



## Ranking of financing methods for electrification of urban bus fleets in the Iranian capital market

Seyed Mahdi Hosseini<sup>1\*</sup>  | Seyed Farhan Moosavian<sup>2</sup> 

1. Corresponding Author, PhD in Electrical Power Engineering, Science and Research Branch Islamic Azad University, Tehran, Iran, SATBA Manager of Budget. Email: [mahdi.hosseini.ee1@gmail.com](mailto:mahdi.hosseini.ee1@gmail.com)
2. PhD in Energy Systems Engineering, University of Tehran, Expert in Renewable Energy of SATBA. Email: [famosavian@gmail.com](mailto:famosavian@gmail.com)

### ARTICLE INFO

**Article type:**  
Research Paper

**Article History:**  
Received 16 February 2025  
Revised 19 March 2025  
Accepted 14 April 2025  
Published Online 22 June 2025

**Keywords:**  
Public transportation,  
electrification,  
financing,  
capital market,  
lease-to-own,  
air pollution,  
traffic.

### ABSTRACT

Air pollution and traffic in Tehran have become a major challenge in recent years. By examining the data published by the Tehran Municipality, part of this challenge can be seen in the reduction in the number of Tehran city buses and the slow pace of their electrification. In this study, referring to the lack of financial resources in the contractionary state of the Iranian economy, financing methods through the capital market have been introduced. To find the best financing option for the electrification of Tehran buses, these options have been evaluated using the TOPSIS tool. Decision matrix data has been collected through a questionnaire from 21 experts in the field of financing. Finally, considering the four criteria of financing cost, size and capacity to absorb resources, time horizon and ease of process, lease-to-own bonds were ranked first. Also, in order to create sustainability in the process of fleet modernization and development, it has been suggested that the Ministry of Oil use the capacity to issue savings certificates for the municipality to complete lease-to-own bonds.

**Cite this article:** Hosseini, M. & Moosavian, F. (2025). Ranking of financing methods for electrification of urban bus fleets in the Iranian capital market. *Urban Development Policy Making*, 2 (2), 247-262. DOI: <http://doi.org/10.22034/judpm.2025.510867.1015>



© Seyed Mahdi Hosseini, Seyed Farhan Moosavian  
DOI: <http://doi.org/10.22034/judpm.2025.510867.1015>

### Introduction

Air pollution and traffic in Tehran have become a major challenge in recent years. By examining the data published by the Tehran Municipality, part of this challenge can be attributed to the reduction in the number of city buses in Tehran and the slow pace of their electrification. This study referred to the two crises of air pollution and traffic in Tehran and discussed the necessity of electrifying the bus fleet.

### Methodology

To solve the problem of lack of financial resources in the current state of the Iranian economy, financing tools were introduced through the capital market. To select the best option, the financing tools were evaluated using the TOPSIS model. The decision matrix data was collected through a questionnaire from 21 experts in the field of financing. Finally, considering the four criteria of

financing cost, size and capacity to absorb resources, time horizon, and ease of process, lease-to-own bonds were ranked first.

### **Results**

This tool collects funds from investors, procures electric buses and leases them to the Tehran Municipality; upon maturity, the buses become the property of the municipality upon full payment of the nominal value of the bonds. Also, for the sustainability of fleet renovation and development, it was proposed that the Ministry of Oil issue an energy saving certificate to the municipality and sell it on the market.

### **Conclusion**

This study focuses solely on the urban bus fleet and does not consider other options such as metro, urban taxi, and internet taxi. Also, despite covering both equity and debt financing options, financing from international sources is not considered. Given the importance of reducing emissions and the energy transition process, the use of international capacities can also be considered. For future studies, it is suggested that the global literature on new financing tools be reviewed. It is also possible to examine the necessary incentives to facilitate the process of financing fleet electrification.



## رتبه‌بندی روش‌های تأمین مالی برقی‌سازی ناوگان اتوبوس شهری در بازار سرمایه ایران

سید مهدی حسینی<sup>\*۱</sup> | سید فرحان موسویان<sup>۲</sup>

۱. نویسندهٔ مسئول، دکترای مهندسی برق قدرت، دانشگاه علوم تحقیقات، مدیرکل بودجه، تسهیل سرمایه‌گذاری و تجهیز منابع مالی ساتبا. رایانامه:

[mahdi.hoseini.ee1@gmail.com](mailto:mahdi.hoseini.ee1@gmail.com)

۲. دکترای مهندسی سیستم‌های انرژی، دانشگاه تهران، کارشناس بازار برق ساتبا. رایانامه: [famosavian@gmail.com](mailto:famosavian@gmail.com)

### اطلاعات مقاله

### چکیده

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۲/۲۰

کلیدواژه:

حمل‌ونقل عمومی،

برقی‌سازی،

تأمین مالی،

بازار سرمایه،

اجاره به شرط تملیک،

آلودگی هوا،

ترافیک.

آلودگی هوا و ترافیک تهران در سال‌های اخیر به یک چالش اساسی تبدیل شده است. با بررسی داده‌های منتشرشده توسط شهرداری تهران، بخشی از این چالش را می‌توان در کاهش تعداد اتوبوس‌های شهری تهران و نیز سرعت پایین برقی‌سازی آن‌ها دانست. در این مطالعه، با اشاره به کمبود منابع مالی در وضعیت انقباضی اقتصاد ایران، روش‌های تأمین مالی از طریق بازار سرمایه معرفی شده است. برای یافتن بهترین گزینهٔ تأمین مالی برقی‌سازی اتوبوس‌های تهران، این گزینه‌ها توسط ابزار TOPSIS مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. داده‌های ماتریس تصمیم از طریق پرسشنامه از ۲۱ نفر از خبرگان حوزهٔ تأمین مالی جمع‌آوری شده است. در نهایت، با در نظر گرفتن چهار معیار هزینهٔ تأمین مالی، اندازه و ظرفیت جذب منابع، افق زمانی و سهولت فرایند، اوراق اجاره به شرط تملیک در جایگاه اول قرار گرفت. همچنین، برای ایجاد پایداری در فرایند نوسازی و توسعهٔ ناوگان، استفاده از ظرفیت صدور گواهی صرفه‌جویی توسط وزارت نفت برای شهرداری در تکمیل اوراق اجاره به شرط تملیک پیشنهاد شده است.

**استناد:** حسینی، سید مهدی و موسویان، سید فرحان (۱۴۰۴). رتبه‌بندی روش‌های تأمین مالی برقی‌سازی ناوگان اتوبوس شهری در بازار سرمایه ایران. *سیاستگذاری پیشرفت شهری*، ۲ (۲) ۲۶۲-۲۴۷.

DOI: <http://doi.org/10.22034/judpm.2025.510867.1015>

© سید مهدی حسینی، سید فرحان موسویان

DOI: <http://doi.org/10.22034/judpm.2025.510867.1015>



## ۱. مقدمه

در سال‌های اخیر، تهران و سایر شهرهای بزرگ ایران با دو بحران به هم پیوسته دست‌وپنجه نرم کرده‌اند: تراکم ترافیک و آلودگی هوا که هر دو به سطوح هشداردهنده‌ای رسیده‌اند. طی این سال‌ها تهران همواره از آلوده‌ترین شهرهای جهان شناخته شده است. کارشناسان این چالش‌ها را به افزایش جمعیت تهران و وابستگی زیاد به خودروهای شخصی نسبت می‌دهند [۱ و ۲]. در واکنش به این موضوع، سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان شهری به طور فزاینده‌ای به این نتیجه رسیده‌اند که گسترش حمل‌ونقل عمومی ضرورتی برای کاهش تخریب محیط زیست و بهبود کیفیت زندگی است. با این حال، مسیر دستیابی به این هدف به‌خصوص در شرایط اقتصادی تحت فشار ایران دارای موانع مالی و نهادی ویژه‌ای است.

کاهش ناوگان اتوبوسرانی تهران طی سال‌های اخیر، این چالش‌ها را به وضوح نشان می‌دهد. طبق اطلاعات منتشر شده توسط شهرداری تهران، تعداد ناوگان اتوبوسرانی تهران نه تنها افزایش نیافته، بلکه از ۷۰۸۲ دستگاه اتوبوس در سال ۱۳۸۷ به ۶۲۶۲ دستگاه در سال ۱۳۹۵ و سپس ۲۷۸۴ دستگاه در سال ۱۴۰۱ رسیده است [۳]. این در حالی است که جمعیت تهران از ۸/۷ میلیون نفر در سال ۱۳۹۵ به بیش از ۱۴ میلیون نفر در سال ۱۴۰۳ رسیده است. این کاهش ۷۰ درصدی ظرفیت ناوگان طی ۱۴ سال باعث کاهش کارایی حمل‌ونقل عمومی شده و ساکنان را مجبور به استفاده از خودروهای شخصی و موتورسیکلت‌ها کرده است، به طوری که اکنون ۶۶ درصد سفرهای درون‌شهری تهران به این وسیله‌ها اختصاص دارد. به این مشکل باید اضافه کرد که اتوبوس‌های باقی‌مانده قدیمی هستند و اکثر آن‌ها از عمر مفید خود فراتر رفته‌اند، که به خرابی‌های مکرر و انتشار گازهای آلاینده زیاد منجر می‌شود [۳]. مطالعات نشان می‌دهد منابع متحرک، از جمله اتوبوس‌ها، ۶۱ درصد آلودگی‌های هوای تهران را تشکیل می‌دهند که نشان‌دهنده ضرورت نوسازی ناوگان است.

در حالی که سیستم مترو در تهران گسترش یافته است، پوشش آن همچنان محدود است و هزینه‌های ساخت آن به طور چشمگیری بالا است. اتوبوس‌ها در عوض، راه‌حلی انعطاف‌پذیر و قابل گسترش ارائه می‌دهند. با این حال، اتوبوس‌های دیزلی مرسوم بحران آلودگی را ادامه می‌دهند، بنابراین برقی‌سازی گام منطقی بعدی است. در سطح جهانی، شهرهایی مانند سنژن و سانتیاگو نشان داده‌اند اتوبوس‌های برقی می‌توانند انتشار گازهای گلخانه‌ای را تا ۷۵ درصد نسبت به معادل‌های دیزلی کاهش داده و همچنین هزینه‌های عملیاتی را طی زمان کاهش دهند. با این حال، رکود اقتصادی ایران که با نرخ تورم دو رقمی، کاهش ارزش پول و محدودیت در دسترسی به سرمایه‌گذاری‌های بین‌المللی همراه است پیشرفت در این زمینه را متوقف کرده است. سرمایه‌گذاری اولیه اتوبوس‌های برقی (۲ تا ۳ برابر بیشتر از اتوبوس‌های دیزلی) و زیرساخت‌های شارژ (که هزینه هر ایستگاه آن بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ هزار دلار تخمین زده می‌شود) مانعی بزرگ برای شهرداری‌هایی است که با کسری منابع مواجه هستند [۴].

مکانیزم‌های مالی سنتی، مانند اوراق بدهی شهرداری یا وام‌های بانکی، به دلیل نرخ‌های بهره بالای ایران و کمبود نقدینگی، عملاً در دسترس نیستند. برای حل این مشکل، این مقاله مدل صکوک اجاره به شرط تملیک را پیشنهاد می‌کند که با استفاده از بازارهای سرمایه، سرمایه‌گذاری‌های داخلی را بسیج می‌کند.

علاوه بر این، مطالعه حاضر از گواهی صرفه‌جویی انرژی (ESCs) و گواهی ردپای کربن برای تشویق به برقی‌سازی حمایت می‌کند. با اندازه‌گیری کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌ها از اتوبوس‌های برقی، شهرداری‌ها می‌توانند اعتبارهایی قابل معامله به دست آورند که از طریق بورس انرژی ایران به فروش می‌رسد. درآمد حاصل می‌تواند به خرید اتوبوس‌های برقی اضافی و زیرساخت‌ها کمک کند و چرخه‌ای خود تقویت‌کننده از پایداری ایجاد کند. چنین مکانیزم‌هایی با روندهای جهانی آب‌وهوا هم‌راستا هستند، از جمله ماده ۶ توافق پاریس که به تبادل اعتبار کربن بین‌المللی اشاره دارد.

در ادامه، بررسی می‌شود که چگونه بازار سرمایه ایران می‌تواند از طریق ابزارهای مالی نوآورانه، برقی‌سازی اتوبوس‌های شهری را تسریع کند و وابستگی به بودجه‌های عمومی تحت فشار را کاهش دهد.

### ۱-۱. مزایا و معایب برقی‌سازی اتوبوس شهری

سرمایه‌گذاری‌های شهری در اتوبوس‌های برقی و هیبریدی - برقی با هدف بهبود خدمات حمل‌ونقل عمومی برای ساکنان انجام

می‌شود [۵]. کاهش چشمگیر سطح نویز همچنین کیفیت زندگی ساکنان مناطق مجاور مسیرهای حمل‌ونقل را بهبود می‌بخشد و می‌تواند به خواب بهتر، توسعه شناختی مطلوب‌تر در کودکان و تأثیرات مثبت بر سلامت روان منجر شود [۶]. شواهد غیررسمی نشان می‌دهد اتوبوس‌های برقی تجربه‌ای راحت‌تر را هم برای مسافران و هم برای رانندگان فراهم می‌کنند. کاهش لرزش موتور، شتاب‌گیری نرم‌تر و عملکرد کم‌صداتر آن‌ها در مقایسه با اتوبوس‌های دیزلی، به سفری خوشایندتر منجر می‌شود [۷].

مهم‌ترین مزیت اتوبوس‌های برقی، کاهش آلودگی زیست‌محیطی است. مطالعات نشان می‌دهد اتوبوس‌های هیبریدی - برقی طی عمر عملیاتی خود میزان دی‌اکسید کربن (CO<sub>2</sub>) کمتری نسبت به اتوبوس‌های دیزلی منتشر می‌کنند، در حالی که اتوبوس‌های کاملاً برقی می‌توانند میزان انتشار CO<sub>2</sub> را تا ۷۵ درصد کاهش دهند [۸]. درخور یادآوری است که میزان خالص این کاهش به منبع انرژی مورد استفاده برای تولید برق شبکه و عوامل مرتبط به آن بستگی دارد [۹]. علاوه بر این، عواملی مانند دما و توپوگرافی نیز بر میزان بهره‌مندی شهرها از مزایای اقلیمی این اتوبوس‌ها نیز تأثیر می‌گذارند.

هزینه کل مالکیت (TCO) یک شاخص کلیدی است که برای ارزیابی اقتصادی طرح‌های بهره‌برداری از اتوبوس‌ها در یک دوره زمانی خاص استفاده می‌شود. این معیار معمولاً به صورت ارزش فعلی محاسبه می‌شود و ارزش زمانی پول را در نظر می‌گیرد. هزینه کل مالکیت شامل هزینه‌های سرمایه‌ای (از جمله خرید اولیه اتوبوس‌ها و هزینه‌های مالی مرتبط) و هزینه‌های عملیاتی (هزینه‌هایی مانند نیروی کار، سوخت و نگهداری) می‌شود. هرچند که اتوبوس‌های کاملاً برقی نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بالاتری دارند، اما تحقیقات نشان می‌دهند هزینه کل مالکیت آن‌ها نسبت به اتوبوس‌های با موتور احتراق داخلی (ICE) کمتر است [۱۰]. عوامل اصلی هزینه‌های بالای اولیه شامل تکنولوژی گران قیمت باتری، نیاز به زیرساخت‌های شارژ و هزینه‌های مرتبط با دفع و بازیافت باتری است.

جدول ۱. مقایسه انواع فناوری شارژ اتوبوس برقی [۱۱]

فناوری	مزایای بالقوه	معایب بالقوه	نمونه شهرها
هیبریدی (با قابلیت ترمز بازتابی انرژی)	<ul style="list-style-type: none"> <li>فناوری قابل اعتماد و نسبتاً تثبیت شده که برقی‌سازی را آسان‌تر می‌کند.</li> <li>ترمز بازتابی به‌خوبی با شرایط ترافیکی توقف و حرکت شهری سازگار است.</li> <li>هیبریدهای پلاگ-این ظرفیت ذخیره انرژی اضافی دارند و از منبع برق خارجی شارژ می‌شوند.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>انتشار آلاینده‌های آگروز ۱۰۰٪ حذف نمی‌شود.</li> <li>دستیابی به صرفه‌جویی در مصرف سوخت ضروری است.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>اوکلند، نیوزیلند؛ بوگوتا، کلمبیا؛ کوریتیبیا، برزیل؛ لندن، انگلستان؛ پاریس، فرانسه؛ فیلادلفیا و سیاتل، ایالات متحده؛ تورنتو، کانادا.</li> </ul>
برقی (شارژ پلاگین)	<ul style="list-style-type: none"> <li>می‌تواند در یک دیو یا در مسیر انجام شود.</li> <li>استفاده از فناوری شارژ سریع، ظرفیت عملیاتی را افزایش می‌دهد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>نیازمند بهینه‌سازی دقیق مسیر.</li> <li>نیازمند سرمایه‌گذاری در فناوری شارژ جاده‌ای یا شارژهای هوایی.</li> <li>ممکن است بر قابلیت اطمینان شبکه برق تأثیر بگذارد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>اوکلند، نیوزیلند؛ بوگوتا، کلمبیا؛ کلمبو، سریلانکا؛ کوریتیبیا، برزیل؛ گوتنبرگ، سوئد؛ لندن و میلتن کینز، انگلستان؛ نانجینگ، شنژن، تیانجین و ژوهای، چین؛ پاریس، فرانسه؛ فیلادلفیا، پومونا ولی و سیاتل، ایالات متحده؛ رم، ایتالیا؛ استکهلم، سوئد.</li> </ul>
برقی (شارژ القایی)	<ul style="list-style-type: none"> <li>کمتر مزاحم و در معرض آسیب یا خرابکاری نسبت به سایر فناوری‌های شارژ.</li> <li>اپراتورها می‌توانند از تکنیک‌های تکمیل شارژ استفاده کنند که اتوبوس‌ها را برای کل مسیر نزدیک به شارژ کامل نگه می‌دارد و برد آن‌ها را افزایش می‌دهد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>نیازمند بهینه‌سازی دقیق مسیر.</li> <li>انعطاف‌پذیری طراحی مسیر را کاهش می‌دهد.</li> <li>نسبتاً گران قیمت.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>برلین، آلمان؛ گومی، کره جنوبی؛ لندن و میلتن کینز، انگلستان؛ پومونا ولی و سیاتل، ایالات متحده؛ تورین، ایتالیا.</li> </ul>

### ۱-۲. مخارج سرمایه‌ای مورد نیاز برای برقی‌سازی ناوگان اتوبوس شهری

دارایی‌هایی که باید در جهت برقی‌سازی اتوبوس‌ها خریداری و نوسازی شوند شامل اتوبوس‌های برقی، ایستگاه‌های شارژ و تجهیزات انتقال برق، باتری، توقفگاه و تأسیسات تعمیر و نگهداری اتوبوس‌ها است.

اتوبوس‌های تمام الکتریکی فقط با برق تغذیه می‌شوند و از نظر حالت‌های شارژ، از جمله شارژ در مسیر و شارژ مبتنی بر توقفگاه، متفاوت هستند. تعمیر و نگهداری اتوبوس‌های تمام الکتریکی به ابزار و قطعات خاص، مانند موتور الکتریکی، سیستم کنترل الکترونیکی و باتری‌هایی که ممکن است دو تا سه بار طی عمر معمولی اتوبوس (۱۵-۲۰ سال) نیاز به تعویض داشته باشند، نیاز دارد.

بر اساس سرعت و ظرفیت شارژ، شارژرها معمولاً به سطوح شارژ سریع و آهسته طبقه‌بندی می‌شوند. تعاریف شارژ سریع و آهسته ممکن است از کشوری به کشور دیگر متفاوت باشد، اما سرعت را می‌توان با نرخ شارژ و تخلیه در مقایسه با ظرفیت باتری اندازه‌گیری کرد. شارژ می‌تواند در توقفگاه/پایانه یا در مسیر رخ دهد. شارژ توقفگاه معمولاً به صورت شبانه برای ساعت‌ها یا طی روز برای حدود یک ساعت در بین شیفت اتوبوس انجام می‌شود. شارژ پایانه معمولاً پس از اتمام یک سفر توسط اتوبوس انجام می‌شود و معمولاً فقط چند دقیقه طول می‌کشد تا جزئی شارژ شود.

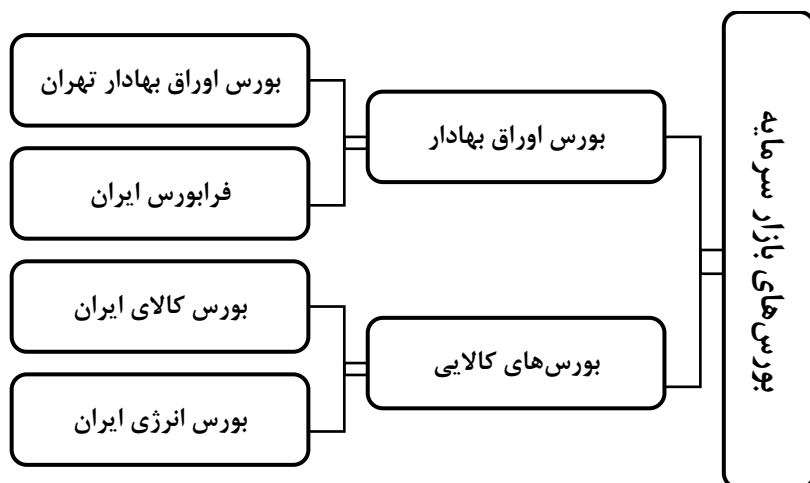
شارژ پلاگین بیشتر برای شارژ توقفگاه/پایانه استفاده می‌شود. شارژ در مسیر می‌تواند پلاگین یا القایی باشد. شارژهای پلاگین از یک اتصال خودکار استفاده می‌کنند (مورد استفاده در برلین، آلمان). شارژهای القایی بی‌سیم هستند و از پدهای مخصوص مجهز در جاده و زیر شکم اتوبوس برای انتقال برق استفاده می‌کنند (مورد استفاده در گومی، کره جنوبی و تورین، ایتالیا). شارژ در مسیر به اتوبوس‌ها اجازه می‌دهد بدون بازگشت به یک مرکز خدمات خارج از مسیر برای شارژ باتری طی روز، در حال استفاده باقی بمانند. علاوه بر این، از آنجا که ایستگاه‌های شارژ برای عملکرد به برق نیاز دارند، پایداری و دسترسی شبکه برای زیرساخت شارژ بسیار مهم است. بنابراین، تعامل شهرداری با شرکت برق حائز اهمیت است. اتصال برق به ایستگاه‌های شارژ و توقفگاه‌های اتوبوس بخش مهمی از سرمایه‌گذاری در اتوبوس‌های برقی است به‌ویژه برای مکانیزم‌های شارژ القایی، که به زیرساخت‌های جدید وابسته هستند [۱۲].

توقفگاه‌های اتوبوس سازه‌هایی هستند که اتوبوس‌ها و سایر تجهیزات را در خود جای می‌دهند و به عنوان تعمیرگاه و انبار عمل می‌کنند. اینجا جایی است که اتوبوس‌ها به صورت شبانه شارژ می‌شوند و باتری‌ها تعویض می‌شوند. با تأکید بیشتر بر تولید برق تجدیدپذیر، برخی از توقفگاه‌ها به برق بادی یا خورشیدی مجهز می‌شوند. متناسب با اندازه ناوگان و نوع شارژ نیز، به زمین مناسب نیاز است.

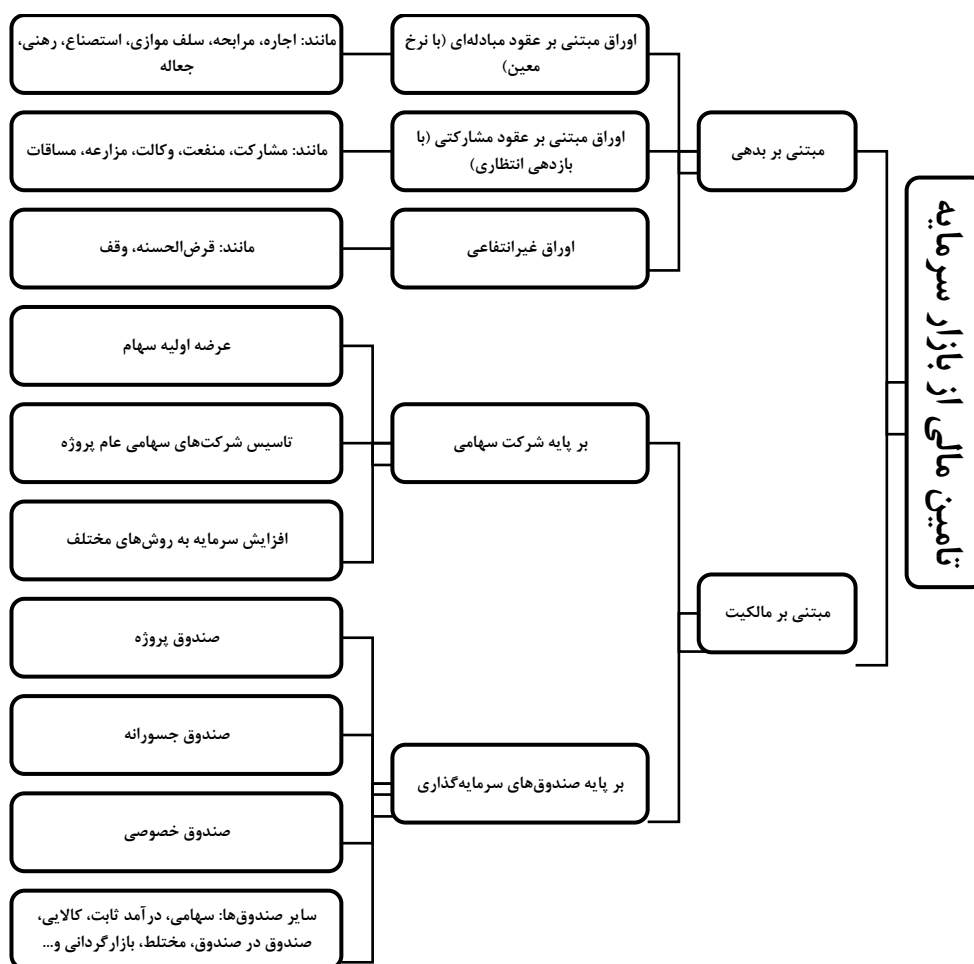
### ۱-۳. روش‌های تأمین مالی از بازار سرمایه ایران

همان‌طور که اشاره شد، تنگنای تأمین مالی در کنار مخارج سرمایه‌ای بالا، دو مانع اساسی بر سر راه توسعه ناوگان برقی هستند. بازار سرمایه بستری است که در آن‌ها اوراق بهادار بلندمدت مانند سهام و اوراق قرضه معامله می‌شوند. این بازارها سرمایه‌گذارانی که منابع مالی مازاد دارند را با شرکت‌هایی که به دنبال تأمین سرمایه برای توسعه هستند مرتبط می‌سازند [۱۳]. بازار سرمایه از دو بخش بازار اولیه (برای انتشار اوراق جدید) و بازار ثانویه (برای معامله اوراق موجود) تشکیل شده است. از جمله شرکت‌کنندگان کلیدی در این بازار می‌توان به سرمایه‌گذاران، شرکت‌ها، مؤسسات مالی و نهادهای نظارتی اشاره کرد. چارچوب‌های نظارتی قوی و شفافیت در بازار برای حفظ اعتماد سرمایه‌گذاران و پایداری بازار ضروری هستند [۱۴].

تأمین مالی از طریق بازار سرمایه بر دو اساس است؛ یکی مبتنی بر مالکیت و دیگری مبتنی بر بدهی. در شکل ۲ انواع روش‌های تأمین مالی نشان داده شده است.



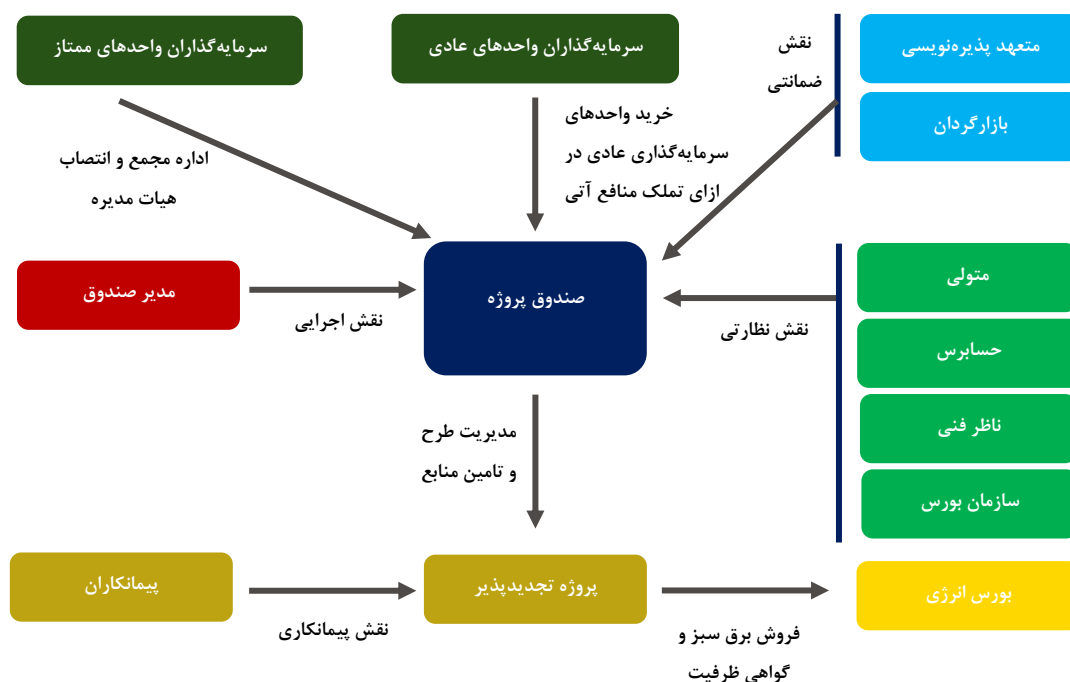
شکل ۱. بورس‌های بازار سرمایه ایران



شکل ۲. روش‌های تأمین مالی از بازار سرمایه ایران

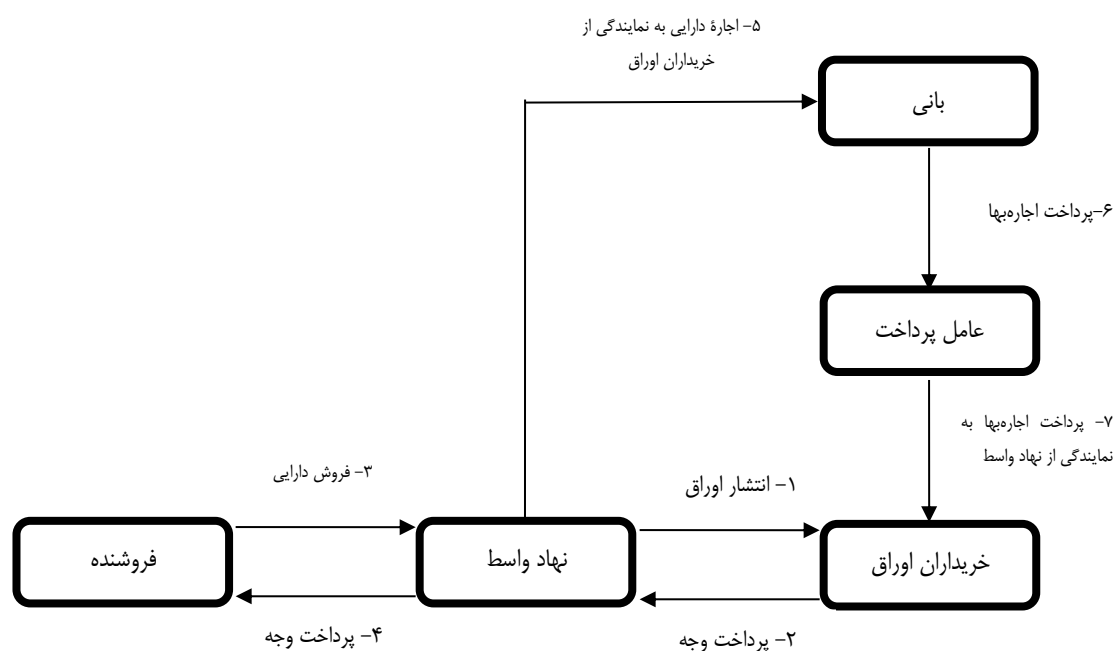
تأمین مالی مبتنی بر مالکیت از طریق ابزارهایی صورت می‌گیرد که حق مالکیت به دارنده آن اعطا می‌کنند؛ مرسوم‌ترین آن سهام عادی است که بیانگر مالکیت بر شرکت سهامی است. از سوی دیگر، تأمین مالی مبتنی بر بدهی از طریق ابزارهای بدهی مانند اوراق مشارکت و اوراق اجاره به شرط تملیک انجام می‌شود که بیانگر بدهی ناشر آن به دارنده اوراق است. در ادامه، به معرفی برخی از روش‌های تأمین مالی پرداخته می‌شود.

- تأسیس شرکت سهامی عام: یکی از روش‌های تأمین مالی برای طرح و پروژه، تأسیس یک شرکت سهامی عام و پذیره‌نویسی از عموم است. این روش برای آن دسته از طرح‌هایی مناسب است که در مرحله تأسیس و راه‌اندازی قرار دارند و از منظر مقرراتی، سقفی برای مبلغ تأمین مالی ندارد. تنها محدودیت بااهمیت موجود درباره تأمین مالی در این روش، کشش بازار و میزان تقاضای سرمایه‌گذاران است. هزینه‌ها پذیره‌نویسی شامل کارمدهای سازمان، دستمزد مشاور، متعهد پذیره‌نویسی و... است که تنها یک‌بار در زمان تأسیس و پذیره‌نویسی پرداخت می‌شود. همچنین، سررسید منابع حاصل از تأسیس شرکت سهامی عام نامحدود و مادام‌العمر است.
- پذیره‌نویسی عمومی شرکت پروژه سهامی عام: طبق ماده ۱ دستورالعمل نحوه صدور مجوز عرضه عمومی شرکت پروژه (سهامی عام) عبارت شرکت پروژه به شرکت سهامی عامی گفته می‌شود که به منظور اجرا و بهره‌برداری از پروژه‌های کلان انتفاعی که دارای توجیه فنی و اقتصادی هستند، تأسیس می‌شود. گاهی اوقات پروژه‌ای که قصد تأمین مالی آن وجود دارد در مرحله صفر قرار ندارد؛ در این شرایط، روش پذیره‌نویسی عمومی شرکت پروژه سهامی عام می‌تواند گزینه مناسبی باشد. از سوی دیگر، وقتی پروژه‌ای به بهره‌برداری نرسیده باشد، امکان تأمین مالی از روش‌های دیگر به‌خصوص دریافت تسهیلات وجود ندارد. در شرکت سهامی پروژه، مؤسسان با آورده نقدی و غیرنقدی (پروژه یا سیدی از پروژه‌ها) اقدام به افزایش سرمایه از محل سلب حق تقدم می‌کنند. آورده نقدی سهامداران جدید به شرکت پروژه تزریق شده تا پروژه‌ها تکمیل شوند.
- صندوق سرمایه‌گذاری پروژه: صندوق سرمایه‌گذاری پروژه با اخذ مجوز از سازمان بورس و اوراق بهادار تأسیس و به جمع‌آوری وجوه از سرمایه‌گذاران اعم از داخلی و خارجی و تخصیص آن به ساخت پروژه‌ای مشخص می‌پردازد. در واقع، موضوع این نوع صندوق، ساخت و تکمیل پروژه مورد نظر، پایان فعالیت صندوق و تقسیم عواید آن نزد سرمایه‌گذاران است. هزینه این نوع تأمین مالی هر سال تکرار می‌شود و صندوق کارمزد و کمیسیون مدیریت دارایی دریافت می‌کند. سررسید صندوق نیز می‌تواند بلندمدت یا کوتاه‌مدت باشد؛ اما باید مشخص شود که در پایان پروژه چه رویکردی اتخاذ می‌شود. در شکل ۳، مدل عملیاتی این صندوق نشان داده شده است.



شکل ۳. ساختار عملیاتی صندوق پروژه حوزه تجدیدپذیر

- تأمین مالی جمعی: این روش تأمین مالی شامل جمع‌آوری منابع خرد از تعداد زیادی سرمایه‌گذار و تخصیص آن‌ها به کسب‌وکارها است. در ایران از سال ۱۴۰۰ به این‌سو، این روش به عنوان یک روش سریع اما گران تأمین مالی در حال ترویج است. تأمین مالی جمعی می‌تواند از طریق وجوه خرد، اقدام به تأمین مالی بنگاه‌ها و طرح‌های کوچک (در حال حاضر با سقف ۵۰ میلیارد تومان) کند.
- اجاره به شرط تملیک: اوراق بهادار با نام قابل نقل و انتقالی است که نشان‌دهنده مالکیت مشاع دارنده آن در دارایی مبنای انتشار اوراق اجاره است. در شکل ۴ مدل عملیاتی اوراق اجاره به شرط تملیک نشان داده شده است.



شکل ۴. مدل عملیاتی اوراق اجاره به شرط تملیک

#### ۱-۴. معیارهای شناسایی روش تأمین مالی موفق

پس از مصاحبه با خبرگان تأمین مالی بازار سرمایه و بررسی ادبیات موضوعی چهار معیار برای ارزیابی روش‌های تأمین مالی برقی‌سازی ناوگان اتوبوس‌رانی در نظر گرفته شد:

- هزینه تأمین مالی: هزینه تأمین مالی به مجموع هزینه‌هایی که بنگاه اقتصادی به منظور تأمین سرمایه مورد نیاز خود باید به صاحبان سرمایه (سرمایه‌گذاران) یا بستانکاران (وام‌دهندگان) بپردازد اطلاق می‌شود. این شاخص از آن جهت اهمیت دارد که به طور مستقیم بر سودآوری کلی و توجیه‌پذیری طرح اثر می‌گذارد.
- اندازه و ظرفیت جذب منابع: میزان سرمایه مورد نیاز پروژه بستگی به اندازه طرح دارد، همچنین انتخاب ابزار تأمین مالی نیز وابسته به اندازه پروژه است. به جز بحث مقررات، باید توجه کرد که ظرفیت تأمین مالی بازار سرمایه ایران، تابعی از ظرفیت تأمین مالی اقتصاد ایران است و نمی‌توان انتظار تأمین مالی در ابعاد میلیارد دلاری از ساختار موجود را داشت.
- افق زمانی: هریک از منابع تأمین مالی با توجه به ساختار خود، افق زمانی تأمین مالی خاصی دارند که شرکت‌ها و پروژه‌ها باید به آن توجه کنند.
- سهولت فرایند: تأمین مالی بنگاه‌ها از طریق بازار سرمایه فرایندی است که بسته به آمادگی شرکت و نوع ابزار مورد استفاده از ۲ ماه تا ۱۸ ماه زمان می‌برد. سهولت فرایندی را می‌توان برآیندی از مدت زمان ارسال درخواست تا جمع‌آوری منابع دانست که این موضوع تحت تأثیر الزامات قانونی و مراحل فرایندی هر ابزار تأمین مالی قرار دارد.

## ۱-۵. انتخاب روش تأمین مالی مناسب برقی سازی ناوگان اتوبوس رانی

انتخاب روش تأمین مالی مناسب برای هر پروژه، در موفقیت آن پروژه بسیار تأثیرگذار است و همه چیز را از سودآوری تا پایداری پروژه تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای انتخاب بهترین روش تأمین مالی ابتدا باید به ارزیابی روش‌های تأمین مالی پرداخت. متناسب با نیازها و ویژگی‌های هر پروژه‌ای، می‌توان معیارهایی برای ارزیابی روش‌های تأمین مالی ارائه کرد. انتخاب روش تأمین مالی مناسب، یک مسئله تصمیم‌گیری است. برای حل مسائل تصمیم‌گیری می‌توان از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده کرد. یکی از این روش‌ها، TOPSIS نام دارد. این مدل یک تکنیک حل مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر فاصله است.

در دهه‌های اخیر با گسترش بازارهای مالی و بزرگ شدن صنایع، استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در تصمیمات مالی شرکت‌ها بسیار مرسوم شده است. در مقاله‌ای با عنوان «ارتباط تصمیم‌گیری چندمعیاره با تصمیمات مالی» نوشته هالرباخ و اسپرونک (۲۰۰۲)، محققان به دنبال این هستند که چرا تصمیمات مالی باید به عنوان تصمیمات چندمعیاره در نظر گرفته شوند. در نتایج پژوهش یادشده آمده است که با تمرکز بر سه حوزه اصلی مالی یعنی مالی شرکتی، سرمایه‌گذاری مالی و مدیریت ریسک، به نظر می‌رسد که بسیاری مسائل تصمیم‌گیری شامل چندین معیار و حتی چندین بازیگر است؛ بنابراین، این تصمیمات منجر به تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره می‌شود. به عنوان مثال، حوزه ریسک به طور طبیعی، چندبعدی است. ماهیت چندبعدی بسیاری از تصمیمات مالی - اقتصادی به استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره منجر می‌شود. به عنوان مثال، در رابطه با تحلیل ریسک مالی، در مقاله «ارزیابی الگوریتم‌های خوشه‌ای تحلیل ریسک مالی با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره» نوشته کو و همکاران (۲۰۱۴)، نوعی رویکرد مبتنی بر تصمیم‌گیری چندمعیاره برای اولویت‌بندی در تحلیل ریسک ارائه شده است. در این پژوهش از سری دیتاهای سه نمونه واقعی ریسک اعتباری و ورشکستگی استفاده شده است. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده مؤثر بودن روش تصمیم‌گیری چندمعیاره در تحلیل ریسک مالی است. مارکز، گارسیا و سانچز در مقاله‌ای با عنوان مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در کاربرد مدیریت مالی: تحلیل و چالش‌های نوظهور (۲۰۲۰)، به دنبال بررسی مطالعات انجام‌شده طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ که از تصمیم‌گیری چندمعیاره در مسائل مالی استفاده کرده‌اند، هستند. در این پژوهش با بررسی ۱۲۸۸ مقاله، به ۹۴ مقاله با شرایط مورد نظر پژوهش رسیدند که از میان این ۹۴ مقاله مالی، در ۴۲ مقاله از روش TOPSIS برای حل مسائل تصمیم‌گیری مالی استفاده شده است. طبق بررسی برنابئو، ویتوریا و وردو در مقاله «رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب تأمین مالی پروژه کاربردی در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر» (۲۰۱۵)، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر به طور قابل توجهی رشد کرده است. روش‌های AHP، ELECTRE، MAUT، PROMETHEE یا TOPSIS، اصلی‌ترین مدل‌های کاربردی در طرح‌های تجدیدپذیر هستند. مقاله شامل پنج بخش است. بخش اول شامل چکیده مقاله، بخش دوم مقدمه و مرور ادبیات، بخش سوم روش تحقیق، بخش چهارم ارائه نتایج و تفسیر آن‌ها و بخش پنجم نیز شامل نتیجه‌گیری است.

## ۲. روش تحقیق

همان‌طور که بیان شد، انتخاب بهترین روش تأمین مالی برقی‌سازی اتوبوس‌های شهری، یک مسئله تصمیم‌گیری است. برای حل مسئله تصمیم‌گیری در مباحث مالی، از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده می‌کنیم.

### ۲-۱. مدل TOPSIS

با توجه به ماهیت مسئله و پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه، از روش TOPSIS استفاده شده است. این تکنیک به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا گزینه‌های در دسترس را هنگامی که معیارهای متعدد درگیر هستند تحلیل، مقایسه و رتبه‌بندی کنند. ریشه این مدل مربوط به مفهوم نقطه ایده‌آلی با کمترین فاصله از راه‌حل است (زلنی<sup>۱</sup>، ۱۹۷۴). در ادامه هوانگ و یون<sup>۲</sup>

1. Zeleny

2. Hwang and Yoon

(۱۹۸۱) بیان کردند که رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس کوتاه‌ترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل یا راه‌حل ایده‌آل مثبت (PIS<sup>۱</sup>) و دورترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی (NIS<sup>۲</sup>) باشد. روش TOPSIS به طور هم‌زمان، فواصل دو نقطه PIS و NIS را در نظر می‌گیرد و یک رتبه‌بندی ترجیحی ارائه می‌کند. ایده اصلی این روش عبارت است از اینکه باور داشته باشیم که تابع فاصله یادشده، نماینده ترجیحات و مطلوبیت تصمیم‌گیرنده است.

روزکوسکا<sup>۳</sup> (۲۰۱۱) استدلال کرد که مزایای روش TOPSIS شامل سادگی، منطق، قابل درک بودن و توانایی اندازه‌گیری عملکرد نسبی هر گزینه در یک ساختار ریاضی ساده است. کیم و همکاران (۱۹۹۷) سه مزیت را برای TOPSIS بیان می‌کنند. این مزایا عبارت‌اند از:

- ارائه یک منطق صحیح که بیانگر منطق انسان است؛
- یک مقدار اسکالر که هر دو نقطه بدترین و بهترین را در نظر می‌گیرد؛
- یک برنامه محاسباتی ساده که به راحتی قابل انجام است.

کالیزوسکی و پودکویو (۲۰۱۶) به دو ایراد اساسی در استفاده از TOPSIS اشاره می‌کند. هر فرایند رتبه‌بندی شامل دو بخش است: بخش فنی برای محاسبه رتبه‌بندی و بخش شناختی برای استخراج اولویت‌ها. مشکل اول این روش این است که فقط بخش فنی را درک می‌کند و بخش شناختی در آن وجود ندارد. مشکل دوم نیز مربوط به وزن‌دهی است که وزن معیارها را مستقیم اندازه‌گیری نمی‌کند.

هوانگ و یون (۱۹۸۱) بیان می‌کنند که الگوریتم TOPSIS برای رتبه‌بندی و انتخاب شامل هفت مرحله زیر است:

۱. ایجاد یک ماتریس تصمیم یا ارزیابی (**D**): ماتریس باید شامل  $m$  گزینه و  $n$  معیار باشد.

$$D = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \dots & X_j & \dots & X_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} & \end{matrix}_{m \times n}$$

۲. تشکیل ماتریس تصمیم نرمال (**R**): نرمال کردن ماتریس  $D$  به ماتریس  $R$  با  $m$  گزینه و  $n$  معیار.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad R = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \dots & X_j & \dots & X_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1j} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2j} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \dots & r_{ij} & \dots & r_{in} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mj} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} & \end{matrix}_{m \times n}$$

۳. ایجاد ماتریس تصمیم نرمال موزون (**V**): از ضرب وزن هر معیار ( $w$ ) در ماتریس  $R$  حاصل می‌شود.

$$w = (w_1, \dots, w_n), \text{ and } \sum_{j=1}^n w_j = 1, \text{ where } w_j > 0, j = 1, \dots, n$$

۴. تعیین راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت (**V+**) و منفی (**V-**):

$$V = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \cdots & X_j & \cdots & X_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1j} & \cdots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2j} & \cdots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{i1} & v_{i2} & \cdots & v_{ij} & \cdots & v_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mj} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}_{m \times n}$$

$$V^+ = \{v_1^+, \dots, v_n^+\} = \{(\max_i v_{ij} | j \in J), (\min_i v_{ij} | j \in I')\}$$

$$V^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} = \{(\min_i v_{ij} | j \in J), (\max_i v_{ij} | j \in J')\}$$

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \text{ for alternative } A_i, i = 1, \dots, m.$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \text{ for alternative } A_i, i = 1, \dots, m.$$

۵. محاسبه Separation Measure برای هر گزینه (S):

۶. محاسبه نزدیکی نسبی هر گزینه (C): هر چه اندازه C بیشتر باشد، گزینه بهتر است.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}$$

۷. رتبه‌بندی ترتیب ترجیحات همه گزینه‌ها؛ مرتب‌کردن گزینه‌ها را بر اساس مقدار C به صورت نزولی. در این صورت، گزینه منتخب، گزینه‌ای با بیشترین مقدار نزدیکی نسبی است.

## ۲-۲. تشکیل گروه دلفی و ارائه پرسشنامه

بر اساس ماهیت موضوع و محدودیت در داده، مطلوب‌ترین راه، بهره‌مندی از نظرات متخصصان حوزه تأمین مالی است. در این راستا، مدل دلفی به عنوان مدلی برای جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل نظرات متخصصان، مورد توجه قرار گرفت (پاول، ۲۰۰۳). اعضای گروه دلفی با نمونه‌گیری غیرتصادفی و ترکیبی از روش‌های هدف‌دار یا قضاوتی و زنجیره‌ای برگزیده شدند. سپس برای یک فهرست ۲۸ نفره از متخصصان، پرسشنامه ارسال شد. در نهایت ۲۱ نفر به پرسشنامه پاسخ دادند که پاسخ آن‌ها در قالب ماتریس تصمیم آورده شده است.

## ۳. تفسیر نتایج

با استفاده از نظر خبرگان تأمین مالی که حاصل ۲۳ پرسشنامه است، معیارهای ارزیابی روش تأمین مالی وزن‌دهی شده و سپس به هر روش تأمین مالی در هر معیار امتیاز داده می‌شود. در جدول ۲ ماتریس وزن معیارها نشان داده شده است.

جدول ۲. وزن معیارها

وزن هر معیار	معیارها
۰/۳۸	هزینه تأمین مالی
۰/۲۹	اندازه و ظرفیت جذب منابع
۰/۲۰	افق زمانی
۰/۱۳	سهولت فرایند

در جدول ۳ به هر یک از روش‌ها امتیاز داده شده و ماتریس تصمیم ایجاد شده است.

جدول ۳. ماتریس تصمیم

سهولت فرایند	افق زمانی	اندازه و ظرفیت جذب منابع	هزینه تأمین مالی	روش تأمین مالی
4.9	7.1	4.7	3.2	تأسیس شرکت سهامی
3.7	8.3	5.8	2.9	تأسیس شرکت پروژه
2.3	8.9	9.5	3.1	صندوق پروژه
6.4	1.5	1.8	4.8	تأمین مالی جمعی
9.1	6.7	8.6	1.6	اوراق اجاره به شرط تملیک

در جدول ۴ ماتریس تصمیم نرمال آورده شده است.

جدول ۴. ماتریس تصمیم نرمال

سهولت فرایند	افق زمانی	اندازه و ظرفیت جذب منابع	هزینه تأمین مالی	روش تأمین مالی
0.379446138	0.453001838	0.314608333	0.436030435	تأسیس شرکت سهامی
0.286520553	0.529565529	0.38824007	0.395152581	تأسیس شرکت پروژه
0.178107371	0.567847375	0.63591046	0.422404484	صندوق پروژه
0.495603119	0.095704614	0.120488298	0.654045652	تأمین مالی جمعی
0.704685685	0.427480608	0.575666311	0.218015217	اوراق اجاره به شرط تملیک

در جدول ۵ ماتریس تصمیم نرمال موزون آورده شده است.

جدول ۵. ماتریس تصمیم نرمال موزون

سهولت فرایند	افق زمانی	اندازه و ظرفیت جذب منابع	هزینه تأمین مالی	روش تأمین مالی
0.049327998	0.090600368	0.091236417	0.165691565	تأسیس شرکت سهامی
0.037247672	0.105913106	0.11258962	0.150157981	تأسیس شرکت پروژه
0.023153958	0.113569475	0.184414033	0.160513704	صندوق پروژه
0.064428405	0.019140923	0.034941606	0.248537348	تأمین مالی جمعی
0.091609139	0.085496122	0.16694323	0.082845783	اوراق اجاره به شرط تملیک

راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت (+V) و منفی (-V) در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶. راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی

0.091609139	0.113569475	0.184414033	0.082845783	V+
0.023153958	0.019140923	0.034941606	0.248537348	V-

در جدول ۷، نتایج رتبه‌بندی نشان داده شده است.

جدول ۷. نتایج ارزیابی

رتبه	Pi	Si-	Si+	روش تأمین مالی
4	0.485	0.126	0.134	تأسیس شرکت سهامی
3	0.576	0.153	0.113	تأسیس شرکت پروژه
2	0.656	0.198	0.104	صندوق پروژه
5	0.145	0.041	0.244	تأمین مالی جمعی
1	0.875	0.232	0.033	اوراق اجاره به شرط تملیک

نتایج نهایی ارزیابی و رتبه‌بندی به صورت جدول ۸ است.

جدول ۸. نتایج نهایی رتبه‌بندی

رتبه	روش تأمین مالی
۱	اوراق اجاره به شرط تملیک
۲	صندوق پروژه
۳	تأسیس شرکت پروژه
۴	تأسیس شرکت سهامی
۵	تأمین مالی جمعی

در نهایت بر اساس نظرسنجی از خبرگان، روش‌های تأمین مالی به روش TOPSIS ارزیابی شدند. استفاده از اوراق اجاره به شرط تملیک برای تأمین مالی برقی‌سازی ناوگان اتوبوس‌رانی شهری، در اولویت اول قرار گرفت. همان‌طور که بیان شد، اوراق اجاره به شرط تملیک، اوراق بهادار با نام قابل نقل و انتقالی است که نشان‌دهنده مالکیت مشاع دارنده آن در دارایی مبنای انتشار اوراق اجاره است. در این صورت، شهرداری تهران جهت تأمین مالی خرید اتوبوس‌های برقی و ایجاد زیرساخت، فرایند زیر را طی می‌کند:

۱. عقد قرارداد مشاوره عرضه توسط بانی (شهرداری) با یک نهاد دارای مجوز مشاوره عرضه؛
  ۲. دریافت موافقت اصولی تأمین مالی از طریق انتشار اوراق اجاره به شرط تملیک توسط مشاور عرضه به نمایندگی از بانی؛
  ۳. مراجعه مشاور عرضه به شرکت مدیریت دارایی مرکزی برای تعیین نهاد واسط؛
  ۴. انتشار اوراق توسط نهاد واسط پس از اخذ مجوز؛
  ۵. اجاره دادن اتوبوس‌های برقی به بانی (شهرداری) توسط نهاد واسط؛
  ۶. توزیع اجاره دارایی پرداخت‌شده توسط بانی (شهرداری) به سرمایه‌گذاران؛
  ۷. پایان مدت اجاره و فروش دارایی توسط نهاد واسط به بانی (شهرداری)، بازپرداخت مبلغ اسمی به سرمایه‌گذاران.
- ارکان اوراق اجاره به شرط تملیک شامل موارد زیر است:
- عامل پرداخت: شرکت سپرده‌گذاری مرکزی؛
  - بانی: شهرداری تهران که قصد تأمین مالی ناوگان اتوبوس برقی را دارد؛
  - عامل فروش: از میان شرکت‌های کارگزاری عضو بورس تهران یا فرابورس ایران که توسط بانی (شهرداری) انتخاب می‌شود؛
  - ضامن: می‌تواند بانک شهر باشد. ضامن شخصیتی حقوقی است که وجوه قابل پرداخت توسط بانی را تعهد و تضمین می‌کند؛
  - متعهد پذیره‌نویسی: از بین نهادهای مالی دارای مجوز با تأیید سازمان توسط بانی (شهرداری) انتخاب می‌شود؛
  - بازارگردان: نهاد مالی دارای مجوز برای افزایش نقدشوندگی اوراق که توسط بانی (شهرداری) انتخاب می‌شود.
  - نهاد واسط: شخصیت حقوقی با مسئولیت محدود، توسط شرکت مدیریت دارایی مرکزی بازار سرمایه تشکیل می‌شود و به عنوان عامل انتشار انواع اوراق بهادار اسلامی یا همان صکوک، تنها نهادی است که می‌تواند اوراق بهادار اسلامی (صکوک) منتشر کند.

### ۳-۱. پایداری در چرخه خودتقویت‌کننده

بررسی داده‌های گذشته نشان می‌دهد آنچه به ایجاد کسری شدید در ناوگان اتوبوس‌رانی منجر شده، عدم پایداری نوسازی و رشد ناوگان است. برای حفظ مطلوبیت ایجادشده توسط برقی‌سازی ناوگان، عملیات نوسازی و تجهیز باید به طور پیوسته صورت گیرد؛ یعنی تأمین مالی نیز باید پیوسته باشد.

در این پژوهش در راستای ایجاد چرخه خودتقویت‌کننده، استفاده از دو ابزار گواهی صرفه‌جویی انرژی و گواهی کربن در ازای کاهش آلاینده‌ها توسط اتوبوس‌های برقی توصیه می‌شود. این دو گواهی در کنار اوراق اجاره به شرط تملیک، پاسخی جامع به پرسش مطرح‌شده در این مطالعه ارائه می‌کنند.

گواهی صرفه‌جویی انرژی اوراقی است که صرفه‌جویی انرژی ناشی از اجرای طرح‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی را تأیید می‌کند. این گواهی توسط نهادهای معتبر صادر شده و قابل فروش در بازار است. وزارت نفت می‌تواند به عنوان یک بازیگر مکمل در تأمین مالی برقی‌سازی اتوبوس‌ها، اقدام به صدور گواهی صرفه‌جویی انرژی برای شهرداری کند تا شهرداری با فروش آن در بازار، منابع لازم برای تداوم نوسازی و گسترش ناوگان را فراهم کند.

#### ۴. نتیجه‌گیری

در این پژوهش به دو بحران آلودگی هوا و ترافیک در تهران اشاره شد و ضرورت برقی‌سازی ناوگان اتوبوس‌رانی مورد بحث قرار گرفت. برای حل مشکل کمبود منابع مالی در وضعیت فعلی اقتصاد ایران، ابزارهای تأمین مالی از طریق بازار سرمایه معرفی شد. برای انتخاب بهترین گزینه، ابزارهای تأمین مالی توسط مدل TOPSIS مورد ارزیابی قرار گرفتند.

در نهایت اوراق اجاره به شرط تملیک در رتبه نخست قرار گرفت. این ابزار با جمع‌آوری وجوه از سرمایه‌گذاران، اتوبوس‌های برقی را تهیه می‌کند و به شهرداری تهران اجاره می‌دهد؛ در سررسید نیز با پرداخت کامل ارزش اسمی اوراق، اتوبوس‌ها در مالکیت شهرداری قرار می‌گیرند. همچنین، برای پایداری نوسازی و توسعه ناوگان، صدور گواهی صرفه‌جویی انرژی توسط وزارت نفت برای شهرداری و فروش آن در بازار پیشنهاد شد.

در این پژوهش فقط روی ناوگان اتوبوس‌رانی شهری تمرکز شده و سایر گزینه‌ها مانند مترو، تاکسی شهری و تاکسی اینترنتی در نظر گرفته نشده است. همچنین در گزینه‌های تأمین مالی نیز علی‌رغم پوشش هر دو نوع تأمین مالی مبتنی بر مالکیت و مبتنی بر بدهی، تأمین مالی از محل منابع بین‌المللی در نظر گرفته نشده است. با توجه به اهمیت کاهش آلاینده‌ها و روند گذار انرژی، می‌توان استفاده ظرفیت‌های بین‌المللی را نیز در نظر گرفت. برای مطالعات آتی، پیشنهاد می‌شود که ادبیات جهانی در بحث ابزارهای نوین تأمین مالی مورد بررسی قرار گیرد. همچنین، می‌توان به بررسی مشوق‌های لازم برای تسهیل فرایند تأمین مالی برقی‌سازی ناوگان پرداخت.

## منابع

1. Nadimi N, Loo BP, Mansourifar F, Zayandehroodi MA, Kazemi M. Earthquake-related evacuation transportation: Insights from Kerman, Iran. *Cities*. 2025;158:105713.
2. Baghani AN, Dana E, Sorooshian A, Jafari AJ, Aalamolhoda AA, Sheikhi R, et al. Sensitivity of BTEX pollution and health effects to traffic restrictions: A case study in an urban center of Tehran, Iran. *Sustainable Cities and Society*. 2024;104:105281.
3. Iclodean C, Cordos N, Varga BO. Autonomous shuttle bus for public transportation: A review. *Energies*. 2020;13(11):2917.
4. Useche SA, Gómez V, Cendales B, Alonso F. Working conditions, job strain, and traffic safety among three groups of public transport drivers. *Safety and health at work*. 2018;9(4):454-61.
5. Quarles N, Kockelman K. Costs and benefits of electrifying and automating US bus fleets. 2018.
6. Basner M, Babisch W, Davis A, Brink M, Clark C, Janssen S, Stansfeld S. Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The lancet*. 2014;383(9925):1325-32.
7. Anderson K, and S. Pejdic. 2019 [Available from: <https://www.metro-magazine.com/zero-emissions/article/734951/retrofitting-garages-for-zero-emissions-buses>].
8. Lajunen A, Lipman T. Lifecycle cost assessment and carbon dioxide emissions of diesel, natural gas, hybrid electric, fuel cell hybrid and electric transit buses. *Energy*. 2016;106:329-42.
9. Mulley C, Hensher DA, Cosgrove D. Is rail cleaner and greener than bus? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2017;51:14-28.
10. BNEF (Bloomberg New Energy Finance) 2019 [Available from: <https://about.bnef.com/blog/electric-buses-cities-driving-towards-cleaner-air-lower-co2/>].
11. Zhou Y, Wang H, Wang Y, Yu B, Tang T. Charging facility planning and scheduling problems for battery electric bus systems: A comprehensive review. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2024;183:103463.
12. Wang Y, Zhou Y, Yan X. Reliable dynamic wireless charging infrastructure deployment problem for public transport services. *European Journal of Operational Research*. 2024;313(2):747-66.
13. Primc K, Zabavnik D, Dominko M, Slabe-Erker R. Green financing for cutting emissions and simultaneous economic upturn in the European Union: Myth or reality? *Sustainable Futures*. 2024:100355.
14. Saunders A, Cornett MM, Erhemjams O. *Financial markets and institutions*. 2012.