The Role of Fare and Gasoline Price Shocks on the Behavioral Response of Passengers in Tehran Metropolitan for Using Public Transportation(Metro, BRT, and Bus)

Mahboubeh Shojaeian[1] , Masoud Khodapanah[2]* , Mansour Zarra-Nezhad[3]

1- Ph.D. Candidate in Urban and Regional Economics, Department of Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran .
2- Associate Professor of Economics, Department of Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran .
3-Professor of Economics, Department of Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

ARTICLE INFO

Article History

Received: 2022-07-11
Accepted: 2022-09-27

Keywords
Public transportation system
Gasoline price shock
Fare price
Tehran metropolis

ABSTRACT

Introduction

Public transportation is considered one of the main requirements for economic growth and the sustainable development of cities. Lack of appropriate public transportation infrastructure can cause various socio-economic issues, including congestion, waste of time and fuel, intensive air pollution and the emission of greenhouse gasses, high urban density, and environmental degradation. The use of the public transportation system can be affected by various policies inside or outside the system. The ability to predict the fluctuations of the urban public transportation system due to internal and external shocks of the public transportation system is one of the most basic requirements for appropriate policymaking in response to sudden fluctuations, especially in the Tehran metropolitan. One of the main issues that put pressure on urban public transportation systems is their significant effectiveness in the fluctuations of gasoline prices and fares in big cities. Gasoline price fluctuations can change people's behavior in the substitution between private car use and public transportation system. On the other hand, fare changes can affect the demand for various public transportation vehicles like buses, metro, and BRT in Tehran as well. Despite the considerable importance of gasoline prices and fares on public transportation and the behavior of passengers in choosing between various transportation modes, no study has investigated the mentioned relationship and the response of public transportation passengers with respect to fuel price and fares. Therefore, the purpose of the current study was to evaluate the role of fare and gasoline price shocks on the behavioral response of passengers in the Tehran metropolitan using the Global Vector Autoregressive (GVAR) approach.

Materials and Methods

The main objective of this study was to investigate the role of gas price and fare shocks on the behavioral response of passengers in the Tehran metropolitan using public transportation (metro, BRT, and bus) during the period of 2007-2018 using monthly data and Global Vector Autoregressive (GVAR) models. The Global Vector Autoregressive Model (GVAR) model is one of the popular approaches to evaluating the relationships between economic entities. Compared to the traditional Vector Autoregressive (VAR) approach, it provides a universal and practical modeling framework to perform quantitative analyzes on the relative importance of different impulses and various channels for the transmission mechanism of the shocks. In this context, this method includes a compact econometric framework that is specifically designed to explicitly model the interdependence between the various variables that enter the model. In particular, the structure of the GVAR model combines individual error correction models in such a way that it is possible

* Corresponding author: Khodapanah@scu.ac.ir

to relate the internal variables related to an economic unit in the model to the corresponding external variables in another economic unit j (i≠j). In this case, it is possible to check and determine the desired pattern of economic units in a much more precise way. Individual models are linked together using a weight matrix; finally, the GVAR model can be solved for all units. In other words, the GVAR approach represents a method that is used to check the degree of interdependence between model variables through the analysis of the impulse response function.

Findings

This study attempted to answer two main questions about the occurrence of two shocks, including gasoline price and fare shocks, on the behavioral response of passengers in Tehran metropolitan to various public transportation modes. The first question stated that what is the consequence of a positive gasoline price shock on the demand for various modes of public transport (metro, BRT, and bus) in the Tehran metropolitan? In response to this question, the estimation results of the GVAR model indicated that when a positive shock in the price of gasoline happens, an increase in passenger demand for all three types of public transportation happens.

The occurrence of a positive shock in the price of gasoline, metro, BRT, and bus passengers will increase. In other words, when a positive shock occurs in the price of gasoline, it causes people to use public transportation instead of private cars, and they will be more willing to use public transportation. This issue makes the policymakers in the public transportation system make the necessary arrangements to increase the carrying capacity when planning to respond to the fluctuations caused by the gasoline price shock and consider proper arrangements to divide this demand among all types of public transportation.

The second question of this research was what effect does the occurrence of a positive shock in the fare price of each type of public transportation (metro, BRT, and bus) have on the demand for other public transportation in the Tehran metropolis?

In response to this question, positive shocks on fares on all types of public transportation in the Tehran metropolis were investigated. The results of the study showed that when a positive shock in the metro fare occurs, the demand for metro passengers will be constant until the 20th month, and this indicated that part of the passengers' demand for the metro is independent of the fare and demand for bus and metro will be decreasing. Moreover, by the occurrence of a positive shock in bus fares, the demand for bus passengers will decrease, and the excess demand will transmit to other modes like metro and BRT. This leads to the simultaneous increase in passengers of both transportation modes. In other words, by the occurrence of a positive shock in bus fares, the passengers would replace the metro and BRT as alternatives to the buses. Besides, from the eight months onwards, when a positive shock happens in BRT fares, the demand for the metro will increase while the demand for buses increases slightly. This result states that a part of the demand for BRT will transmit to the metro and bus as alternatives. In this circumstance, metro and bus will be replaced with BRT; however, a part of the BRT passengers will not change their choices, and the demand will increase from the fourth month onwards. Finally, it can be stated that the occurrence of positive shocks in metro fares will decrease the BRT and bus passengers, while a positive shock in BRT fares would increase the demand for metro, and the demand for BRT and bus will increase with a flatter slope.

Conclusions

The results of this study can have important implications for policymaking during the occurrence of shocks in demand for intra-city public transport in Tehran. Based on the results of the study, it is suggested that policymakers think of the necessary predictions to create the appropriate capacity to meet the demand fluctuations in urban public transportation in response to the internal and external shocks of the transportation system. In addition, when setting fares for any public transportation, the relevant authorities must consider the interdependence between demand and fares for other public transportation. Also, the price shock of gasoline and the upward trend of passengers using all three types of public transportation means that the increase and expansion of subway lines, BRT, and the renovation of the bus system in all areas of Tehran will be among the most important policy suggestions for the public transportation system in Tehran. Finally, it is suggested to the policymakers and planners in the public transportation system of the Tehran metropolitan to set up a real-time passenger monitoring system for all types of urban public transportation vehicles so that they can be aware of the occurrence of sudden fluctuations in the transportation system.

COPYRIGHTS

©2022 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

HOW TO CITE THIS ARTICL

Shojaeian M. Khodapanah M. Zarra-Nezhad M. The Role of Fare and Gasoline Price Shocks on the Behavioral Response of Passengers in Tehran Metropolitan for Using Public Transportation(Metro, BRT, and Bus). Urban Economics and Planning Vol 3(3) : 134-147 [In Persian]

DOI: 10.22034/UEP.2022.351389.1258

نقش شوک قیمتی بنزین و کرایه بر واکنش رفتاری مسافران کلان‌شهر تهران در استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی (مترو، بی.آر.تی و اتوبوس)

محبوبه شجاعیان [۱]، مسعود خداپناه [۲*]، منصور زراءنژاد [۳]

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد شهری و منطقه‌ای، دانشکدهٔ اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۲- دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکدهٔ اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۳- استاد، گروه اقتصاد، دانشکدهٔ اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۰۵

کلمات کلیدی

سیستم حمل‌ونقل عمومی
شوک قیمتی بنزین
قیمت کرایه
کلان‌شهر تهران

چکیده

حمل‌ونقل عمومی به عنوان یک کالای عمومی بسیار مهم، اثرات بسیار گسترده‌ای بر اقتصاد، اجتماع و محیط زیست شهری به جای می‌گذارد. وقوع شوک‌ها و تغییرات پدیدآمده در سیستم اقتصادی یک شهر یا کشور می‌تواند رفتار مسافران برای انتخاب هر یک از انواع وسایل حمل‌ونقل عمومی شهری را تحت تأثیر قرار دهد. توانایی پیش‌بینی نوسانات سیستم حمل‌ونقل عمومی شهری بر اثر شوک‌های درونی و بیرونی سیستم حمل‌ونقل عمومی، از اساسی‌ترین نیازها برای سیاست‌گذاری مناسب سیستم حمل‌ونقل عمومی در پاسخ‌گویی به نوسانات ناگهانی تقاضای حمل‌ونقل عمومی در ایران و به‌ویژه کلان‌شهر تهران است. بر همین اساس، هدف این مطالعه بررسی نقش شوک قیمتی بنزین و کرایه بر واکنش رفتاری مسافران کلان‌شهر تهران در استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی (مترو، بی.آر.تی و اتوبوس) طی دورهٔ زمانی ۱۳۸۷-۱۳۹۸ با استفاده از داده‌های ماهانه و به روش خودرگرسیون برداری جامع (GVAR) بوده است. نتایج این پژوهش نشان داد با وقوع شوک مثبت در قیمت بنزین، مسافران مترو، بی.آر.تی و اتوبوس افزایش خواهد یافت. همچنین وقوع شوک مثبت در قیمت کرایهٔ مترو، مسافران بی.آر.تی و اتوبوس را کاهش می‌دهد و با وقوع تکانهٔ مثبت در قیمت کرایهٔ بی.آر.تی، مسافران مترو افزایش و تقاضای بی.آر.تی و اتوبوس با شیب کم افزایش می‌یابد. در نهایت، وقوع تکانهٔ مثبت در قیمت کرایهٔ اتوبوس، افزایش مسافران مترو و بی.آر.تی را به دنبال دارد.

مقدمه

با توجه به اهمیت چشمگیر شهرها در رشد اقتصادی کشورهای جهان و حضور بخش عمده‌ای از جمعیت جهان در مناطق شهری، سیستم حمل‌ونقل عمومی شهری یکی از ارکان اصلی توسعهٔ پایدار شهری و به‌ویژه توسعهٔ اقتصادی کلان‌شهرهای پرجمعیت جهان است[۱ و ۲]. بدون وجود حمل‌ونقل عمومی به‌خصوص در بخش شهری، یک کشور نمی‌تواند به حداکثر کاربری از منابع طبیعی و حداکثر بهره‌وری از سرمایهٔ انسانی در مناطق شهری دست یابد. توسعهٔ شهری در مناطق مختلف جهان باعث پدید آمدن مشکلات و نگرانی‌های متعددی در حوزهٔ سیاست‌گذاری حمل‌ونقل عمومی شهری و بروز پدیده‌هایی مانند ازدحام، اتلاف چشمگیر زمان و سوخت، آلودگی هوای شدید و انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاربری نامناسب زمین‌های شهری با تراکم شهری کم و تخریب محیط زیست شهری به‌ویژه در کلان‌شهرهای جهان شده است[۳-۵].

به‌کارگیری سیستم حمل‌ونقل عمومی می‌تواند از سیاست‌گذاری‌های مختلفی در درون سیستم یا در بیرون از آن اثر بپذیرد. یکی از مسائلی که سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی شهری را تحت فشار قرار می‌دهد، اثرپذیری چشمگیر آن نسبت به نوسانات قیمت بنزین و قیمت کرایه در کلان‌شهرها است. نوسانات قیمت بنزین می‌تواند رفتار مردم در جایگزینی بین کاربری خودروی شخصی و سیستم حمل‌ونقل عمومی را تغییر دهد[۶]. از سوی دیگر، قیمت‌ها بر تصمیمات مسافران تأثیر می‌گذارد و به همین دلیل، انتظار می‌رود تأثیرات شدیدی بر تقاضای حمل‌ونقل عمومی در کلان‌شهرها داشته باشند. بر همین اساس، می‌توان گفت که توانایی پیش‌بینی نحوهٔ واکنش تقاضاکنندگان سیستم حمل‌ونقل عمومی شهری نسبت به شوک‌های قیمت بنزین و قیمت کرایه از مهم‌ترین عوامل در زمینهٔ سیاست‌گذاری حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری برای پاسخ‌گویی به نوسانات ناگهانی با توجه به ظرفیت‌های فعلی سیستم حمل‌ونقل عمومی در کوتاه‌مدت و بلندمدت به شمار می‌رود [۷].

*ایمیل نویسندهٔ مسئول: Khodapanah@scu.ac.ir

با توجه به آنچه گفته شد، سیستم حمل‌ونقل عمومی شهری کلان‌شهر تهران نیز به عنوان پرجمعیت‌ترین شهر ایران و پرجمعیت‌ترین پایتخت در منطقهٔ خاورمیانه از این قاعده مستثنا نیست. سهم چشمگیر مسافران برای حمل‌ونقل عمومی شهری در کلان‌شهر تهران و همچنین، سهم هزینه‌های حمل‌ونقل در سبد مصرفی خانوارهای متوسط و ضعیف کلان‌شهر تهران می‌تواند اثرپذیری خانوارهای شهری نسبت به شوک‌های قیمت بنزین و قیمت کرایه را به‌شدت تحت تأثیر قرار دهد. با توجه به فرسودگی ۶۰ تا ۸۰ درصدی سیستم حمل‌ونقل عمومی شهر تهران و محدودیت بودجهٔ شهرداری تهران در نوسازی سیستم حمل‌ونقل عمومی شهری، سیاست‌گذاری‌های آینده در سیستم حمل‌ونقل عمومی شهری کلان‌شهر تهران باید با تکیه بر ظرفیت موجود و عمدتاً بر اساس توزیع مسافران حمل‌ونقل عمومی شهری بین انواع وسایل حمل‌ونقل عمومی شهری انجام شود [۸]. با این‌وجود، هنوز مطالعه‌ای در کشور ایران و در کلان‌شهر تهران انجام نشده است که اثر شوک‌های قیمتی بنزین و قیمت کرایه را بر واکنش رفتاری مسافران در کاربری انواع وسایل حمل‌ونقل عمومی بررسی کند. این مسئله می‌تواند کاربردی ویژه و نقش چشمگیری در پاسخ‌گویی به انتقال مسافران بین وسایل حمل‌ونقل عمومی شهری شامل مترو، بی.آر.تی و اتوبوس و بهره‌گیری مؤثر از ظرفیت کنونی سیستم حمل‌ونقل عمومی در زمان وقوع شوک‌های قیمت بنزین و تغییرات قیمت کرایه داشته باشد. بر همین اساس، هدف این مطالعه بررسی نقش شوک قیمتی بنزین و کرایه بر واکنش رفتاری مسافران کلان‌شهر تهران در استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی (مترو، بی.آر.تی و اتوبوس) طی دورهٔ زمانی ۱۳۸۷-۱۳۹۸ با استفاده از داده‌های ماهانه و به روش خودرگرسیون برداری جامع (GVAR: Global Vector Autoregressive Regression) بوده است. به بیان دیگر، این مطالعه به دنبال آن است تا به این سؤال‌ها پاسخ دهد:

۱- وقوع یک شوک مثبت در قیمت بنزین، چه تأثیری بر تقاضای انواع وسایل حمل‌ونقل عمومی (مترو، بی.آر.تی و اتوبوس) در کلان‌شهر تهران دارد؟

۲- وقوع یک شوک مثبت در قیمت کرایه هر یک از انواع وسایل حمل‌ونقل عمومی (مترو، بی.آر.تی و اتوبوس)، چه تأثیری بر تقاضای سایر وسایل حمل‌ونقل عمومی در کلان‌شهر تهران دارد؟

پیشینهٔ تحقیق

حمل‌ونقل عمومی (Public Transport) به صورت تسهیم وسایل حمل‌ونقل با ظرفیت زیاد در مسیرهای مشخص و با برنامهٔ مشخص تعریف می‌شود. در جهان امروز حمل‌ونقل عمومی را باید ستون فقرات سیستم حمل‌ونقل شهری در کلان‌شهرها دانست. باید توجه داشت که در جهان آینده این امکان وجود ندارد که تقاضا برای جابه‌جایی و حمل‌ونقل به طور کامل خصوصی باشد؛ زیرا امکان پیشگیری از مسائلی مانند ازدحام خودروهای شخصی و هزینه‌های فضایی، مکانی و پولی مربوط به نگهداری وسایل نقلیهٔ شخصی در محیط‌های شهری بسیار زیاد است. به بیان دیگر، هرچند این احتمال وجود دارد که ظاهر فرایند حمل‌ونقل عمومی طی زمان و با پیشرفت فناوری با تغییراتی همراه باشد؛ اما برنامه‌ریزی مربوط به ایجاد هماهنگی بین مسافران وسایل حمل‌ونقل عمومی با ظرفیت زیاد و عرضه‌کنندگان آن‌ها همچنان مسئله‌ای چالش‌برانگیز برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان شهری و منطقه‌ای است [۹]. حمل‌ونقل عمومی را می‌توان به صورت هر یک از انواع وسایل حمل‌ونقل در دسترس برای اجاره با پرداخت بهای آن تعریف کرد [۱۰]. به بیان دیگر، هر شکلی از حمل‌ونقل در دسترس برای عموم مردم دربردارندهٔ حمل‌ونقل عمومی است که می‌تواند خدمات حمل‌ونقل بار و مسافر به‌جز خدمات حمل‌ونقل به حساب فردی (که در آن یک شرکت کالاهای متعلق به خود را حمل می‌کند) شامل شود. در عمل، حمل‌ونقل عمومی معمولاً به حمل‌ونقل مسافران از مسیرهای زمینی به‌ویژه خدمات ریلی و اتوبوس اشاره می‌کند. وجود شبکهٔ حمل‌ونقل عمومی کارا یکی از عوامل اصلی و ضروری برای توسعهٔ اجتماعی-اقتصادی شهرها به شمار می‌رود. در واقع، سیستم حمل‌ونقل عمومی شهری به عنوان «شریان‌های حیاتی» یک شهر در نظر گرفته می‌شوند [۱۱].

وسایل چندگانهٔ حمل‌ونقل عمومی

وسایل چندگانه (Multimodality) حمل‌ونقل عمومی شهری به‌عنوان کاربری بیش از یک نوع حمل‌ونقل عمومی شهری طی یک دورهٔ زمانی خاص تعریف می‌شود [۱۲]. در مقابل حمل‌ونقل تک‌گانه (Monomodality) به صورت استفاده از یک وسیلهٔ حمل‌ونقل عمومی شهری به‌تنهایی در یک دورهٔ زمانی خاص تعریف می‌شود. بهره‌گیری از انواع وسایل چندگانهٔ حمل‌ونقل در حال تبدیل شدن به یکی از سازوکارهای مهم برای کاهش وابستگی به خودرو و افزایش پایداری در سیستم‌های حمل‌ونقل است که می‌تواند بخشی از سفرهای شهری انجام‌شده را به سایر انواع حمل‌ونقل عمومی شهری انتقال دهد [۱۳ و ۱۴]. شورای پژوهش حمل‌ونقل (Transportation Research Board: 2012) وسایل چندگانه حمل‌ونقل عمومی شهری را به عنوان یکی از بخش‌های اساسی در «رشد هوشمند» شهری منظور می‌کند. همچنین، وسایل چندگانهٔ حمل‌ونقل به عنوان بخش مهمی از مقاومت‌پذیری سیستم حمل‌ونقل شهری در برابر تکانه‌های خارجی به سیستم حمل‌ونقل عمومی شناخته می‌شود [۱۵]. سیاست‌های عمومی با هدف ارتقای استفاده از وسایل نقلیهٔ عمومی به عنوان وسیله‌ای برای کاهش ترافیک و آلودگی باید تصویری جذاب‌تر از بازارها ایجاد کند تا این نوع حمل‌ونقل رقابتی‌تر از وسایل نقلیهٔ شخصی باشد [۱۶].

تأثیر قیمت بنزین بر تقاضا برای وسایل حمل‌ونقل عمومی

افزایش قیمت بنزین می‌تواند باعث شود که مردم رفتار خود را نسبت به هزینه‌های حمل‌ونقل تعدیل کنند. یکی از گزینه‌های پیش روی افراد برای کاهش مصرف بنزین، استفاده از سیستم حمل‌ونقل عمومی است. به همین دلیل نوسانات قیمت بنزین می‌تواند مسافران برای حمل‌ونقل عمومی را تحت تأثیر قرار دهد [۱۷]. افزایش قیمت بنزین می‌تواند روی هزینهٔ کاربری وسایل حمل‌ونقل عمومی و خصوصی اثرگذار باشد. از یک‌سو، افزایش در قیمت بنزین می‌تواند باعث افزایش قیمت کرایهٔ وسایل حمل‌ونقل عمومی شود. از سوی دیگر، افزایش در قیمت بنزین هزینهٔ کاربری خصوصی وسایل نقلیه را افزایش می‌دهد؛ بنابراین چگونگی اثر افزایش قیمت بنزین بر حمل‌ونقل عمومی به این موضوع بستگی دارد که کدام‌یک از دو اثر یادشده قوی‌تر است. برخی از مطالعات بیان می‌کنند که قیمت بنزین از نظر آماری اثر معناداری بر سواری وسایل حمل‌ونقل ندارد و از سوی دیگر، بسیاری از مطالعات تأکید می‌کنند که افزایش قیمت بنزین می‌تواند به شکل مثبت و معناداری افراد را تشویق به استفاده از سیستم حمل‌ونقل عمومی کند و مسافران حمل‌ونقل عمومی را به شکل چشمگیری افزایش دهد [۱۸ و ۱۹].

کشش مسافران حمل‌ونقل نسبت به قیمت بنزین یکی از پارامترهای مهم در زمینهٔ مسافران حمل‌ونقل به شمار می‌رود. بسیاری از پژوهش‌ها نشان می‌دهند کشش مسافران حمل‌ونقل نسبت به قیمت بنزین مثبت است [۲۰]. افزون بر این، مطالعات پیشین نشان می‌دهند واکنش حمل‌ونقل عمومی نسبت به تغییرات قیمت بنزین بین انواع وسایل حمل‌ونقل عمومی شهری در کشورهای مختلف متفاوت است [۱۷]. فوجی‌ساکی (Fujisaki, 2015) نتیجه گرفت که اثر قیمت بنزین بر مسافران حمل‌ونقل عمومی در مناطق کلان‌شهر و غیر کلان‌شهر با یکدیگر متفاوت است [۱۹]. ماتسون (Mattson, 2008) نشان داد قیمت بنزین ممکن است به شکل یکسانی بر شرکت‌های حمل‌ونقل عمومی اثر نگذارد. به عنوان مثال، اتوبوس‌های فعال در بخش حمل‌ونقل عمومی شهری که مسیرهای طولانی‌تری را می‌پیمایند، ممکن است نسبت به اتوبوس‌هایی که دامنهٔ عملیاتی آن‌ها مسیرهای کوتاه‌تری را در بر می‌گیرد، به شکل متفاوتی از تغییر قیمت بنزین اثر بپذیرند [۲۱]. لیتمن (Litman, 2004) بیان کرده که معمولاً اتوبوس و مترو به دلیل داشتن بازارهای متفاوت کشش‌های حمل‌ونقل متفاوتی نسبت به قیمت بنزین دارند [۲۲]. نوواک و سویج (Nowak and Savage, 2013) دریافتند که کشش متقاطع بین وسایل حمل‌ونقل عمومی و قیمت بنزین در زمان افزایش قیمت بنزین بزرگ‌تر

می‌شود [۲۳].

تأثیر قیمت کرایه بر مسافران وسایل حمل‌ونقل عمومی

قیمت حمل‌ونقل عمومی شهری در نقاط مختلف جهان بسیار متفاوت است. ارائهٔ حمل‌ونقل عمومی شهری به‌صرفه با طیف وسیعی از مسائل از جمله توسعهٔ شهری، مقررات تراکم، مسائل زیست‌محیطی و همچنین، ایده‌های عادلانه و ایجاد یک سطح تحرک اساسی برای همه مرتبط است. در حالی که در بسیاری از کشورهای در حال توسعه کرایه پایین نگه داشته می‌شود تا افراد با سابقهٔ مالی متنوع بتوانند آن را بپردازند، در کشورهای دیگر این ایده که استفاده‌کنندگان از وسایل نقلیهٔ عمومی باید هزینه‌هایی را که سفر آن‌ها ایجاد می‌کند، بپردازند منجر به افزایش قیمت قابل توجهی می‌شود. گزارش اخیر مقامات حمل‌ونقل شهری اروپا نیز توضیح می‌دهد که تعریف نرخ بلیت در شهرها و مقامات حمل‌ونقل متفاوت است [۲۴].

مک‌فادن (McFadden, 1974) نشان داد قیمت می‌تواند روی تقاضای سفر اثرگذار باشد. برای خودروهای شخصی زمانی که هزینهٔ استفاده از خودرو کاهش پیدا می‌کند، تقاضای سفر افزایش می‌یابد [۲۵]. همچنین، تقاضا برای سفر در زمان افزایش درآمد، هزینه‌ها و زمان انتظار برای وسایل حمل‌ونقل عمومی افزایش می‌یابد. به همین شکل، تقاضا برای سفر در زمان افزایش هزینهٔ کاربران برای خودرو افزایش یافته و در زمان کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل عمومی افزایش می‌یابد [۲۶]. برسون و دیگران (Bresson, 2004) نشان دادند در زمینهٔ حمل‌ونقل عمومی کشش مسافران حمل‌ونقل عمومی نسبت به قیمت سوخت مقداری مثبت است [۲۷]. البته، این کشش از نظر مقداری کمتر از کشش تقاضا برای تغییر کرایه است. این مسئله باعث شد که پژوهشگران به قضاوت در این زمینه بپردازند و بیان کردند که کاهش نرخ کرایه می‌تواند نقش قابل توجهی در افزایش کاربری حمل‌ونقل عمومی داشته باشد [۲۸].

کرایه‌ها برای تأمین خدمات حمل‌ونقل عمومی ضروری هستند؛ زیرا منبع اصلی درآمد را برای اپراتورها ایجاد می‌کنند. اثرات کرایه‌ها در حمایت از حمل‌ونقل عمومی به‌راحتی قابل مشاهده است. به طور کلی، اگر کرایه‌ها افزایش یابد، تقاضا برای حمل‌ونقل عمومی کاهش می‌یابد. تغییرات قیمت کرایه‌ها متغیرهایی هستند که مستقیم‌ترین و قدرتمندترین تأثیر را در حمایت از آن‌ها دارند [۲۷].

شهر تهران بزرگ‌ترین کلان‌شهر در کشور ایران و در خاورمیانه به شمار می‌رود. طبق آخرین آمار سال ۱۳۹۸ سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران، جمعیت کلان‌شهر تهران ۹/۳ میلیون نفر و طی روز به ۱۵ میلیون می‌رسد. مساحت کلان‌شهر تهران ۷۵۱۰۰ هکتار و دارای ۲۲ منطقه و تراکم جمعیت ۱۲۳/۸ نفر در هکتار است [۲۹]. در حال حاضر، نرخ سفر در کلان‌شهر تهران نزدیک به ۱۵ میلیون سفر سواره در هر روز است و این مسئله باعث پدید آمدن مشکلات گستردهٔ دیگری در کلان‌شهر تهران خواهد شد. روزانه بیش از ۱۲ میلیون لیتر بنزین توسط خودروها در کلان‌شهر تهران مصرف می‌شود که این موضوع آلودگی چشمگیر و کاهش زیان‌های گسترده به سلامت شهروندان را در پی داشته است. در حال حاضر، سرانهٔ مالکیت خودرو در کلان‌شهر تهران ۰/۳ بر نفر و در این شهر حدود ۴/۲ میلیون خودروی شماره‌گذاری‌شده وجود دارد [۳۰]. با توجه به نتایج حاصل از پژوهش‌ها دو مسئلهٔ ترافیک و آلودگی هوای ناشی از آن با اختلاف چشمگیری نسبت به سایر چالش‌های شهری در اولویت قرار می‌گیرند. یکی از راه‌های اصلی در مدیریت ترافیک و آلودگی توجه به سیستم حمل‌ونقل عمومی و زیرساخت‌های آن در کلان‌شهر تهران به عنوان یکی از شریان‌های اصلی مدیریت تقاضای سفر و اقتصاد شهری در کلان‌شهر تهران است. بر همین اساس، آلودگی هوای ناشی از حمل‌ونقل و ترافیک و همچنین، ناکارآمدی سیستم حمل‌ونقل عمومی در برنامهٔ پنج‌سالهٔ سوم کلان‌شهر تهران به عنوان دو اولویت اصلی برنامه‌ریزان به شمار می‌رود [۳۱].

مطالعات انجام‌شده

در این بخش مطالعات انجام‌شده شامل مطالعات داخلی و مطالعات خارجی بررسی می‌شود. برای این منظور، مطالعات مرتبط به موضوع پژوهش به‌ویژه در زمینهٔ بررسی اثرات قیمت بنزین و کرایه بر رفتار کاربران در بخش‌های مختلف سیستم حمل‌ونقل عمومی شهری بررسی شده‌اند.

الف) مطالعات داخلی

ذوقی و همکاران (۱۳۹۰) به مدل‌سازی کرایهٔ حمل‌ونقل در شبکهٔ حمل‌ونقل جاده‌ای با رویکرد افزایش قیمت سوخت طی دورهٔ زمانی ۱۳۸۶-۱۳۹۰ در شهرهای استان مازندران پرداختند. مطابق نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه‌وتحلیل داده‌های پژوهش در نرم‌افزار SPSS، به ازای یک درصد افزایش قیمت سوخت سهم تناژ بار در تعیین کرایه با رشدی ۶/۵ درصدی روبه‌رو شده است. افزون بر این، سهم هر یک از متغیرهای مدل شامل فاصلهٔ حمل، نوع کالا، هزینه‌ها، نوع جاده و قیمت سوخت برابر با ۳۲/۴۸، ۶۲/۵، ۱۲، ۲۵/۶۷، ۷۸/۹ درصد را نشان می‌دهد [۳۲].

سپهر و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی تأثیر سیاست‌های کرایه بر رفتار کاربران حمل‌ونقل عمومی در خط ۷ اتوبوس تندرو تهران پرداختند. در این پژوهش، دو ساختار شامل تغییر کرایه به مسافت و ساختار شامل زمان مبنا (افزایش کرایه در ساعت‌های اوج و کاهش کرایه در ساعت‌های غیر اوج) بر رفتار کاربران اتوبوس تندروی خط ۷ تهران بررسی شده است. این پژوهش به صورت میدانی و با استفاده از ابزار پرسشنامه و به کمک تکنیک رجحان بیان‌شده و روش لاجیت (Logit) چندگانه و آشیانه‌ای انجام شده است. مطابق نتایج مدل، طرح‌های یادشده اثر مثبتی بر کاهش ازدحام در سیستم حمل‌ونقل عمومی شهری داشته‌اند [۳۳].

ناظمی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی و مطالعهٔ تأثیر تغییرات نرخ کرایه‌ها بر رفتار مسافران مترو در کلان‌شهر تهران پرداختند. داده‌های این پژوهش دربردارندهٔ ترجیحات اظهارشده ۴۳۲ نفر از مسافران متروی کلان‌شهر تهران است که در ساعت ۶/۳۰ تا ۹ صبح از مترو استفاده کرده‌اند. در این پژوهش از مدل‌های انتخاب گسسته و مدل پروبیت استفاده شده و جمع‌آوری داده‌های پژوهش به صورت میدانی و با استفاده از ابزار پرسشنامه انجام شده است. مطابق نتایج، مسافرانی که از محل کار خود کمک‌هزینه برای رفت‌وآمد دریافت می‌کنند، مایل به دریافت تخفیف کرایه برای تغییر زمان سفر خود هستند. همچنین، بر اساس نتایج، مسافران دریافت پاداش (تخفیف کرایه) را در مقابل تنبیهات (افزایش کرایه) ترجیح می‌دهد [۳۴].

حسن‌پور و خضری (۱۳۹۸) به ارائهٔ مدل قیمت‌گذاری بهینهٔ خدمات اتوبوس‌های شهری در کلان‌شهر تهران پرداختند. در این پژوهش مدل‌های محاسبهٔ پولی برای اثر موهرینگ بررسی شده و مدل قیمت‌گذاری بهینهٔ خدمات اتوبوس‌های شهری ارائه شده است. مطابق نتایج، مدل قیمت‌گذاری بهینه با سیاست قیمت‌گذاری بلیت اتوبوس شهرداری تهران تفاوت چشمگیری دارد. افزون بر این، برآورد تجربی مدل نیز تفاوت معنادار بین قیمت‌های موجود و پرداخت یارانه را با مقادیر بهینهٔ به‌دست‌آمده از مدل نشان می‌دهد [۳۵].

تا کنون مطالعه‌ای در ایران انجام نشده است که به بررسی نقش شوک قیمتی بنزین و کرایه بر واکنش رفتاری مسافران کلان‌شهر تهران در استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی (مترو، بی.آر.تی و اتوبوس) با استفاده از روش خودرگرسیون برداری جامع (GVAR) پرداخته باشد. این مطالعه را می‌توان گامی نو در راستای ادبیات پژوهش در ایران و به‌ویژه در سیستم حمل‌ونقل عمومی شهر تهران به شمار آورد.

ب) مطالعات خارجی

استور و بای (Stover and Bae, 2011) به بررسی اثرات قیمت بنزین بر سواری وسایل حمل‌ونقل عمومی در ایالت واشنگتن کشور آمریکا پرداختند.

این مطالعه با اندازه‌گیری کشش تقاضای سواری وسایل حمل‌ونقل عمومی نسبت به قیمت بنزین انجام طی دورهٔ زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸ با استفاده روش حداقل مربعات معمولی و روش داده‌های ترکیبی (Panel Data) انجام شده است. نتایج مطالعه نشان داد قیمت بنزین اثرات معناداری بر سواری وسایل حمل‌ونقل عمومی در هفت سیستم حمل‌ونقل ایالت واشنگتن داشته است و دامنهٔ کشش‌های محاسباتی از ۰/۰۹ تا ۰/۴۷ بوده است. مطابق نتایج با افزایش قیمت بنزین سواری وسایل حمل‌ونقل عمومی افزایش می‌یابد [۳۶].

چیانگ و همکاران (Chiang, 2011) به پیش‌بینی میزان سواری وسایل حمل‌ونقل عمومی در کلان‌شهرهای توسلا (Tusla) پس از تغییر قیمت سوخت پرداختند. در این مطالعه از مدل‌های مختلف پیش‌بینی شامل مدل‌های رگرسیونی تصحیح خطا (Error Correction)، شبکه‌های عصبی (Neural Network) و مدل‌های آریما (ARIMA) استفاده شده است. در نهایت، تحلیل سناریو برای ارزیابی اثرات سیاست‌گذاری‌های حمل‌ونقل عمومی بر سواری وسایل در سیستم حمل‌ونقل عمومی طی دورهٔ بلندمدت انجام شده است. مطابق نتایج، ترکیب ساده این روش‌ها می‌تواند پیش‌بینی دقیق‌تری را برای هر یک از این مدل‌ها به صورت جداگانه پدید آورد [۳۷].

لین (Lane, 2012) به تحلیل و بررسی سری زمانی قیمت‌های بنزین و اثرات آن بر سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی در کلان‌شهرهای ایالات متحدهٔ آمریکا طی دورهٔ زمانی ۲۰۰۲-۲۰۰۹ با استفاده از داده‌های ماهانه پرداختند. این مطالعه برای ۳۳ کلان‌شهر در ایالات متحدهٔ آمریکا و به کمک روش رگرسیون سری زمانی انجام شده است. مطابق نتایج این مطالعه، بخش بسیار کوچک اما معناداری از سواری در سیستم حمل‌ونقل عمومی این کلان‌شهرها به افزایش قیمت بنزین وابسته بوده است. بر اساس نتایج این مطالعه، به ازای هر ۱۰ درصد افزایش در قیمت بنزین به ۴ درصد افزایش در سواری اتوبوس و ۸ درصد افزایش در سواری ریلی از سوی مسافران منجر می‌شود [۱۸].

نواک و سوج (Nowak and Savage, 2013) در مطالعه‌ای کشش‌های متقاطع بین قیمت‌های بنزین و استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی در شهر شیکاگو در کشور آمریکا را طی دورهٔ زمانی ۱۹۹۹ـ ۲۰۱۰ به‌صورت ماهانه محاسبه کردند. در این مطالعه برآوردهای جداگانه‌ای برای هر یک از وسایل حمل‌ونقل عمومی شامل اتوبوس شهری، قطارهای سنگین، قطارهای مسافری و اتوبوس‌های حاضر در حومهٔ شهر انجام شده است. مطابق نتایج، کشش‌های متقاطع، زمانی که قیمت گاز کمتر از ۳ دلار برای هر گالن است، مقداری کمتر از ۰/۰۵ دارند. زمانی که قیمت گاز به بیشتر از ۳ دلار می‌رسد، مقدار این کشش‌ها عددی بین ۰/۱۲-۰/۱۴ خواهد بود. مقادیر محاسبه‌شده برای این کشش‌ها بزرگ‌تر از مقادیر محاسبه‌شده طی دورهٔ بحران نفتی دههٔ ۱۹۷۰ بوده است [۲۳].

چائو و همکاران (Chao, 2015) به مطالعهٔ اثرات نامتقارن قیمت‌های بنزین بر میزان استفاده از سیستم حمل‌ونقل عمومی در کشور تایوان طی دورهٔ زمانی ۱۹۹۹ـ ۲۰۱۴ به کمک آزمون هم‌جمعی خطی (Linear Co-integration Test) پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد قیمت بنزین اثرات مثبتی بر حمل‌ونقل تندروی انبوه (MRT) و سواری اتوبوس دارد. همچنین، سواری در سیستم حمل‌ونقل تندرو در مقایسه با سواری اتوبوس و حمل‌ونقل ریلی، حساسیت بیشتری نسبت به تغییرات قیمت بنزین و درآمد دارد و این سیستم اولویت بیشتری برای شهروندان در زمان تصمیم‌گیری برای استفاده از حمل‌ونقل عمومی خواهد داشت [۱۷].

کای (Ky, 2016) به بررسی اثر تغییرات در قیمت‌های سوخت بر رفتار سوار شدن اتوبوس در شهرهای دوقلو طی دورهٔ زمانی ۲۰۰۲-۲۰۰۸ پرداخت. این مطالعه با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی (Ordinary Least Square) و برآوردگر خودرگرسیون میانگین متحرک ادغام‌شده (Autoregressive Integrated Moving Average) انجام شده است. مطابق نتایج این پژوهش، کشش قیمتی متقاطع برای اتوبوس‌های تندرو و اتوبوس‌های محلی نسبت به قیمت بنزین به‌ترتیب برابر با ۰/۱۳۹ و ۰/۲۲۰ بوده است [۳۸].

آقا و همکاران (Agha, 2019) به بررسی اثرات قیمت سوخت بر حمل‌ونقل درون‌شهری با استفاده از رویکرد پویایی سیستم و شبیه‌سازی در کشور ایران پرداختند. این مطالعه با هدف بررسی اثرات قیمت سوخت بر حجم ترافیک جاده‌های درون‌شهری انجام شده است. مدل پیشنهادشده در این پژوهش دربردارندهٔ تعاملات داخلی و روابط پدیدآمده در سیستم حمل‌ونقل درون‌شهری است. نتایج حاصل از تحلیل حساسیت در این مطالعه در قالب چهار سناریوی ۵، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد طی دوره‌های پنج‌ساله، ده‌ساله و بیست‌ساله بررسی شده است که به عنوان دوره‌های کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت شناخته می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده از فرایند شبیه‌سازی نشان داد با افزایش نرخ‌های قیمت بنزین ترافیک تجاری در جاده‌های درون‌شهری به صورت خطی افزایش می‌یابند و قیمت بنزین می‌تواند اثرات معناداری بر حضور وسایل حمل‌ونقل در جاده‌های درون‌شهری داشته باشد. مطابق نتایج این پژوهش، مقامات سیاست‌گذار که به دنبال تعیین قیمت سوخت هستند باید توجه ویژه‌ای به این اثرات داشته باشند [۳۹].

گازمن و همکاران (Guzman, 2021) به بررسی کشش‌های کرایه‌های BRT با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده از کارت‌های هوشمند با بهره‌گیری از تفاضلات فضایی و زمانی در هر روز پرداخته‌اند. این پژوهش با استفاده از داده‌های ۹ سالهٔ به‌دست‌آمده در شهر بوگوتا (Bogota) انجام شده است. برای برآورد کشش کرایه با توجه به ناهمگونی اقتصادی اجتماعی کاربران از الگوریتم خوشه‌ای بر اساس پروفایل‌های تقاضای هر ایستگاه استفاده شده است. مطابق نتایج، تفاوت آماری معناداری بین کشش‌های سه خوشهٔ تعریف‌شده وجود داشته است. این نتایج نشان داد کرایهٔ سیستم BRT دارای اثرات متفاوتی روی کاربران سیستم مترو است که این مسائل باید هنگام برنامه‌ریزی برای سیستم حمل‌ونقل در نظر گرفته شود [۴۰].

مروری بر مطالعات انجام‌شده در حوزهٔ حمل‌ونقل شهری نشان می‌دهد به خلاف اهمیت اساسی بررسی نقش شوک قیمتی بنزین و کرایه بر واکنش رفتاری مسافران در استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی (مترو، بی.آر.تی و اتوبوس) در ایران و به‌ویژه در کلان‌شهر تهران برای کنترل و مدیریت تقاضای حمل‌ونقل عمومی شهری، تا کنون اثرات انتقال تقاضای حمل و عمومی بین هر یک از وسایل حمل‌ونقل عمومی کلان‌شهر تهران را با نگرش اقتصاد شهری کمتر مورد توجه قرار داده‌اند. این مطالعه در رویکردی نو می‌تواند شکاف موجود در مطالعات اقتصاد شهری در این زمینه برای کلان‌شهر تهران را پوشش دهد. افزون بر این، این مطالعه به شکل خاص به بررسی اثر هر یک از شوک‌های واردشده بر اجزای تقاضای حمل‌ونقل عمومی شهری می‌پردازد و مکانیسم انتقال این شوک‌ها به سایر وسایل حمل‌ونقل عمومی و همچنین، اثر هر یک از شوک‌های واردشده بر اجزای تقاضا را برای هر یک از وسایل حمل‌ونقل به صورت خاص تحلیل می‌کند. به بیان دیگر، این مطالعه می‌تواند در نگرشی نو، اثرات و ماندگاری تغییر در هر یک از عوامل تعیین‌کننده تقاضای وسایل حمل‌ونقل عمومی شهری کلان‌شهر تهران بر اثر وقوع شوک‌هایی مانند قیمت بنزین یا تغییر قیمت کرایه را بر هر یک از وسایل حمل‌ونقل به صورت ویژه و در قالب مدل‌های کمّی تعیین کند که این مسئله تا کنون مورد توجه قرار نگرفته است.

مدل خود توضیح برداری جامع (GVAR)

اولین گام در برآورد الگوی GVAR، فرمول‌بندی هر یک از روابط فردی برای مدل *VARX (خودرگرسیون برداری همراه با برون‌زایی) برای هر یک از وسایل حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری است. چودیک و پسران (Chudik, Pesaran, 2016) یک روش‌شناسی عمومی را برای مدل‌سازی در رویکرد GVAR ارائه می‌دهند. در این رویکرد فرض می‌شود که تعداد N+۱ وسیلهٔ حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری وجود دارد که i=۰,۱,۲,…,N. بردار مورد نظر که با حرف x نشان داده می‌شود، مجموعه متغیرهای خاص برای هر یک از وسایل حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری است که با حرف i و طی دورهٔ زمانی t=۰,۱,۲,…,T بررسی می‌شود [۴۱]. بر اساس مطالعهٔ دی‌مائورو و پسران (Di Mauro and Pesaran, 2013) می‌توان برای نمونه یک مدل کلی *VARX

(۲،۲) را به صورت رابطهٔ ۱ نوشت:

(۱)

$$x_{it} = a_{i0} + a_{i1}t + \Phi_{i1}x_{i,t-1} + \Phi_{i2}x_{i,t-2} + \Lambda_{i0}x^*_{it} + \Lambda_{i0}x^*_{it-1} + \Lambda_{i2}x^*_{it-2} + u_{it}$$

مطابق رابطهٔ ۱، x_{it} برداری با ابعاد $k_i \times 1$ از متغیرهای مربوط به کشور iام در زمان t؛ x^*_{it} برداری با ابعاد $k^*_i \times 1$ از متغیرهای خارجی مربوط به کشور iام در زمان t و u_{it} یک فرایند ناهمبستهٔ سریالی و وابستهٔ ضعیف به صورت مقطعی است [۴۲]. سایر پارامترهای موجود در مدل شبیه به مدل VAR نرمال است که در مدل‌های اقتصادی تفسیر می‌شود. باید توجه داشت که x^*_{it} برداری است که متغیرهای خارجی خاص مربوط به متغیرهای داخلی را از طریق یک ماتریس وزن محاسبه می‌کند. به صورت ریاضی ماتریس x^*_{it} را می‌توان به شکل رابطهٔ ۲ تعریف کرد:

$$x^*_{it} = \sum_{j=0}^{N} w_{it}x_{jt} \qquad (۲)$$

مطابق رابطهٔ ۲، w_{ij} که در آن i نشان‌دهندهٔ واحد داخلی و j نشان‌دهندهٔ واحد خارجی است، مجموعه‌ای از وزن‌هایی هستند که در آن $w_{ii}=0$ است و زمانی که همهٔ وزن‌های i و j ترکیب می‌شوند، مجموع آن‌ها برابر با عدد ۱ خواهد بود [۴۳]. باید اشاره کرد که مشابه چارچوب مدل‌های VAR نامقید، می‌توان مدل‌های VARX* را به شکل مدل‌های VECMX* و در قالب مدل‌های تصحیح خطا بازنویسی کرد که در آن امکان مجزا کردن اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت وجود داشته باشد. در واقع، در این مدل‌ها روابط بلندمدت را می‌توان به صورت روابط هم‌جمعی در نظر گرفت. به طور مشخص، تعداد کل روابط هم جمعی و سرعت تعدیل برای هر کشور می‌تواند مفهومی اقتصادی داشته باشد. الگوی تصحیح خطای VARX* برای کشور i در زمان t که با نام VECMX* مشخص می‌شود، به صورت رابطهٔ ۳ قابل نوشتن است:

$$\Delta x_{it} = c_{i0} - \alpha_i\beta'_i(z_{i,t-1} - \gamma_i(t-1)) + \Lambda_{i0}\Delta x^*_{it} + \Gamma_i\Delta z_{i,t-1} + u_{it} \qquad (۳)$$

مشابه با مدل‌های VECM متعارف، در الگوی VECMX* نیز امکان پدید آمدن هم‌جمعی بین مقادیر x_it و همچنین، بین مقادیر x_{it} و x^*_{it} و به دنبال آن بین مقادیر x_{it} و x_{jt} برای i≠j وجود دارد. در این شرایط الگوی VECMX* به صورت جداگانه برای هر کشور بسته به اینکه متغیرها برون‌زای ضعیف یا هم‌جمع از مرتبهٔ ۱ (I(۱)) باشند، برآورد می‌شود. بر همین اساس، می‌توان تعداد روابط هم‌جمعی (r_i)، سرعت تعدیل ضرایب (a_i) و تعداد بردارهای هم‌جمعی (β_i) را به دست آورد [۴۲].

توابع ضربه – واکنش

مهم‌ترین کاربرد مدل‌های VAR برای تحلیل‌های پویا بهره‌گیری از توابع ضربه – واکنش (Impulse Response Function) و همچنین، تجزیهٔ واریانس است. به طور مشخص، توابع ضربهٔ واکنش به محاسبهٔ اثرات تکانه‌ها روی مسیر متغیرهای انتخاب‌شده می‌پردازند. به بیان دیگر، توابع ضربه واکنش بیان می‌کنند که پس از وقوع یک تکانه طی زمان برای یک متغیر خاص چه اتفاقی می‌افتد. هرچند، زمانی که بیش از یک متغیر در یک سیستم وجود داشته باشد، تعیین این مسئله که تکانه‌ها از کجا وارد شده‌اند، دشوار خواهد بود که از این موضوع با عنوان مشکل شناسایی تکانه (Identification Problem) یاد می‌شود. مشکل شناسایی تکانه زمانی بسیار پیچیده‌تر می‌شود که تکانه‌های پدیدآمده همبستگی داشته باشند [۴۳]. برای حل مشکل شناسایی تکانه بسیاری از مطالعات مانند [۴۴] پیشنهاد می‌کنند تا از رویکرد توابع ضربه واکنش تعمیم‌یافته (GRIF) استفاده شود که [۴۵] و [۴۶] معرفی شده است.

با استفاده از تعریف توابع ضربه واکنش تعمیم‌یافته می‌توان این تابع را فقط برای یک واحد مورد بررسی به صورت رابطهٔ ۴ نوشت:

$$g_{\epsilon j}(h) = E(X_{t+h}\backslash\epsilon_{jt} = \sqrt{\sigma_{jj}, I_{t-1}) - E(X_{t+h}\backslash I_{t-1})} = \frac{R_h G_0^{-1}\sum e_j}{\sqrt{e'_j\sum e_j}} \qquad (۴)$$

مطابق رابطهٔ ۴، تابع ضربه واکنش تعمیم‌یافته (GRIF) به صورت برداری با اندازهٔ k×۱ به‌صورت $g_{\epsilon j}(h)$ تعریف می‌شود. در این رابطه h نشان‌دهندهٔ دورهٔ زمانی، j بیانگر واحد اقتصادی مورد بررسی است. همچنین، E (%) امید ریاضی شرطی با توجه به مدل VAR را نشان می‌دهد که به صورت برداری از x_t در دورهٔ h روی تکانهٔ E_{jt} برای واحد اقتصادی j در زمان t تعریف می‌شود. مدل بیان‌شده در رابطهٔ ۴ برای یک واحد اقتصادی به‌تنهایی بود؛ در حالی که می‌توان این فرمول‌نویسی را برای تکانه‌های جامع و منطقه‌ای نیز با استفاده از رابطهٔ ۵ تعریف کرد:

(۵)

$$g_m(h) = E(x_{t+h}\backslash\epsilon^g_{m,t} = \sqrt{m'\sum m, I_{t-1})} - E(X_{t+h}\backslash I_{t-1}) = \frac{R_h G_0^{-1}\sum m}{\sqrt{m'\sum m}}$$

مطابق رابطهٔ ۵، تکانهٔ مربوط به یک واحد اقتصادی به‌تنهایی یعنی (ϵ_{jt}) با $\epsilon^g_{m,t}$ جایگزین شده است که در آن m برداری از وزن‌های مربوط به مدل جامع یا منطقه‌ای است. در این رابطه می‌توان وزن‌های تعیین‌شده را بر اساس هدف تغییر داد [۴۷].

مدل پژوهش

در این مطالعه از مدل پژوهش [۴۸] برای بررسی نقش شوک قیمتی بنزین و کرایه بر واکنش رفتاری مسافران کلان‌شهر تهران در استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی (مترو، بی.آر.تی و اتوبوس) کمک گرفته شده است. پیاده‌سازی رویکرد GVAR شامل دو مرحلهٔ اصلی است. در مرحلهٔ اول، الگوی خودتوضیح برداری با متغیرهای برون‌زا (VARX) ساخته می‌شود که در آن متغیرهای جامع به صورت متغیرهای برون‌زا در نظر گرفته می‌شوند. پس از ساخت هر الگوی خودتوضیح برداری (VARX)، برآوردهای مربوط به هر یک از این الگوها با ایجاد پیوند بین این الگوها و به دست آوردن الگوی (GVAR) محاسبه می‌شود. الگوی پیشنهادی برای هر نوع وسیلهٔ حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری به صورت رابطهٔ است:

$$x_{it} = a_{i0} + \Phi_{ip}\,x_{it-p} + \Lambda_{i0}\,x^*_{it} + \Lambda_{iq}\,x^*_{it-q} + a_{i1}G_t + u_{it} \qquad (۶)$$

در این مطالعه، الگوی GVAR از سه نوع وسیلهٔ حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری اصلی در کلان‌شهر تهران یعنی مترو، بی.آر.تی و اتوبوس تشکیل می‌شود. هر نوع حمل‌ونقل عمومی i=۱،۲،۳ به‌نوبهٔ خود از یک الگوی خودتوضیح برداری (VARX) پیروی می‌کند که به یک بردار ۱×۲ از متغیرهای جامع به صورت (G^T=(P,PETROL تعمیم می‌یابد. بردار متغیرهای جامع شامل (P) بردار قیمت‌های کرایه وسایل حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری کلان‌شهر تهران و (PETROL) بردار قیمت بنزین است و متغیر T حمل‌ونقل عمومی را نشان می‌دهد. متغیر درون‌زای x_{it} برای هر نوع حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری i نشان‌دهندهٔ مسافران هر یک از انواع وسایل حمل‌ونقل عمومی (D) است. متغیرهای خارجی (Foreign Variable) x^*_{it} نشان‌دهندهٔ میانگین وزنی سایر مقادیر متغیرهای حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری است. مطابق رابطهٔ ۲، مسافران هر نوع حمل‌ونقل به وضعیت مسافران در سایر وسایل در مقایسه با نوع وسیلهٔ مورد بررسی بستگی دارد که توسط ماتریس وزنی (Weight Matrix) محاسبه می‌شود.

در نهایت، می‌توان به معادلهٔ ۷ برای بررسی شوک‌های ایجادشده در قیمت بنزین و کرایه و نقش آن‌ها در مسافران انواع حمل‌ونقل عمومی کلان‌شهر تهران دست یافت:

(۷)

$$(\Delta D_{i,t}) = a_{i,0} + \Phi_{ip}(\Delta D_{i,t-q}) + \Lambda_{i0}\,(\Delta D^*_{i,t}) + \Lambda_{iq}\,(\Delta D^*_{i,t-q}) + A_i\left(\frac{\Delta FUEL_t}{\Delta p_{i,t}}\right) + ECM + u_i$$

مطابـق رابطـهٔ ۷، Δ عملگر تفاضل مرتبـهٔ اول، i = {مترو، بی.آر.تـی و اتوبوس}، a_{i0} بـرداری از مقادیـر ثابت عـرض از مبـدأ، Φ_{ip} ماتریس چندجمله‌ای وقفـهٔ مربوط به ضرایـب متغیرهـای درون‌زا بـا مقدار p=۲ اسـت. Λ_{i0} بـرداری از ضرایب متغیرهای خارجـی، Λ_{iq} ماتریـس ضرایـب چندجملـه‌ای وقفـه بـرای متغیرهـای خارجـی، A_i بـرداری از ضرایـب متغیرهـای خارجی خواهد بـود. همچنین ECM عبـارت مربوط بـه مکانیسـم تصحیـح خطای برآورد شـده را نشـان می‌دهـد کـه در آن u_i بیانگر شـوک‌های منحصربه‌فـردی بـا میانگیـن خـاص و نـا همبسـته به‌صورت سـریالی اسـت کـه فـرض می‌شـود شـوک‌هایی بـا میانگیـن صفـر و ماتریـس واریانـس – کواریانس ∑i خواهد بود که در آن u_it~i.i.d (0,σ^2) است و می‌توان نوشت:

$$x_{i,t} = (\Delta D_{i,t})$$
$$x^*_{i,t} = (\Delta D^*_{i,t-q})$$
$$G^T_t = (\Delta FUEL_t, \Delta p_{i,t}) \quad (۸)$$

داده‌های پژوهش

در ایـن پژوهـش از داده‌هـای ثانویـه (پـس از وقـوع) اسـتفاده شـده کـه از منابـع اطلاعاتـی و آماری مانند آمارنامهٔ شـهر تهران، سـازمان حمل‌ونقل و ترافیک شـهر تهـران جمع‌آوری شـده اسـت. برآورد روش خودرگرسـیون بـرداری جامع (GVAR) و تجزیه‌وتحلیـل داده‌هـای پژوهـش با اسـتفاده از نرم‌افـزار متلب، طـی دورهٔ زمانی ۱۳۹۸-۱۳۸۷ و به صورت ماهانه انجام شده است.

یافته‌ها

بـرای بررسـی مانایـی، نوعـی آزمـون دیکـی فولـر تعمیم‌یافتـه بـا وزن متقـارن (Weighted Symmetric estimation of ADF) بـه کار گرفتـه شـده اسـت [۴۹]. در چارچـوب الگـوی GVAR با بررسـی رفتـار متغیرها طی زمان و اسـتفاده از آزمون‌هـای مانایـی، اگـر متغیرهـا I(۱) باشـند، می‌تـوان روابـط بلندمـدت را از کوتاه‌مـدت متمایـز کـرد. مطابق نتایـج آزمون‌های ریشـهٔ واحد جدول‌هـای ۱ و ۲، همـهٔ متغیرهـای داخلـی و خارجی در سـطح نامانا هسـتند و تفاضل مرتبـهٔ اول این متغیرهـا مانا شـده اسـت؛ بنابراین همهٔ متغیرهای الگو شـامل قیمـت بنزین، قیمت کرایـه متـرو، قیمـت کرایـه بی.آر.تـی و قیمت کرایـه اتوبوس، هـم انباشـته از نوع I(۱) هستند.

جدول ۱. آزمون ریشهٔ واحد دیکی فولر تعمیم‌یافته با وزن متقارن برای متغیرهای داخلی

	مقدار بحرانی	مترو	بی آر تی	اتوبوس
در سطح	-۲/۵۵	-۰/۴۰۸	-۰/۴۵۱	۰/۷۷۷
تفاضل مرتبهٔ اول	-۲/۵۵	-۳/۱۹۷	-۵/۲۰۴	-۵/۴۰۸

جدول ۲. آزمون ریشهٔ واحد دیکی فولر تعمیم‌یافته با وزن متقارن برای متغیرهای جامع

	مقدار بحرانی	قیمت بنزین	قیمت کرایه مترو	قیمت کرایه بی‌آرتی	قیمت کرایه اتوبوس
در سطح	-۲/۵۵	-۰/۲۲۶	۱/۱۵۹	۱/۱۲۷	۰/۵۷۵۶
تفاضل مرتبهٔ اول	-۲/۵۵	-۸/۶۶۰	-۹/۵۵۳	-۹/۵۳۴	-۹/۰۶۵

بـا توجـه بـه مانـا شـدن متغیرهـا، روابـط هم‌جمعـی اسـتاندارد بیـن متغیرهـا را می‌تـوان بـرآورد کـرد. ابتـدا بایـد تعـداد وقفـه یـا مرتبـه (Order of VARX) الگوهـای VARX*(p,q) بـرای هـر وسـیلهٔ حمل‌ونقـل عمومـی مشـخص شـود. در ایـن مطالعـه تعـداد وقفه‌هـای متغیرهـای داخلـی (pi) و خارجـی (qi) در هـر یـک از الگوهـای VARX* بـر اسـاس معیـار شـوارتز بیزین (Schwarz-Bayes Criterion) انتخاب‌شـده اسـت. بـرای بررسـی روابـط بلندمـدت بایـد وجـود بردارهـای هم‌جمعـی و تعـداد آن‌هـا در الگـو معین شـود. بـرای تعیین تعـداد بردارهـای هم‌جمعی در الگوهـای VARX* آزمون یوهانسـن بـه کار گرفتـه شـده اسـت. تعـداد بردارهـای هم‌جمعـی بـر اسـاس نتایـج آمارهٔ آزمـون اثـر یـا تریـس (Trace) و آمـارهٔ آزمـون حداکثر درسـت‌نمایی مشـخص می‌شـود. تعـداد بردارهـا در جـدول ۳ آورده شـده اسـت، سـتون p تعـداد وقفـهٔ بهینـهٔ متغیرهـای داخلی، سـتون q تعداد وقفـهٔ بهینهٔ متغیرهای خارجی و سـتون r تعـداد بردارهـای هم‌جمعـی هـر یـک از وسـایل حمل‌ونقـل عمومـی را نشـان می‌دهند.

جدول ۳. تعداد وقفهٔ بهینه و بردار هم‌جمعی

VARX	P	Q	R
مترو	۲	۱	۱
بی.آر.تی	۲	۱	۱
اتوبوس	۲	۱	۱

یکـی از فرض‌هـای مهـم در بـرآورد الگوی GVAR، که توسـط جوهانسـن [۵۰] و هاربـو و همـکاران [۵۱] مطـرح شـده اسـت، برون‌زایـی ضعیـف متغیرهـای خارجـی و جامـع نسـبت بـه پارامترهـای الگـوی هـر نـوع وسـیلهٔ حمل‌ونقـل عمومـی در بلندمـدت اسـت. مطابـق نتایـج جـدول ۳، فرضیهٔ بـرون‌زای ضعیف تمامـی متغیرهـای الگـوی VARX برای تمام وسـایل حمل‌ونقـل عمومی فرضیهٔ صفر را رد نکرده و به‌ع نوان متغیر برون‌زای ضعیف در نظر گرفته می‌شوند.

جدول ۴. آزمون برون‌زایی ضعیف متغیرهای خارجی

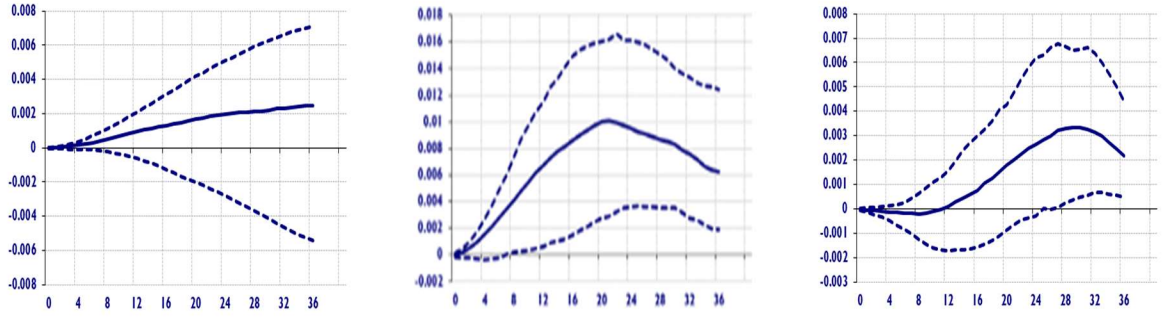
وسایل حمل‌ونقل عمومی	مقدار بحرانی	مسافران سایر وسایل حمل‌ونقل	قیمت بنزین	قیمت کرایه مترو	قیمت کرایهٔ بی.آر.تی	قیمت کرایهٔ اتوبوس
مترو	۳/۹۱۳	۰/۲۷۳	۰/۰۲۸	۰/۰۸۷	۰/۰۲۵	۰/۱۹۰
بی.آر.تی	۳/۹۱۳	۰/۶۷۸	۲/۶۳۰	۰/۰۲۸	۰/۳۶۰	۱/۱۹۱
اتوبوس	۳/۹۱۳	۰/۰۵۵	۱/۰۱۳	۰/۳۱۰	۰/۰۱۵	۱/۶۷۶

بعد از برآورد الگوی GVAR، با استفاده از توابع ضربه - واکنش رفتار مسافران هر یک از وسایل حمل‌ونقل عمومی (مترو، بی.آر.تی و اتوبوس) را طی یک دورهٔ ۳۶ ماهه بر اثر شوک‌های مثبت بنزین و قیمت کرایه بررسی شده است. در نمودارهای ضربه – واکنش، خط تیره بیانگر میانگین تغییرات متغیر در برابر تکانه و خطوط نقطه‌چین تغییرات در بازهٔ اطمینان ۹۰ درصد را نشان می‌دهد.

الف) شوک مثبت قیمت بنزین در مسافران وسایل حمل‌ونقل عمومی کلان‌شهر تهران

مطابق نتایج نمودار ۱، وقتی یک شوک مثبت در قیمت بنزین وارد شود، تأثیرات متفاوتی بر تقاضای هر یک از انواع وسایل حمل‌ونقل عمومی خواهد داشت؛ ولی به طور کلی منجر به افزایش مسافران برای هر سه نوع وسایل حمل‌ونقل عمومی کلان‌شهر تهران خواهد شد.

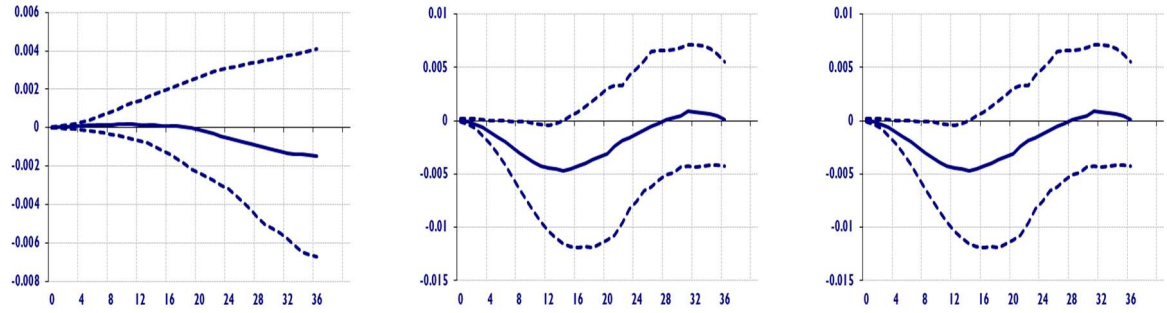
همان‌گونه که نمودارها نشان می‌دهند، تقاضای مسافران برای مترو تا ماه سوم ثابت و مستقل از افزایش قیمت بنزین، ولی از ماه سوم به بعد روند افزایشی خواهد داشت. مسافران برای بی.آر.تی از ماه اول به‌تدریج افزایشی خواهد شد. مسافران برای اتوبوس نیز تا ماه دهم تقریباً ثابت و مستقل از افزایش قیمت بنزین خواهد بود؛ اما از ماه دهم به بعد روند کاملاً افزایشی خواهد داشت. افزایش قیمت بنزین می‌تواند باعث شود که مردم رفتار خود را نسبت به هزینه‌های حمل‌ونقل تعدیل کنند. یکی از گزینه‌های پیش روی افراد برای کاهش مصرف بنزین، استفاده از سیستم حمل‌ونقل عمومی است. به همین دلیل نوسانات قیمت بنزین می‌تواند مسافران حمل‌ونقل عمومی را افزایش دهد[۱۷].



نمودار ۱. نتایج شوک مثبت در قیمت بنزین

ب) شوک مثبت قیمت کرایهٔ مترو در مسافران وسایل حمل‌ونقل عمومی کلان‌شهر تهران

مطابق نتایج نمودار ۲، وقتی یک شوک مثبت در نرخ کرایهٔ مترو پدید می‌آید، مسافران مترو تا ماه بیستم ثابت خواهد بود. این موضوع نشان می‌دهد مسافران مترو مستقل از قیمت کرایهٔ مترو است و افزایش قیمت کرایه تأثیری بر انتخاب مسافران برای مترو ندارد. از ماه بیستم تا آخر دوره، مسافران مترو کاهش خواهد یافت. بخشی از کاهش مسافران مترو از ماه بیستم به بعد به سمت بی.آر.تی و اتوبوس منتقل خواهند شد و جایگزین مترو می‌شوند. با افزایش قیمت کرایه مترو از ماه دوم به بعد، مسافران بی.آر.تی و اتوبوس تا ماه شانزدهم روند کاهشی خواهد داشت و سپس به‌تدریج افزایش می‌یابد. این شرایط می‌تواند نشان‌دهندهٔ این موضوع باشد که بخشی از افراد متقاضی مترو با افزایش قیمت کرایه مترو، انتخاب خود را تغییر می‌دهند و تقاضای آن‌ها برای بی.آر.تی و اتوبوس نیز کاهش خواهد یافت، چون برای رسیدن به مترو قبلاً مجبور بودند بخشی از مسیرهای خود را با بی.آر.تی یا اتوبوس طی کنند؛ اما با افزایش قیمت کرایه مترو انتخاب آن‌ها برای بی.آر.تی و اتوبوس نیز کاهش خواهد یافت و مسافران آن‌ها به سمت وسایل نقلیهٔ شخصی، تاکسی‌ها و... منتقل خواهند شد.

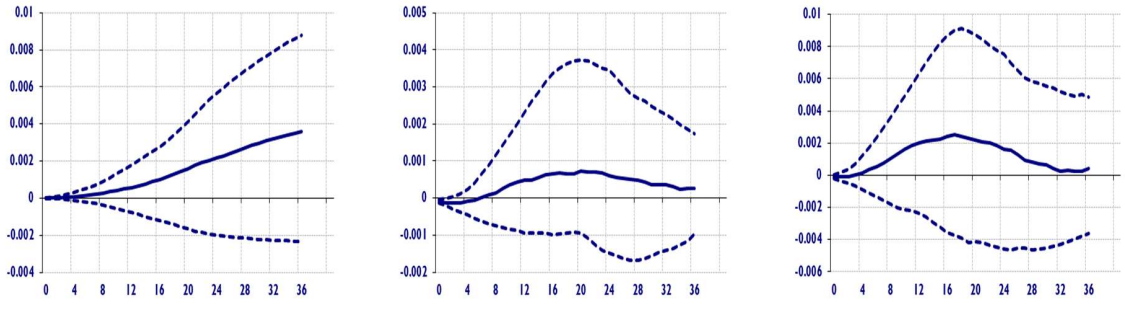


نمودار ۲. نتایج شوک مثبت در قیمت کرایه مترو

ج) شوک مثبت قیمت کرایه بی.آر.تی در مسافران وسایل حمل‌ونقل عمومی کلان‌شهر تهران

مطابق نتایج نمودار ۳، وقتی یک شوک مثبت در قیمت کرایه بی.آر.تی پدید آید تا چهار ماه اول تأثیری در انتخاب مصرف‌کنندگان نخواهد داشت؛ اما از ماه چهارم به بعد مسافران برای هر سه نوع وسیلهٔ حمل‌ونقل عمومی افزایش خواهد یافت. با افزایش قیمت کرایه بی.آر.تی، تقاضای مترو کاملاً افزایشی و صعودی خواهد شد و بخشی از مسافران بی.آر.تی انتخاب خود برای حمل‌ونقل عمومی را به سمت مترو انتقال می‌دهند و مترو را جایگزین بی.آر.تی خواهند کرد. با افزایش قیمت کرایه بی.آر.تی، مسافران اتوبوس تا حدودی شروع به افزایش پیدا خواهد کرد و مسافران اتوبوس را جایگزین بی.آر.تی می‌کنند؛ اما بخشی از مسافران بی.آر.تی نیز انتخاب خود را تغییر نخواهند داد و افزایش قیمت کرایه روی انتخاب آن‌ها تأثیری نخواهد داشت و آن‌ها به دلایل ویژگی‌های برتری که بی.آر.تی نسبت به اتوبوس دارد، باز هم متقاضی بی.آر.تی خواهند بود.

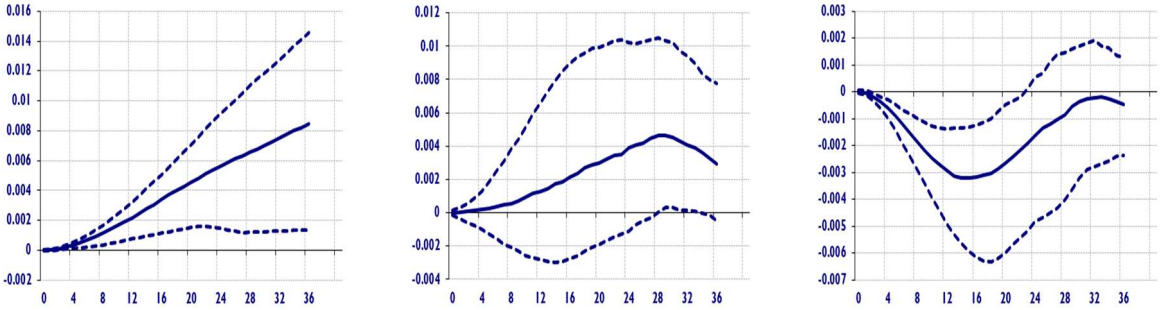
افزون بر این، باید توجه داشت که انتخاب‌کنندگان انواع وسایل حمل‌ونقل به عواملی مانند قیمت کرایه، کیفیت خدمات حمل‌ونقل و ازدحام افراد در وسیلهٔ حمل‌ونقل حساس هستند؛ به این معنا که افراد سیستم حمل‌ونقل عمومی را پس از مقایسهٔ آن با سایر روش‌های سفر انتخاب می‌کنند و ممکن است کاهش کیفیت خدمات حمل‌ونقل باعث شود که آن‌ها به روش‌های دیگری به‌عنوان جایگزین وسیله حمل‌ونقل انتخابی خود بیندیشند. البته، این امکان نیز وجود دارد که مشتریان وفادار به یک سیستم حمل‌ونقل مجموعه‌ای از انگیزه‌های کاملاً مجزا و متفاوت برای انتخاب یک نوع حمل‌ونقل داشته باشند و این مسئله به دلیل نبودن جایگزین‌های مناسب سفر پدید آید و مسافران را مجبور کند که حتی با وجود نارضایتی از سیستم حمل‌ونقل عمومی به استفاده از آن ادامه دهند [۵۲].



نمودار ۳. نتایج شوک مثبت در قیمت کرایه بی.آر.تی

د) شوک مثبت قیمت کرایه اتوبوس در مسافران وسایل حمل‌ونقل عمومی کلان‌شهر تهران

مطابق نتایج نمودار ۴، با وقوع یک شوک مثبت در قیمت کرایه اتوبوس، مسافران اتوبوس کاهش خواهد یافت و این روند کاهش مسافران برای اتوبوس عادی تقریباً تا ماه شانزدهم ادامه دارد. پس از آن، به‌تدریج این روند تقاضا برای اتوبوس عادی تا ماه سی‌ام به بعد مستقل از قیمت کرایه است. همان‌گونه که در نمودارهای مترو و بی.آر.تی دیده می‌شود، با کاهش مسافران اتوبوس عادی به سمت مترو و بی.آر.تی انتقال پیدا خواهند کرد و این مسئله منجر به افزایش مسافران این دو نوع وسیلهٔ حمل‌ونقل عمومی خواهد شد. به بیان دیگر، با افزایش قیمت کرایه اتوبوس برای مسافران، آن‌ها مترو و بی.آر.تی را جایگزین اتوبوس خواهند کرد.



نمودار ۴. نتایج شوک مثبت در قیمت کرایه اتوبوس

بحث و نتیجه‌گیری

سیستم حمل‌ونقل عمومی شهری یکی از ارکان اصلی توسعهٔ پایدار شهری و فعالیت‌های روزانهٔ شهری به‌ویژه در کلان‌شهرهای پرجمعیت جهان است. بر همین اساس، سیستم حمل‌ونقل عمومی شهری کلان‌شهر تهران نیز به‌عنوان پرجمعیت‌ترین شهر ایران و یکی از پایتخت‌های پرجمعیت جهان از این قاعده جدا نیست. سهم چشمگیر تقاضا برای حمل‌ونقل عمومی شهری در کلان‌شهر تهران و اهمیت آن در تسهیل فعالیت‌های روزانه شهری بر کسی پوشیده نیست. هدف اصلی این مطالعه، بررسی نقش شوک قیمتی بنزین و کرایه بر واکنش رفتاری مسافران کلان‌شهر تهران در استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی (مترو، بی.آر.تی و اتوبوس) طی دورهٔ زمانی ۱۳۸۷-۱۳۹۸ (به صورت ماهانه) بوده است. این تحقیق به شکل خاص به بررسی اثر هر یک از شوک‌های واردشده بر اجزای تقاضای حمل‌ونقل عمومی شهری مانند قیمت بنزین و قیمت کرایه می‌پردازد و مکانیسم انتقال این شوک‌ها به سایر انواع وسایل حمل‌ونقل عمومی و همچنین اثر هر یک از شوک‌های واردشده بر اجزای تقاضا را برای هر یک از انواع وسایل حمل‌ونقل عمومی شهری بررسی کرده است. تحلیل نتایج این مطالعه بعد از برآورد الگوی GVAR، با استفاده از توابع ضربه – واکنش، رفتار مسافران هر یک از وسایل حمل‌ونقل عمومی کلان‌شهر تهران را طی یک دورهٔ ۳۶ ماهه بر اثر شوک‌های مثبت واردشده در قیمت بنزین و کرایه بررسی کرده است. در این مطالعه دو پرسش اساسی وجود داشته است.

پرسش اول این پژوهش به بررسی این موضوع می‌پرداخت که وقوع یک شوک مثبت در قیمت بنزین، چه تأثیری بر تقاضای انواع وسایل حمل‌ونقل عمومی (مترو، بی.آر.تی و اتوبوس) در کلان‌شهر تهران دارد؟

در پاسخ به این پرسش، نتایج برآورد مدل از روش خودرگرسیون برداری جامع (GVAR) نشان داد وقتی یک شوک مثبت در قیمت بنزین وارد شود، این موضوع منجر به افزایش تقاضای مسافران برای هر سه نوع وسایل حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری خواهد شد. با وقوع شوک مثبت در قیمت بنزین، مسافران مترو، بی.آر.تی و اتوبوس افزایش خواهد یافت. به بیان دیگر، افزایش قیمت بنزین منجر به افزایش مسافران وسایل حمل‌ونقل عمومی خواهد شد. به بیان دیگر، زمانی که یک شوک مثبت در قیمت بنزین پدید می‌آید، افزایش قیمت بنزین باعث می‌شود که مردم انواع وسایل حمل‌ونقل عمومی را جایگزین خودروهای شخصی کنند و تمایل بیشتری به استفاده از انواع وسایل حمل‌ونقل عمومی داشته باشند. این موضوع باعث می‌شود که سیاست‌گذاران در سیستم حمل‌ونقل عمومی کلان‌شهر تهران نیازمند آن باشند که در زمان برنامه‌ریزی برای پاسخ‌گویی به نوسانات پدیدآمده بر اثر وقوع شوک قیمتی بنزین تمهیدات لازم را برای افزایش ظرفیت حمل‌ونقل عمومی شهری و مدیریت مناسب برای سرشکن کردن این تقاضا بین انواع وسایل حمل‌ونقل عمومی بیندیشند.

پرسش دوم این پژوهش نیز آن بود که وقوع یک شوک مثبت در قیمت کرایه هر یک از انواع وسایل حمل‌ونقل عمومی (مترو، بی.آر.تی و اتوبوس)، چه تأثیری بر تقاضای سایر وسایل حمل‌ونقل عمومی در کلان‌شهر تهران دارد؟

در پاسخ به این پرسش، شوک‌های مثبت بر کرایه بر انواع وسایل حمل‌ونقل عمومی در کلان‌شهر تهران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعه نشان داد وقتی یک شوک مثبت در نرخ کرایهٔ مترو پدید می‌آید، تا ماه بیستم تقاضای مسافران مترو ثابت خواهد بود و این مسئله نشان می‌دهد بخشی از تقاضای مسافران برای مترو، مستقل از نرخ کرایه مترو است و تقاضای اتوبوس عادی و تندرو روند کاهشی خواهد داشت. از ماه بیستم به بعد تقاضای مترو کاهش می‌یابد و اتوبوس عادی و تندرو جایگزین مترو خواهد شد. افزون بر این، با وقوع یک شوک مثبت در نرخ کرایه اتوبوس عادی، تقاضای مسافران اتوبوس عادی کاهش می‌یابد و این تقاضا به سمت مترو و اتوبوس تندرو انتقال پیدا خواهند کرد و این اثرات سرریز منجر به افزایش تقاضای مسافران این دو نوع وسیلهٔ حمل‌ونقل عمومی خواهد شد. به بیان دیگر، با افزایش نرخ کرایه اتوبوس عادی، مسافران، مترو و اتوبوس تندرو را جایگزین اتوبوس عادی می‌کنند. همچنین، وقتی یک شوک مثبت در نرخ کرایه اتوبوس تندرو پدید آید، از ماه هشتم به بعد تقاضای مترو روند افزایشی پیدا خواهد کرد و تقاضای اتوبوس عادی نیز کمی افزایش می‌یابد. این موضوع بیان می‌کند که بخشی از تقاضای اتوبوس تندرو به سمت مترو و اتوبوس عادی سرریز و انتقال پیدا می‌کند و مترو و اتوبوس عادی جایگزین اتوبوس تندرو خواهند شد؛ اما بخشی از مسافران اتوبوس تندرو نیز با افزایش کرایه انتخاب خود را تغییر نخواهند داد و تقاضا از ماه چهارم روند افزایشی دارد. در نهایت، می‌توان گفت که وقوع شوک مثبت در قیمت کرایه مترو، مسافران بی.آر.تی و اتوبوس را کاهش می‌دهد و با وقوع شوک مثبت

در قیمت کرایه بی.آر.تی، مسافران مترو افزایش و تقاضای بی.آر.تی و اتوبوس با شیب کم افزایش می‌یابد. همین‌طور وقوع شوک مثبت در قیمت کرایه اتوبوس، افزایش مسافران مترو و بی.آر.تی را به دنبال دارد.

نتایج این مطالعه می‌تواند پیامدهای مهمی برای سیاست‌گذاری در زمان وقوع شوک‌ها در تقاضای حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری کلان‌شهر تهران داشته باشد. بر همین اساس، به سیاست‌گذاران پیشنهاد می‌شود تا با توجه به نتایج این پژوهش برای پیش‌بینی نحوهٔ واکنش تقاضای حمل‌ونقل عمومی شهری نسبت به شوک‌های داخلی و خارجی سیستم حمل‌ونقل، پیش‌بینی‌های لازم را برای ایجاد ظرفیت پاسخ‌گویی به تقاضای وسایل حمل‌ونقل عمومی برای مدیریت موج تقاضای انتقال‌یافته در سیستم حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری انجام دهند. افزون بر این، در زمان تعیین نرخ کرایه برای هر وسیلهٔ حمل‌ونقل عمومی، مقامات مربوطه باید وابستگی متقابل بین تقاضا و نرخ کرایهٔ سایر وسایل حمل‌ونقل عمومی را در نظر بگیرند. همچنین، شوک قیمتی بنزین و روند صعودی مسافران در استفاده از هر سه نوع وسایل حمل‌ونقل عمومی نشان می‌دهد افزایش و گسترش خطوط مترو، بی.آر.تی و نوسازی سیستم اتوبوس در همهٔ مناطق تهران از مهم‌ترین پیشنهادهای سیاستی برای سیستم حمل‌ونقل عمومی شهر تهران خواهد بود. در نهایت، به سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در سیستم حمل‌ونقل عمومی کلان‌شهر تهران پیشنهاد می‌شود تا سیستم پایش لحظه‌ای مسافران را برای انواع وسایل حمل‌ونقل عمومی شهری راه‌اندازی کنند تا بتوانند در زمان وقوع نوسانات ناگهانی در سیستم حمل‌ونقل پاسخ‌گویی مناسبی به این نوسانات انجام شود.

مشارکت نویسندگان

در تدوین این مقاله نویسندهٔ اول نگارندهٔ طرح پژوهش، جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه‌وتحلیل و نگارش نسخهٔ اولیه بوده است (۶۰ درصد)، نویسندهٔ دوم طرح پژوهش، ارزیابی تجزیه‌وتحلیل، تصحیح نسخهٔ اولیه و مکاتبات ارسال مقاله (۲۰ درصد) و نویسندهٔ سوم طرح پژوهش، ارزیابی تجزیه‌وتحلیل، تصحیح نسخهٔ اولیه، همکاری در انجام اصلاحات داوران (۲۰ درصد) را انجام داده‌اند.

تعارض منافع

این مقاله فاقد تعارض منافع است.

هیچ‌گونه تعارض منافعی بین نویسندگان این پژوهش وجود ندارد. این مقاله مستخرج از رسالهٔ دکتری محبوبه شجاعیان است که با حمایت‌های مادی و معنوی مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران انجام شده است.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله نهایت سپاس و قدردانی خود را از مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران به خاطر حمایت‌های بی‌دریغ و همکاری در انجام این پژوهش ابراز می‌دارند.

منابع

[1] Sun Y, Cui Y. Evaluating the coordinated development of economic, social and environmental benefits of urban public transportation infrastructure: Case study of four Chinese autonomous municipalities. Transport Policy. 2018 Aug 1;66:116-26.

[2] Elmansouri O, Almhroog A, Badi I. Urban transportation in Libya: An overview. Transportation research interdisciplinary perspectives. 2020 Nov 1;8:100161.

[3] Zhao P. Sustainable urban expansion and transportation in a growing megacity: Consequences of urban sprawl for mobility on the urban fringe of Beijing. Habitat International. 2010 Apr 1;34(2):236-43.

[4] Aljoufie M. Exploring the determinants of public transport system planning in car-dependent cities. Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2016 Jan 6;216:535-44.

[5] Wang MH, Ho YS, Fu HZ. Global performance and development on sustainable city based on natural science and social science research: A bibliometric analysis. Science of the Total Environment. 2019 May 20;666:1245-54.

[6] Yatskiv I, Budilovich E, Gromule V. Accessibility to Riga public transport services for transit passengers. Procedia Engineering. 2017 Jan 1;187:82-8.

[7] Bell A, Fairbrother M, Jones K. Fixed and random effects models: making an informed choice. Quality & quantity. 2019 Mar;53(2):1051-74.

[8] Performance report of Tehran Transport and Traffic Deputy. 2020. (In Persian).

[9] Hörcher D, Graham DJ. The Gini index of demand imbalances in public transport. Transportation. 2021 Oct;48(5):2521-44.

[10] Preston JM. Public transport. In, Kitchin, Rob and Thrift, Nigel (eds.) International Encyclopedia of Human Geography. Elsevier, 2009: 452-459.

[11] Vuchic V. Transportation for Livable Cities New Brunswick: Rutgers Center for Urban Policy Research. 1999.

[12] Block-Schachter D. The myth of the single mode man: how the mobility pass better meets actual travel demand (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).

[13] Chlond B. Making people independent from the car–multimodality as a strategic concept to reduce co 2-emissions. InCars and carbon 2012 (pp. 269-293). Springer, Dordrecht.

[14] Nobis C. Multimodality: facets and causes of sustainable mobility behavior. Transportation Research Record. 2007;2010(1):35-44.

[15] Rietveld P, Bruinsma FR, Van Vuuren DJ. Coping with unreliability in public transport chains: A case study for Netherlands. Transportation Research Part A: Policy and Practice. 2001 Jul 1;35(6):539-59.

[16] Chica-Olmo J, Gachs-Sánchez H, Lizarraga C. Route effect on the perception of public transport services quality. Transport Policy. 2018 Sep 15;67:40-8.

[17] Chao MC, Huang WH, Jou RC. The asymmetric effects of gasoline prices on public transportation use in Taiwan. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2015 Dec 1;41:75-87.

[18] Lane BW. A time-series analysis of gasoline prices and public transportation in US metropolitan areas. Journal of Transport Geography. 2012 May 1;22:221-35.

[19] Fujisaki K. An empirical analysis of effects of gasoline price change on transportation behavior in Japan, with consideration of regional differences. Socio-Economic Planning Sciences. 2014 Sep 1;48(3):220-33.

[20] Currie G, Phung J. Understanding links between transit ridership and gasoline prices: evidence from the United States and Australia. Transportation Research Record. 2008 Jan;2063(1):133-42.

[21] Mattson JW. Effects of rising gas prices on bus ridership for small urban and rural transit systems. Fargo: Upper Great Plains Transportation Institute, North Dakota State University; 2008 Jun.

[22] Litman T. Transit price elasticities and cross-elasticities. Journal of Public Transportation. 2004;7(2):3.

[23] Nowak WP, Savage I. The cross elasticity between gasoline prices and transit use: Evidence from Chicago. Transport policy. 2013 Sep 1;29:38-45.

[24] Jin Z, Schmöcker JD, Maadi S. On the interaction between public transport demand, service quality and fare for social welfare optimisation. Research in Transportation Economics. 2019 Sep 1;76:100732.

[25] McFadden D. The measurement of urban travel demand. Journal of public economics. 1974 Nov 1;3(4):303-28.

[26] Souche S. Measuring the structural determinants of urban travel demand. Transport policy. 2010 May 1;17(3):127-34.

[27] Bresson G, Dargay J, Madre JL, Pirotte A. Economic and structural determinants of the demand for public transport: an analysis on a panel of French urban areas using shrinkage estimators. Transportation Research Part A: Policy and Practice. 2004 May 1;38(4):269-85.

[28] Paulley N, Balcombe R, Mackett R, Titheridge H, Preston J, Wardman M, Shires J, White P. The demand for public transport: The effects of fares, quality of service, income and car ownership. Transport policy. 2006 Jul 1;13(4):295-306.

[29] Statistics of Tehran Megacity. Statistical yearbook of Tehran municipality, Compiled by Tehran Municipality Information and Communication Technology Organization. 2019. (In Persian).

[30] Mohammadpour S, Sarafi M, Tavakolinia. An analysis of travel demand management in the direction of sustainable urban transportation (case study: Tehran metropolis).

Regional planning scientific-research quarterly. 2016 Apr 20;6(21):103-16. (In Persian).

[31] Transport and Traffic Organization of Tehran city, studies of Tehran's integrated public transportation system. 2018. (In Persian).

[32] Zoghi H, Rahim-Af K, Alipourvavasri M. Modeling freight freight in the road transport network with the approach of fuel price increase, 11th Iran Transportation and Traffic Engineering Conference. 2019. (In Persian).

[33] Sepehr M, Saffarzdeh M, Seyedabrishami E. Evaluating Fare Policies on Transit Users behaviour (Case study: BRT Tehran line seven). Master's thesis, Tarbiat Modares University. 2014. (In Persian).

[34] Nazmi A, Pressure N. Investigating the changes of fares on the behavior change of the Tehran Metro study. Economic Modeling Research Quarterly. March 10, 2017; 7 (26): 89-110. (In Persian).

[35] Hasanpour A, Khuzari M. Presenting the optimal pricing model for urban bus services (case study of Tehran). Economic Modeling Research. 2018;10:181-206.(In Persian).

[36] Stover VW, Bae CH. Impact of gasoline prices on transit ridership in Washington State. Transportation research record. 2011;2217(1):11-8.

[37] Chiang WC, Russell RA, Urban TL. Forecasting ridership for a metropolitan transit authority. Transportation research part A: policy and practice. 2011 Aug 1;45(7):696-705.

[38] Ky KE. How do changes in gasoline prices affect bus ridership in the Twin Cities?.2016.

[39] Agha MR, Bazrafshan M, Mahmoudabadi A. Investigating the Effects of Fuel Price on Inter-City Transportation Utilizing System Dynamics Approach and Simulation (Case Study: Inter-City Transport, Iran). J. Urban Des. 2019;2:1-3.

[40] Guzman LA, Beltran C, Bonilla JA, Cardona SG. BRT fare elasticities from smartcard data: Spatial and time-of-the-day differences. Transportation Research Part A: Policy and Practice. 2021 Aug 1;150:335-48.

[41] Chudik A, Pesaran MH. Theory and practice of GVAR modelling. Journal of Economic Surveys. 2016 Feb;30(1):165-97.

[42] Di Mauro F, Pesaran MH, editors. The GVAR handbook: Structure and applications of a macro model of the global economy for policy analysis. OUP Oxford; 2013 Feb 28.

[43] Kwok J. Macroeconometric Models for Portfolio Management. Vernon Press; 2021 Sep 7.

[44] Pesaran MH, Smith R. Macroeconometric modelling with a global perspective. The Manchester School. 2006 Sep;74:24-49.

[45] Koop G, Pesaran MH, Potter SM. Impulse response analysis in nonlinear multivariate models. Journal of econometrics. 1996 Sep 1;74(1):119-47.

[46] Pesaran MH, Smith RP. Structural analysis of cointegrating VARs. Journal of economic surveys. 1998 Dec;12(5):471-505.

[47] Pesaran MH, Smith RP. Structural analysis of cointegrating VARs. Journal of economic surveys. 1998 Dec;12(5):471-505.

[48] Michaelides PG, Konstantakis KN, Milioti C, Karlaftis MG. Modelling spillover effects of public transportation means: An intra-modal GVAR approach for Athens. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. 2015 Oct 1;82:1-8.

[49] Park HJ, Fuller WA. Alternative estimators and unit root tests for the autoregressive process. Journal of Time Series Analysis. 1995 Jul;16(4):415-29.

[50] Johansen S. Testing weak exogeneity and the order of cointegration in UK money demand data. Journal of Policy modeling. 1992 Jun 1;14(3):313-34.

[51] Harbo I, Johansen S, Nielsen B, Rahbek A. Asymptotic inference on cointegrating rank in partial systems. Journal of business & economic statistics. 1998 Oct 1;16(4):388-99.

[52] Li L, Cao M, Bai Y, Song Z. Analysis of public transportation competitiveness based on potential passenger travel intentions: Case study in Shanghai, China. Transportation Research Record. 2019 Apr;2673(4):823-32