خ. اصلی/ میدان/ تقاطع: ..... اداره، بازار یا محل خاص: .....

ارزیابی طرح زوج یا فرد
یکی از سیاست‌های ترافیکی شهر تهران که به منظور کاهش آلودگی هوای شهر وضع شده است، طرح تردد نوبتی (زوج یا فرد) است. این طرح در ابتدا موقتی و برای مقابله با شرایط اضطراری آلودگی هوا بود، اما پس از آن به شکل دائمی درآمد. هم‌اکنون کارآمدی این طرح با تردیدهای جدی روبروست. به گونه‌ای که برخی از کشورهایی که مشابه این طرح را اجرا می‌کردند، در بلندمدت اقدام به حذف و جایگزینی آن با طرح‌های مؤثرتر نمودند. ۱- چقدر طرح زوج یا فرد کنونی را عادلانه می‌دانید؟ ○خیلی زیاد ○زیاد ○متوسط ○کم ○خیلی کم ○نظری ندارم
۲- آیا طرح زوج یا فرد را در کاهش آلودگی هوا، مؤثر می‌دانید؟ ○خیلی زیاد ○زیاد ○متوسط ○کم ○خیلی کم ○نظری ندارم
۳- آیا موافقید که محدودیت پلاک زوج یا فرد برای تردد در این محدوده از شهر برداشته شود، و به منظور کنترل تردد وسایل نقلیه در آن، مبلغی (مثلاً یک‌سوم هزینه طرح ترافیک فعلی) برای این محدوده در نظر گرفته شود. در عوض، همه روزهای هفته امکان تردد آزادانه برای هرکس که این پول را پرداخت می‌کند وجود داشته باشد؟ (درآمدهای حاصل از آن نیز صرف توسعه حمل‌ونقل همگانی خواهد شد.) ○کاملاً موافقم ○موافقم ○مخالفم ○کاملاً مخالفم ○نظری ندارم

کد مصاحبه‌کننده: ..... شماره پرسشنامه: ساعت: _ _ : _ _ تاریخ: ...../ ۰۹/ ۱۳۹۷

سؤال) فرض کنید این سیاست، یعنی حذف محدودیت زوج یا فرد و آزاد شدن تردد به این محدوده در ازای اخذ عوارض از خودروهای شخصی، در سال آینده اعمال شود و درآمدهای حاصل از آن صرف توسعه و بهبود حمل‌ونقل همگانی شود. با این شرایط، در هرکدام از بازه‌های قیمتی جدول زیر، تمایل خود را درباره‌ی تردد به/ از این محدوده با خودروی شخصی، اعلام کنید: (*توجه کنید که پس از حذف محدودیت زوج یا فرد، با کاهش هزینه‌ی تردد در محدوده، احتمالاً شلوغی ترافیک در این محدوده از شهر افزایش چشمگیری خواهد یافت و برعکس، با افزایش هزینه، احتمالاً شلوغی کم‌تر شود.*)

هزینه تردد روزانه (هزار تومان):	کمتر از ۳	۳ تا ۵	۵ تا ۷	۷ تا ۹	۹ تا ۱۱	۱۱ تا ۱۳	۱۳ تا ۱۵	۱۵ تا ۲۰	بیشتر از ۲۰
با خودرو می‌آیید؟	○	○	○	○	○	○	○	○	○

سناریوهای احتمالی اخذ عوارض تردد در محدوده زوج یا فرد

* اکنون سفر مورد بررسی در بخش اول را درنظر بگیرید. با فرض حذف محدودیت زوج یا فرد، در صورتی که اخذ عوارض تردد در محدوده زوج یا فرد (طی روزهای شنبه تا چهارشنبه و در ساعات ۶:۳۰ الی ۱۹) به صورت زیر و بر اساس زمان اولین و آخرین تردد به/ از این محدوده باشد، در هر سناریو و برای آن سفر مشخص به/ از محدوده زوج یا فرد، چه تصمیمی خواهید گرفت؟ لطفاً جدول زیر را کامل کنید. (توجه: **اوج صبح**: ۶:۳۰ تا ۱۰ ، **غیر اوج**: ۱۰ تا ۱۶ ، **اوج عصر**: ۱۶ تا ۱۹)

- در آن روز اولین و آخرین تردد شما به/ از محدوده زوج یا فرد در بازه‌ی ۶:۳۰ تا ۱۹، **چه زمانی** بوده است؟ ۱) اولین تردد: _ _ : _ _ ۲) آخرین تردد: _ _ : _ _
- در آن روز چه زمانی از مبدأ حرکت کرده، و چه زمانی به مقصد خود رسیدید؟ ۱) حرکت از مبدأ: _ _ : _ _ ۲) رسیدن به مقصد: _ _ : _ _ (زمان سفر: ..... دقیقه)
- آیا در یکی از این گروه‌ها قرار می‌گیرید؟ ○ساکنین زوج یا فرد (خارج طرح ترافیک): بازه زمانی طرح، ۸:۳۰ تا ۱۷ خواهد بود. ○وسایل باری (تا سقف ۶ تُن): ضریب ۰/۳
○آژانس‌ها و مؤسسات اتومبیل کرایه، و سرویس‌های مجاز مدارس: ضریب ۰/۳ ○جانبازان (۲۵ درصد به بالا): رایگان ○وسائط نقلیه با پلاک ویلچر (ژ): رایگان
○خبرنگاران، روزنامه‌نگاران و عکاسان خبری: ضریب ۰/۱ ○بیماران خاص، و افراد دارای معلولیت جسمی و حرکتی: ضریب ۰/۱

ردیف	نوع تردد	ساعت تردد*		قیمت‌ها (برحسب تومان)		
		اولین تردد	آخرین تردد	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳
۱	یک سر اوج	۶:۳۰ تا ۱۰	قبل از ۱۶	۵۵۰۰	۱۰۰۰۰	۱۴۰۰۰
۲	هیچ سر اوج	۱۰ تا ۱۶	قبل از ۱۶	۴۰۰۰	۷۰۰۰	۱۰۰۰۰
۳	یک سر اوج	۱۰ تا ۱۶	۱۶ تا ۱۹	۵۵۰۰	۱۰۰۰۰	۱۴۰۰۰
۴	دو سر اوج	۶:۳۰ تا ۱۰	۱۶ تا ۱۹	۸۵۰۰	۱۵۰۰۰	۲۱۵۰۰
عوارض تردد	در هر سناریو، با توجه به زمان اولین و آخرین تردد، ردیف‌های ۱ تا ۴ در بالا، و گروه مصاحبه‌شونده، عوارض تردد فرد به محدوده‌ی زوج یا فرد، چند تومان است؟ (به کمک پرسشگر محاسبه شود.)			.....	.....	.....
گزینه‌ی سفر انتخابی	**۱**- عدم تغییر در سفر، **۲**- تغییر وسیله از خودروی شخصی، **۳**- تغییر زمان ورود یا خروج، **۴**- تغییر مقصد یا مسیر سفر (به خارج از زوج یا فرد)، **۵**- انتقال سفر به آخر هفته، **۶**- لغو سفر. (لطفاً در هر سناریو، با توجه به عوارض دریافتی و سایر شرایط سفر، فقط یک گزینه انتخاب شود.)			○۱ ○۲ ○۳ ○۴ ○۵ ○۶	○۱ ○۲ ○۳ ○۴ ○۵ ○۶	○۱ ○۲ ○۳ ○۴ ○۵ ○۶
	در صورت انتخاب گزینه‌ی ۲ (تغییر وسیله)، چه وسیله‌ای را برای سفر به محدوده زوج یا فرد جایگزین می‌کنید؟ ۱) همگانی (مترو/ اتوبوس) ۲) تاکسی ۳) ترکیب همگانی و تاکسی ۴) اسنپ/ آژانس/ تاکسی تلفنی/ ..... ۵) پارک خودروی شخصی در مرز محدوده، و ادامه مسیر با سایر شیوه‌ها ۶) موتورسیکلت ۷) سایر شیوه‌ها			گزینه: ..... (از ۱ تا ۷)	گزینه: ..... (از ۱ تا ۷)	گزینه: ..... (از ۱ تا ۷)
	اگر سیاست جدید موجب کاهش شلوغی ترافیک در محدوده شود، به طوری که کل مدت زمان سفرتان به/ از محدوده ۲۰ درصد کاهش یابد، در هر سناریو، کدامیک از گزینه‌های سفر را انتخاب می‌کنید؟ (زمان سفر جدید: .....)			گزینه: ..... (از ۱ تا ۶)	گزینه: ..... (از ۱ تا ۶)	گزینه: ..... (از ۱ تا ۶)
	اگر سیاست جدید موجب افزایش شلوغی ترافیک در محدوده شود، به طوری که کل مدت زمان سفرتان به/ از محدوده ۲۰ درصد افزایش یابد، در هر سناریو، کدامیک از گزینه‌های سفر را انتخاب می‌کنید؟ (زمان سفر جدید: .....)			گزینه: ..... (از ۱ تا ۶)	گزینه: ..... (از ۱ تا ۶)	گزینه: ..... (از ۱ تا ۶)
	آیا با جایگزینی این شیوه‌ی اخذ عوارض روزانه از محدوده زوج یا فرد، در ازای حذف محدودیت زوج یا فرد، موافقید؟			○موافقم ○مخالفم ○نظری ندارم		
	اگر تخصیص درآمدهای این طرح به توسعه همگانی (مترو/ اتوبوس)، موجب بهبود این خدمات در مسیر شما از مبدأ به مقصد شود، حاضرید به جای خودروی شخصی از وسایل همگانی برای تردد به/ از محدوده زوج یا فرد استفاده کنید؟			○حتماً ○شاید ○اصلاً ○نظری ندارم		

* توجه: اگر وسیله نقلیه تنها در یکی از بازه‌های ساعات اوج رؤیت گردد، از نوع "یک سر اوج" بوده، و اگر تنها در ساعات غیر اوج رؤیت گردد، از نوع "هیچ سر اوج" خواهد بود.

اطلاعات شخصی

۱- جنسیت: ○مرد ○زن ۲- وضعیت تأهل: ○مجرد ○متأهل ۳- سن: ..... سال ۴- آیا سرپرست خانوار هستید؟ ○بله ○خیر

۵- تحصیلات: ○کمتر از دیپلم ○دیپلم ○کاردانی ○کارشناسی ○کارشناسی‌ارشد/ پزشک عمومی ○دکترا/ پزشک متخصص ○حوزوی

۶- وضعیت فعالیت: ○کارمند بخش دولتی ○کارمند بخش خصوصی ○مدیر ○پزشک ○هیأت علمی ○شغل آزاد (.....)
○خبرنگار ○نظامی ○سرباز ○دانشجو ○دانش‌آموز ○کارگر ○بازنشسته ○خانه‌دار ○بیکار ○سایر (.....)

۷- تعداد افراد خانوار؟ ..... ۸- تعداد افراد شاغل در خانوار: ..... ۹- تعداد افراد دارای گواهینامه در خانوار: .....

۱۰- مشخصات وسایل تحت تملک خانوار (مدل ، سال ساخت): ۱) ..... ، ..... ۲) ..... ، ..... ۳) ..... ، ..... (مثال: پراید ، ۹۰)

۱۱- رقم سمت راست پلاک خودرو(های) خانوار شما: ○زوج ○فرد ○هر دو (آیا داشتن هر دو پلاک، با هدف تردد در محدوده زوج یا فرد است؟ ○بله ○خیر)

منابع

[1] V. Jarl, Congestion pricing in urban areas: theory and case studies, (2009).

[2] M.S. Hossan, H. Asgari, X. Jin, Investigating preference heterogeneity in Value of Time (VOT) and Value of Reliability (VOR) estimation for managed lanes, Transportation Research Part A: Policy and Practice, 94 (2016) 638-649.

[3] T.C. Lam, K.A. Small, The value of time and reliability: measurement from a value pricing experiment, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 37(2) (2001) 231-251.

[4] I.C. Athira, C.P. Muneera, K. Krishnamurthy, M.V.L.R. Anjaneyulu, Estimation of Value of Travel Time for Work Trips, Transportation Research Procedia, 17 (2016) 116-123.

[5] M. Jiang, T. Morikawa, Theoretical analysis on the variation of value of travel time savings, Transportation Research Part A: Policy and Practice, 38 (2004) 551-571.

[6] M. Wardman, A review of British evidence on time and service quality valuations, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 37(2) (2001) 107-128.

[7] T.C. Thomas, G.I. Thompson, The value of time for commuting motorists as a function of their income level and amount of time saved, Highway Research Record, (314) (1970).

[8] J. Calfee, C. Winston, The value of automobile travel time: implications for congestion policy, Journal of public economics, 69(1) (1998) 83-102.

[9] S. Hess, M. Bierlaire, J.W. Polak, Estimation of value of travel-time savings using mixed logit models, Transportation Research Part A: Policy and Practice, 39(2) (2005) 221-236.

[10] H. Zhong, W. Li, M.W. Burris, A. Talebpour, K.C. Sinha, Will autonomous vehicles change auto commuters' value of travel time?, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 83 (2020) 102303.

[11] V. Kolarova, F. Steck, Chapter 28 - Estimating impact of autonomous driving on value of travel time savings for long-distance trips using revealed and stated preference methods, in: K.G. Goulias, A.W. Davis (Eds.) Mapping the Travel Behavior Genome, Elsevier, 2020, pp. 561-575.

[12] G.H.d.A. Correia, E. Looff, S. van Cranenburgh, M. Snelder, B. van Arem, On the impact of vehicle automation on the value of travel time while performing work and leisure activities in a car: Theoretical insights and results from a stated preference survey, Transportation Research Part A: Policy and Practice, 119 (2019) 359-382.

[13] V. Varghese, A. Jana, Impact of ICT on multitasking during travel and the value of travel time savings: Empirical evidences from Mumbai, India, Travel Behaviour and Society, 12 (2018) 11-22.

[14] A. Younis, REVIEW OF VALUE OF TRAVEL TIME SAVINGS & ITS VARIATION WITH, 2013.

[15] I. Dubernet, T. Dubernet, K.W. Axhausen, Comparing values of travel time obtained from workplace and short-term decisions, Travel Behaviour and Society, 20 (2020) 83-90.

[16] K.E. Train, Discrete choice methods with simulation, Cambridge university press, 2009.

[17] K.A. Small, C. Winston, J. Yan, Uncovering the Distribution of Motorists' Preferences for Travel Time and Reliability, Econometrica, 73(4) (2005) 1367-1382.

[18] M. Mehdizadeh, A.R. Mamdoohi, Active school travel: homogeneity or heterogeneity? That is the question, Transportation Planning and Technology, 43(5) (2020) 443-462.

[19] I. Farzin, A.R. Mamdoohi, HETEROGENEITY AMONG INDIVIDUALS AND ALTERNATIVE IN ESTINATION CHOICE- CASE OF SHOPPING TRIPS IN QAZVIN, Sharif Journal of Civil Engineering, 36.2(3.2) (2020) 77-86.(in persian)

[20] D. Hensher, J. Rose, W. Greene, Applied Choice Analysis, 2005.

[21] D. McFadden, K. Train, Mixed MNL models for discrete response, Journal of Applied Econometrics, 15(5) (2000) 447-470.

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

S. Kanaani, A. R. Mamdoohi, Identification of some sources of heterogeneity in value of travel time of Tehran LEZ users, Amirkabir J. Civil Eng., 54(11) (2023) 4101-4118.

DOI: 10.22060/ceej.2022.19624.7213